

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ГЕНДЛЕР Е. С.,
ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М.,
КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В.,
ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАР-
ТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ША-
ТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВАДЦАТЬ ПЕРВЫЙ
СИТОВЕЙКА—СТЕАРИНОВАЯ КИСЛОТА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ♦ ОГИЗ РСФСР ♦ 1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XXI том сдан в производство 27 декабря 1932 г.;
подписан к печати 20 августа 1933 г.

Набор текста и верстка, печать, брошюровочно-перешлетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Семенов И. С. и Макаров А. Д. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошюровочно-перешлетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Курчева Н. Н. Овсяникова М. П., Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись циннографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимза. Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Балахнинского комбината.

*В XXI томе ТЭ помещено 736 иллюстраций в тексте,
пять вкладок к статьям: «Сопроизведение материалов» — 2
(одна цветная), «Сплавы» — 1, «Сталь» — 2.*

Адрес редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес издательства: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография треста «Полиграфнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 28390. Гиз 19. Э-00 г. Заказ 1478.
Бумага 72×108/16. 30 печ. листов×99 500 знаков. Тираж 31 500 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный редактор—проф. Л. К. Мартенс.

Зам. Глав. Редактора—инж. Б. Э. Шпринк.
Пом. Глав. Редактора—А. А. Дашкевич.

Председатель Правления—Б. П. Рогачев.
Ученый Секретарь—Н. П. Ракицкий.

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Ельцина Н. М.; инж. Знаменский А. А.; Мельников И. И.; инж. Мушенко И. Н.; Никаноров В. М.; инж. Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Севастьянов И. А.; Татаринов Б. Н.; инж. Фрязиновский И. А.; инж. Шпринк Б. Э.

Зав. библиографией: инж. Таубман С. И.; Технический Редактор: Никаноров В. М.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Руководитель Произв. Сектора—Татиев Д. П.; Зам. руководителя Произв. Сектора—Маркус В. А.; Технический Редактор по иллюстрациям: Тавастерна В. Я.; Зав. Технической Редакцией при типографии: Кулешов Н. З.; Технический Редактор при типографии: инж. Савмаров Н. Г.; Зав. Корректорской: Ошер А. Н.; Старший корректор: Бокшицкая Л. И.

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1 000 м).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 м).
см	сантиметры (0,01 м).
мм	миллиметры (0,001 м).
μ	микроны (0,001 мм).
μμ	миллимикроны (0,001 μ).
μμμ	микромикроны (0,000001 μ).
км ²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м ²	квадратные метры.
м ³	кубические метры.
см ³	» дециметры.
мм ³	» сантиметры.
т	метрич. тонны (1 000 кг).
ц	центнеры (100 кг).
кг	килограммы (1 000 г).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 г).
сг	сантиграммы (0,01 г).
мг	миллиграммы (0,001 г).
μг	микrogramмы (0,001 мг).
к	караты (200 мг).
мл	миллилитры (1 000 л).
гл	гектолитры (100 л).
дкл	декалитры (10 л).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 л).
сл	сантилитры (0,01 л).
мл	миллилитры (0,001 л).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м ²	тонны на кв. метр.
кг/см ²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м.	погонные метры.
рег. т	регистрационные тонны.

cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	гиперболич. косинус.
th	» тангенс.
φ	диаметр.
δ	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
Σ	сумма.
∫	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный дифференциал.
δ	частный »

t ^{заст.}	температура застывания.
t ^{отв.}	» отвердевания.
t ^{крит.}	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, U	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, ν	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kWh	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегаом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
HP	лошадиная сил.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	миург.
Hz	герц.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
'	минута, фут.
''	секунда, дюйм.
'''	терция, линия.
<	больше (< меньше).
≠	не больше (< не меньше).
≈	приблизительно равно.
≈	больше или равно.
≈	меньше или равно.
≫	значительно больше.
≪	значительно меньше.
∠	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
—	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.

б) Величины.

t°	температура обыкновен.
T°	» абсолютная.
t ^{нуп.}	» кипения.
t ^{п.в.}	» плавления.

ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
e	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
φ	магнитный поток.
H _B	твердость по Бринеллю.
A _{C1} , A _{C2} , A _{C3}	критич. точки
A _{T1} , A _{T2} , A _{T3}	желез. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
D ₁ , D ₂	уд. вес при t ₁ по отношению к воде при t ₂ .
[α] ₁ [α] ₂	угол вращения плоскости поляризации.
C _H ; [H [*]]	концентрация водородных ионов.
pH; P _H	водородный показатель.
¹ / ₁₀ N	нормальный раствор.
n _D	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кв.—килодмкл.
св.—свана.
об/м.—обороты в минуту.
п-вс.—пудоверсты.
п-фт.—пудофуты.
фт/сек.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., \$—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.

фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
сек.—секунды.
°Ве.—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температурных шкал:
°К.—Кельвина.
°С.—Ц.—Цельсия (100°-ной).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темпера по 100°-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufл.—Auflage.
В.—Band. Bände.
v.—volumes, volumes.
вкл.—включительно.
гг.—годы, города.
д.—деревня, дельгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодородный.
в.-европ.—западноевропейский.
з-д.—завод.
изд.—издание.
ин-т.—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд.—коэффициент полезного действия.

к-рый—который.
н-та—кислота.
Lfg.—Lieferung.
м.—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
млн-к.—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о-орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п.—пара (хим.).
р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
СК—загерговские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в. северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
Т.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.

ур-ие—уравнение.
У. П.—Уручное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
Ф-ка—фабрика.
Ф-ла—формула.
Н.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztg.—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
экс.—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ам. П.—американский патент.
Ан. П.—английский патент.
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
В.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

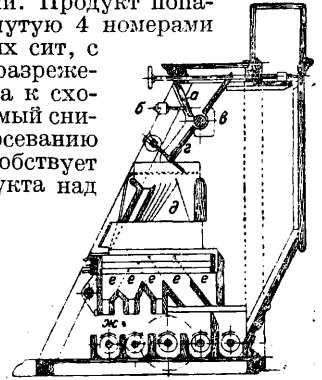
«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического общества, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«МС»—Минеральное сырье, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
«ОСТ»—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная пром-сть, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТитБЩ»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
«Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного ин-та, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по улучшениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамич. ин-та, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft *für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.

«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben - Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGE»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschifffahrt, München.

СИТОВЕЙКА, машина для сортировки получаемых при размоле пшеницы крупок по добротности, т. е. при очистке крупок от отрубных частей путем продувания ветром во время движения их по ситам. Вообще для сортирования крупок по добротности применяют продувание их воздухом с различной силой в зависимости от крупности крупок и их формы. Легкие пластинчатые частицы дальше относятся струей воздуха, чем тяжелые сферич. части с менее развитыми поверхностями. Для верного разделения крупок воздушной струей на тяжелые и легкие части (на чистую крупку и на отходы) нужно очищаемый продукт предварительно разделить ситами на фракции равной величины частиц и каждую фракцию провевать отдельно. Несмотря на то что обычно в вейках давление работающего воздуха не превышает 10—20 мм вод. ст., оно достаточно, чтобы при мелких крупках уносить ветром добротные части вместе с отрубными. Поэтому приходится применять для разных сортов крупок различные типы вечных машин. Для крупных крупок пользуются к а с к а д н ы м и в е й к а м и, где крупка, предварительно разделенная ситом на несколько номеров по величине, падает свободно, развывая благодаря своей достаточной массе большую живую силу. Воздух подводится струей под углом 90° для крупных круп и до 180° в зависимости от уменьшения размеров крупок. При увеличении угла направления струи воздуха уменьшается слагающая его сила действия на продукт без изменения силы струи. При очень мелких крупках уменьшение самой силы воздуха и его слагающей не избавляет от явления заноса добротных частиц вместе с отрубными, т. к. масса тех и других частиц абсолютно мала. В машинах старых конструкций для придания такому продукту большей устойчивости при продувании придавали

очистки мелких крупок и дунстов, чтобы воздух не уносил добротных частиц вместе с отрубными, вместо центробежной силы вводят между очищаемым продуктом и воздухом среду в виде ситяной ткани. Продукт попадает на раму, натянутую 4 номерами крупочных шелковых сит, с последовательным разрежением от приема сита к сходу. Воздух, подводимый снизу сита, мешает просеванию легких частей, способствует расслаиванию продукта над ситом, при котором добротные тяжелые части движутся нижним слоем и просеваются против струи воздуха; легкие части всплывают и уносятся ветром в камеру в верхней части вейки, а более крупные и средние по добротности части выходят сходом с сита. Такие вейки называются с и т о в е й к а м и.

Рассматривая вейки в хронологич. порядке их возникновения, следует отметить: 1) круп-

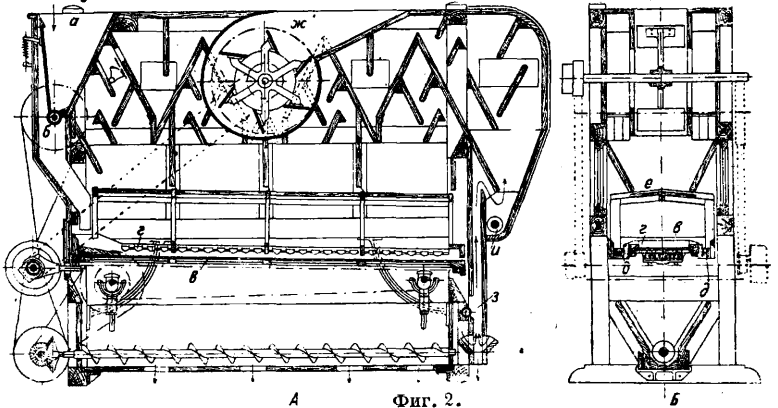


Фиг. 1.

путем вращения центробежную силу, которая вместе с силой тяжести составляла достаточное сопротивление струе воздуха. Теперь эти машины не применяют. Вейки, работающие по тому или другому принципу непосредственным действием воздуха на крупку, называются с а м о в е й к а м и или к р у п о в е й к а м и. Для

вейку Игнатия Паура (1807 г.), 2) вейки венские с нагнетательным воздухом (усовершенствованные круповеяки Паура—несколько вариантов), 3) вейку Вернера (1867 г.), 4) вейку Карла Хаггенмахера (1878 г.), известную под № 4, строившуюся 3-дом Добровых и Набольтц (Москва), 5) двоянную круповеяку Хагген-

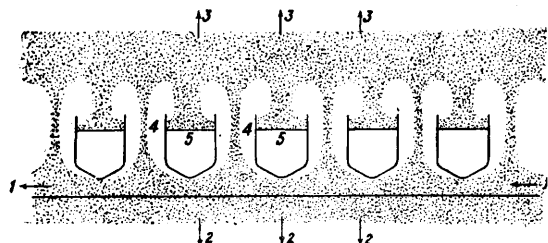
мастера (Москва), 5) двоянную круповеяку Хагген-



А Фиг. 2. Б

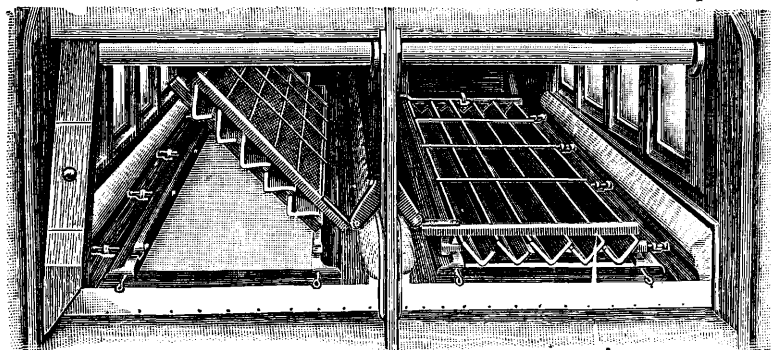
мастера (Москва), 5) двоянную круповеяку Хагген-

махера и Фолля, 6) групповую веюку Хаггенмахера и Фолля (1907 г.). В групповой самовейке Хаггенмахера и Фолля (1907 г.) для тщательного разделения крупок по величине и во избежание всякого распыла применяется закрытый плоский коробчатый *рассев* (см.), дающий



Фиг. 3.

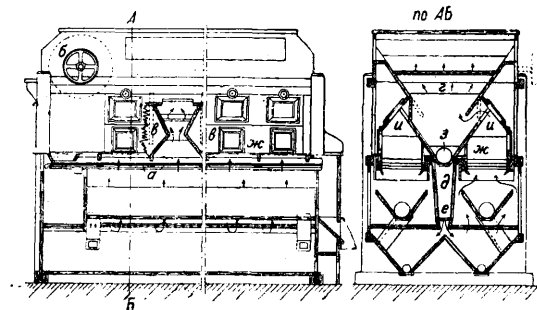
сходом 8 величин крупок, поступающих на 8 отделений каскадной веюки «Группы». Приемные ковши распределены вдоль по длине веюки (фиг. 1), наружные стороны ковшей *a* представляют собой саморегулирующиеся заслонки с грузами *б*. Питательный валик *в* подает продукт равномерной лентой по шиткам *г*, где различные по весу и добротности частицы получают разные скорости движения и, по выходе со шитков и встречая первую сильную струю воздуха, распределяются по плотности и проходят через перегородки *д*, подвергаясь по выходе из них вторичному окончательному продуванию, после чего распределяются по добротности в ковши *е* и из них в шнеки *жс*. Благодаря предварительной тщательной сортировке по рассевам и продуванию по длинным щелям вдоль машины эти веюки дают большую производительность и хорошие результаты по качеству при крупных крупках из твердой пшеницы. По этому принципу в последнее время строились каскадные



Фиг. 4—5.

веюки для мелких мельниц с открытыми сортировочными ситами над веюкой и распределением питательной щели вдоль машины. С и т о в е й к а с и с т. Смита (семидесять годы 19 в.) являлась прототипом ныне изготавливаемых в США. Несколько позже (после 1880 г.) завод Зекк (Германия) выпустил свою ситовейку «Реформа», получившую большое распространение. На фиг. 2 даны разрезы этой машины в позднейшей установившейся конструкции ее. Продукт через ковш *a* и питательный валик *б* поступает на сито *в* с возвратно-поступательным движением. Особенность этой веюки составляет надстройка над ситом в виде решетки из жестяных каналов (фиг. 3—разрез вдоль сита и поперец каналов). Продукт движется по ситам по направлению стрелок *1*, чистая крупка просеивается

по стрелкам *2* против тока воздуха. Воздух, проходящий сквозь сито, движется по направлению стрелок *3*, уносит вверх в промежутках *4* между жестяными каналами легкие части крупы. По выходе из *4* воздух расширяется, теряет скорость и осаждают наиболее тяжелые части унесенных продуктов в жестяных каналах *5*. На фиг. 2 эти каналы обозначены буквой *г*; концы их наклонены к продольным каналам *д*, отводящим тяжелые отходы из машины. Средние отходы осаждаются на легких наклонных плоскостях *е* над каналами, движущихся вместе с ситом, а легкие отходы вытягиваются вентилятором *жс* в фильтр вне машины. Другой особенностью веюки «Реформа» является аспирация схода с сита воздухом, проходящим через рукав *з* к вентилятору. Отходы от схода соби-



Фиг. 6.

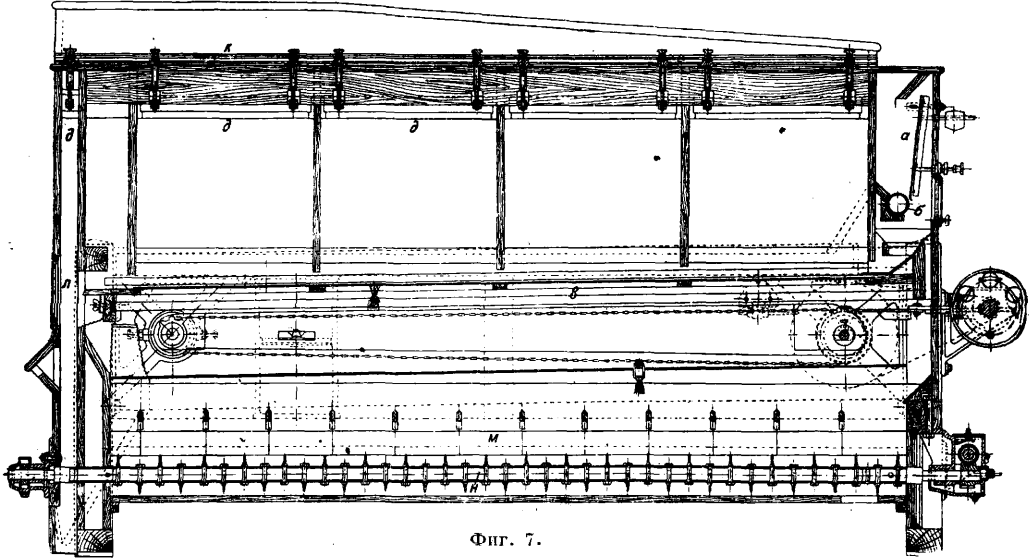
раются винтом *и*. Сито очищается щетками так же, как это было указано в веюке Смита. Английская С. сист. Робинсона имеет надстройку над ситом для улавливания тяжелых отбросов, только каналы расположены вдоль сита. На фиг. 4 показана решетка в поднятом виде для чистки сит; на фиг. 5—решетка в рабочем положении.

С. «Сун» (фиг. 6) з-да Шнейдер и Жане (Страсбург) отличается тем, что работает одним и тем же объемом воздуха, совершающим замкнутый цикл в машине, и поэтому работает без внешнего фильтра. Воздух, прошедший сквозь сито *а* к вентилятору *б* и осевший по пути к нему отходы в камерах *в* и *г*, подводится вновь через продольный канал *д* и щель *е* под сито *а*. Другой особенностью веюки является коническая форма верхней части камер *жс*. Благодаря сужению сечения

в верхней части камер, достигшие известного уровня над ситом относимые легкие частицы вследствие ускорения движения воздуха к отверстию *и* не могут обратно опуститься на сито, а при уменьшении скорости струи в камере *в* осаждаются в винте *з*. С. з-да Бюллер в Швейцарии (фиг. 7 и 8) отличается отсутствием надстроек над ситом и относительной компактной машины с уменьшением ее высоты. На постройку этого типа веюк перешли все з-ды Европы. Эти С. имеют общее название машин низкой конструкции. Продукт через ковш *a* и питательный валик *б* с регулируемым грузом клапаном попадает на сито *в*. Непосредственно над ситом имеются сужающиеся сверху конич. камеры *г*, благодаря которым воздух, поднимающийся с сита легкие отрубнистые части, вследст-

вне ускорения движения на сито обратно их не опускает и, проходя через узкие щели *д* в камеры *е*, осаждают отнсы через клапаны *ж* в отводящее корыто *з*, движущееся вместе с ситом.

стой крупы. Продукт, двигаясь по сити, проходит мимо расставленных над ним электрич. полюсов, под к-рыми на валиках движется бесконечное полотно из шелка-сырца. Полюсы поднимают

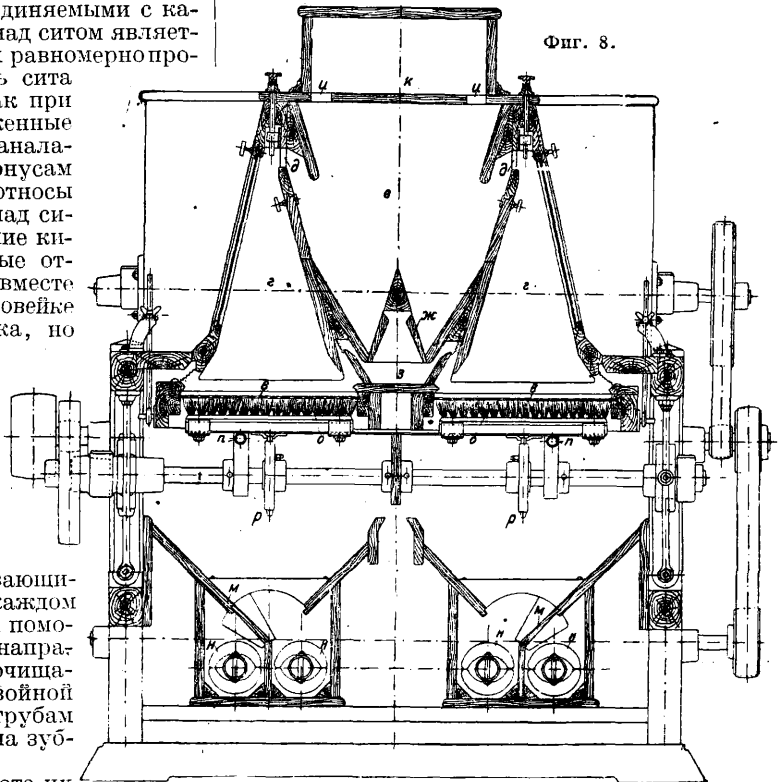


Фиг. 7.

Легкие отнсы увлекаются воздухом через отверстия *и* в канал *к* к вентилятору вне машины. Эти вейки обычно устанавливаются с центральной аспирацией, причем группу веек обслуживает один общий вентилятор; однако их изготовляют и с вентиляторами, соединяемыми с каналом *к*. Отсутствие решетки над ситом является преимуществом, т. к. воздух равномерно проходит сквозь всю поверхность сита по вертикалям, в то время как при решетке воздух делится на суженные струйки между жестяными каналами-колосниками. Благодаря конусам *г*, действующим как сифон, отнсы так энергично поднимаются над ситом, что получается впечатление кипения. В этих вейках тяжелые отнсы осаждаются в камере *е* вместе с средними. В новейшей ситовой вейке Зекк сохранена решетка, но в остальном она совершенно сходна с описанной; получают отдельно тяжелые и средние отнсы. С. сист. Зекк сохранила название «Реформа» с прибавлением термина «низкой конструкции». Сход с сита аспирируется в канале *л* через отдельную щель *д*. Все щели *д* регулируются задвижками, устанавливающими нужный режим воздуха в каждом отделении. Чистая крупа при помощи перекидных клапанов *м* направляется в винты *н*. Сита очищаются соединенной вместе двойной щеткой *о*, двигающейся по трубам *п* при помощи цепей, надетых на зубчатки *р* (фиг. 8).

Электрические С. Работа их основана на том, что наэлектризованные статич. электричеством, возбуждаемым трением в самой машине, эбонитовые пластинки притягивают отрубьянистые части крупы и не притягивают чи-

с сита отрубьянистые части и притягивают их к полотну, движущемуся между ними и ситом. Приставшие к полотну отнсы на пространстве между двумя соседними полюсами отстают от полотна и падают на отводящие щитки, вывод-



Фиг. 8.

щие отнсы в бока С. По этому принципу были сконструированы (1910 г.) электровейка Пакуто и С. «Диэлектра» (Я. Крауса, Брауншвейг). Электровейки однако до настоящего

времени не нашли распространения, несмотря на то что они работают без вентилятора и фильтра.

Лит.: см. *Мукломольные мельницы*.

Л. Розенштейн.

СИТЦЕПЕЧАТАНИЕ, нанесение узорчатой расцветки на белые или окрашенные хлопковые ткани. С. является частным, но наиболее распространенным случаем печатания волокнистых материалов, называемого иногда *набивкой*. Печатанию подвергают хлопок, лен, шерсть, шелк, искусственный шелк и другие волокнистые материалы гл. обр. в виде тканей, а иногда в виде пряжи (мотки, основы), камвольной ленты (печат Вигуре), чулочных изделий и др. Наибольшее значение и распространение в настоящее время имеет печатание хлопковых тканей—С., названное так по наиболее распространенному виду печатной хлопковой ткани миткалевого типа—*ситцу*. Печатание можно отчасти рассматривать как местное крашение, ограниченное определенными контурами, но оно является более поверхностным, чем крашение. При печатании на ткань наносят печатные краски, представляющие загущенные (загустками) водные растворы или суспензии красителей; в большинстве случаев печатные краски содержат кроме того растворители, протравы и другие химич. материалы, необходимые для закрепления красителей на волокнах. Загустки—коллоидные растворы загустителей (различных видов крахмала, муки, декстрина, траганта, альбумина и др.)—противодействуют капиллярности волокон и не позволяют печатным краскам растекаться и дают возможность т. о. получать отчетливые с резкими контурами обрешитые рисунки. Нанесение печатных красок происходит вручную или с помощью машин. Наиболее старый способ нанесения печатных красок представляет раскрашивание тканей с помощью кистей от руки непосредственно (как в живописи) или же трафаретами-шаблонами (как в малярном деле). Этот почти единственный в древности способ печатания в настоящее время применяется очень редко при печатании шерстяного флагтуха, декораций и нек-рых художественных изделий. Значительно более распространен (особенно для шерстяных, шелковых и отчасти хлопковых тканей) другой способ—нанесение печатных красок вручную с помощью плоских рельефных форм-манер при т. н. ручной *набивке*. Механич. печатание производится гл. обр. с помощью печатных машин, имеющих цилиндрч. печатные валы с углубленной гравюрой (*ситцепечатные машины*), или же с помощью рельефных *печатных машин* и имеющих цилиндрч. печатные валы с рельефной поверхностью. Раньше для этой цели применяли модельные печатные машины и перротины с плоскими рельефными формами. В последнее время делаются попытки применить для печатания волокнистых материалов машины, аналогичные печатным типолитографским. Своеобразным способом нанесения печатных красок является *аэрографный способ расцветки* (см.), заключающийся в пульверизации или разбрызгивании загущенных растворов или суспензов красителей с помощью аэрографа. После печати (или набивки) волокнистые материалы высушивают и для *закрепления красителей* (см.) подвергают различным операциям (проводкам), из к-рых весьма распространено запаривание в *запарках* (см.) или *зрельниках* (см.), в зависимости от индивидуальных свойств применяемых красителей. В заклю-

чение для окончательного закрепления красителей, а также для удаления загустителей, не закрепившихся частиц красителя, протрав и др., напечатанные ткани подвергают ряду обработок в разных растворах, промывкам, мыловкам в т. н. заварочных отделениях (*заварках*).

Различают следующие виды печати: *гладкую*, или непосредственную, печать, заключающуюся в печатании узоров по белым или окрашенным тканям, и печатание *вытравок* (см.) и резервов. В громадном большинстве случаев узор (рисунок) повторяется на ткани; эту повторяющуюся часть называют *раппортом*. Если рисунок на белой ткани занимает мало места и белые части преобладают над цветными, то такой товар называют *белоземельным*, причем если значительная часть его ($\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$) покрыта печатью, то такой рисунок называют *крытым*. Если рисунок на белом товаре занимает много места и окрашенная часть преобладает над белой, то такой товар называют *грунтовым*. При печатании вытравок происходит удаление окраски в желаемых местах на окрашенной или протравленной ткани или замена ее другой; соответственно с этим получают белые узоры (*бель*) на цветном фоне или же *расцветку*—цветные узоры на цветном фоне другого цвета. Иногда вытравливание—удаление окраски—бывает неполным и тогда получают *полувывтравку*—менее интенсивно окрашенные узоры на более интенсивно окрашенном фоне того же цвета. При печатании резервов перед последующим крашением (или протравлением) ткань предохраняют химически или механически в желаемых местах от образования окраски (*бель*) или же вместе с тем получают в этих местах окраску другого цвета (*расцветку*). Иногда ограничиваются *полрезервом*, частично препятствуя образованию окраски в определенных местах ткани; при последующем крашении в резервируемых местах получают малоинтенсивные узоры на цветном фоне того же цвета. Иногда одновременно печатают и вытравки и резервы, причем последние защищают окрашенные или напечатанные места ткани от разрушения окраски с помощью вытравки.

Разновидностью резервной печати является старинное печатание *баттика*—резервов, получаемых с помощью силва воска и канифоли (смолы); при последующем крашении (гл. обр. кубовыми красителями) в местах, защищенных воском, краситель не закрепляется, и после удаления воска (горячей водой) получают белые узоры на цветном фоне. Иногда эти белые места затем закрашивают другими красителями и тогда получают расцветку. Этот способ до настоящего времени применяется в Японии, на О. Яве и в других местах, конечно не в заводском, а в мелкоремесленном или кустарном производстве. Другой старинный способ (Бандхана) резервирования заключается в завязывании узлов на ткани: в туго завязанных местах ткань не закрашивается и получают белые узоры на цветном фоне. По способу Голгас резервирование достигается зажимом в определенных местах ткани между двумя металлич. пластинками, имеющими узорчатую форму; при последующем крашении получают белые узоры на цветном фоне.

Печатание тканей было известно в глубокой древности в Индии и Китае; на основании сохранившихся до наших дней образцов печатных изделий, летописей римских писателей печатание льняных и шелковых тканей в этих странах носило преимущественно характер ручного раскрашивания и резервной расцветки; последняя

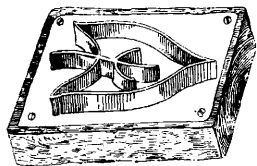
заклучалась в печатании баттина, в завязывании узлов (Бандхана) и в защемлении ткани между металлич. пластинками с последующим крашением в растворах красителей. Индия повидому является также родиной собственно печатания с применением ручных плоских форманер, причем первые печатные краски были преимущественно масляными. В средние века в Европе расцветка тканей тоже ограничивалась ручным раскрашиванием тканей масляными красками. Все другие способы ручной расцветки из Индии в 17 в. были привезены в Европу по всей вероятности голландцами, к-рым, с своей стороны, внесли в печатание тканей ряд усовершенствований; отсюда печатание быстро распространилось в ряде европ. стран и в сравнительно короткий срок достигло больших успехов и совершенства. Эти успехи обусловлены главным образом изобретением и усовершенствованием печатных машин, появлением новых синтетических красителей и всемогательных химич. материалов и введением новых способов колористики. Первое время в Европе исключительно применялось ручное печатание — на б и в к а — с помощью ручных печатных форм; печатания вначале преимущественно по льняным, шерстяным, шелковым тканям и лишь значительно позже — по хлопковым. Ручное печатание было хлопотливым, малопроизводительным и дорогим; сильное влияние на развитие печатного дела и на удешевление печатных изделий оказало изобретение печатных машин. Первыми машинами были модельные машины с плоскими медными досками-формами (Лаутенбергер, 1790 г.); вслед за этими появились перротини (Перро, 1834 г.) с рельефными плоскими формами, позволяющими печатать в 3 цвета (они впоследствии были усовершенствованы Гуммелем). Изобретение англичанином Беллем (1785 г.) и несколько позже швейцарцем Оберкампом (1803 г.) вальцово-печатной машины — т. н. ситцепечатной машины с медными печатными цилиндрами, валами, имеющими углубленную гравюру, произвело переворот в печатании тканей и было причиной дальнейшего успехов в этой отрасли пром-сти. Сначала медные валы были массивными, тяжелыми и лишь впоследствии их заменили полими. Вальцовые печатные машины стали строить одно- и многовальными, причем количество валов доходило до 24. Дальнейшие усовершенствования привели к современным типам ситцепечатных машин Маттера-Платта, эльзасского машиностроительного з-да в Мюльгаузене, Гаубольда, Пиммера, Броун-Бовери и др., а также и дуплекс-машинам, позволяющим печатать ткань с двух сторон и имитировать т. о. пестротканые ткани. В настоящее время современные ситцепечатные фабрики оборудованы вальцовыми печатными машинами; по нек-рым данным (Галлер) в начале 20 в. в Зап. Европе их насчитывалось ок. 2 500 (в СССР их ок. 500). Что касается перротин, то они применяются в небольшом количестве для специальных сортов тканей. Это можно сказать и про печатные машины для печатания пряжи (в мотках, основах), камвольной ленты и чулочных изделий. Первая печатная ф-ка была основана одним Франц. беглецом в Англии (Ричмонд) в 1678 г. Вслед за ней появились печатные ф-ки в Нейштадте (1689 г.), Аугсбурге, Гамбурге (1720 г.), известные ф-ки Шмальцера, Кехлиха в Мюльгаузене (1746 г.), Шюле в Аугсбурге (1759 г.), Косманосе, Престоне и др. На развитие печатания повлияли также успехи красочной пром-сти, начавшей сильно развиваться с момента синтеза органич. красителей (1856—64 гг.).

В настоящее время печатание тканей, особенно хлопковых, в ряде стран (СССР, Англия, Германия, Франция, США) достигло больших размеров и высокой степени совершенства. Первые сведения о печатании — набивке — в России относятся к 17 в. Машинное печатание стало развиваться с 1817 г., когда была установлена первая ситцепечатная машина (Шлиссельбург). С этого времени ручная набивка постепенно стала уступать место машинной печати и в настоящее время она сохранилась лишь для шерстяных, шелковых, полшелковых, некоторых сортов хлопковых и льняных тканей и в кустарной промышленности. В России ситцепечатные ф-ки достигли большого совершенства и представляли предприятия с большой производительностью, художественным ассортиментом, большим количеством рабочих. Кроме печатного, красочного, граверного отделений ситцепечатные ф-ки имели отдельные красильные и отделочные отделения. Особенно печатные ф-ки в СССР является работа исключительно крупными партиями; рационализация производственных процессов, специализация и стандартизация ассортимента, причем большая часть папих ф-к по технич. руководству, производительности и ассортименту не уступает лучшим европ. и америк. ф-кам. К крупнейшим ситцепечатным ф-кам относятся: 1-я ситценабивная ф-ка (б. Цинделя в Москве) с суточной производительностью до 12 500 кусков, 2-я ситценабивная (б. Кошница в Серпухове) — до 10 000 кусков, Краснопяссненская Трехгорная (б. Прохоровская в Москве) — до 17 000 кусков, Свердловская (б. Гюбнера в Москве) — до 12 000 кусков, Тверская Пролетарская мануфактура (б. Морозовская в Твери) — до 18 000 кусков, Б. И. В. М. (б. Кузавская в Ив.-Вознесенске) — до 10 000 кусков, ф-ка Зинovieва (б. Горелина в Ив.-Вознесенске) — до 9 000 кусков, Н. И. П. М. (б. Маракушева в Ив.-Вознесенске) — до 6 500 кусков, ф-ка имени В. Слудкой (б. Воронина в Ленинграде) —

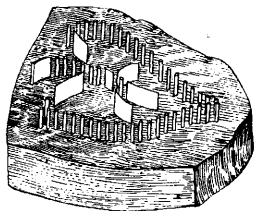
до 6 500 кусков, Шлиссельбургская — до 6 500 кусков; из шерстяных печатных ф-к необходимо отметить Старо-Павловскую в Павловом-Посаде, а из шелковых — шелковую ф-ку «Красная Роза» в Москве.

Для ручного печатания — набивки — необходимы ручные формы, при помощи которых наносят печатные краски, набойщикий стол, на котором производится набивка, шасси-ящик, в к-ром печатные формы покрываются краской, и вешала-ролики для высушивания набитой ткани. Ручные формы, называемые также манерами, цветками, представляют собой плоские деревянные доски, имеющие выпуклый (рельефный) рисунок. На практике применяются следующие три типа форм: резные, отливные и наборные. Резные формы изготавливаются из трех склеенных между собой досок (кленовых, грушевых, березовых или дубовых), расположенных таким образом, чтобы волокна древесины были взаимно перпендикулярны друг другу; в противном случае формы будут коробиться и давать трещины, чего надо избегать, так как даже небольшое искривление формы делает ее негодной для набивки. На нижнюю рабочую гладкую поверхность доски, тщательно выстроганную, переводят при помощи кальки требуемый для набивки рисунок (раппорт) весь или частью. После этого резацки, стамесками, вырезают — выдалбливают — непокрытые рисунком части дерева и получают выпуклый резной рисунок. Углубления покрывают лаком, а выпуклые части рельефа оставляют нелакированными или же для лучшего прилипания печатной краски покрывают лаком и присыпают шерстяным клопом (оческами, получаемыми при стрижке шерстяной ткани). Для набивки грунтов, имеющих большие поверхности, в печатных формах вырезают лишь контуры, а промежутки заполняют войлоком, лучше впитывающим краску, чем дерево, и поэтому дающим лучшие отлиски. В верхней доске делают 2 выемки для удобства захватывания формы руками. Если изготовленная набойщикья форма содержит весь рисунок, то она применяется для одноцветной набивки одной краской. Для многоцветной набивки применяют столько форм, сколько требуется цветов в рисунке; в этом случае каждая форма содержит лишь часть набиваемого рисунка. Резные формы применяют главным образом для набивки грунтовых рисунков, имеющих большие поверхности. Отливные формы изготавливаются так: предварительно требуемый для набивки рисунок (часть или весь) переводят с помощью кальки на торцовую гладкую поверхность липового дерева, а затем специальной машинкой для выжигания накаленной иглой выжигают углубленный (ок. 5 мм) рисунок. Полученный углубленный контур заливают легкоплавким сплавом (олова, свинца, сурьмы, или висмута) так, чтобы он залит углубления, а также покрыл тонким слоем всю поверхность липового торца, на к-ром выжжен рисунок. После затвердевания и остывания отливку, представляющую металлич. пластинку с выпуклым рисунком, вынимают и прикрепляют гвоздями или привинчивают к толстой деревянной доске. В заключение осторожным шлифованием выравнивают неровности отливки и на верхней стороне доски делают 2 выемки для удобного захватывания формы (фиг. 1). Иногда отливные формы изготавливают из нескольких отливок; их применяют преимущественно для набивки контуров; если нужно их использовать для грунтов, то промежутки контуров заполняют войлоком.

Наборные формы изготавливают путем вколачивания медных пластинок, кусочков проволоки по контурам рисунка; нанесенного на деревянной гладкой плоской доске; пластинки и проволока вколочены так, что имеют одну и ту же высоту (ок. 5 мм) и вершины их находятся



Фиг. 1.



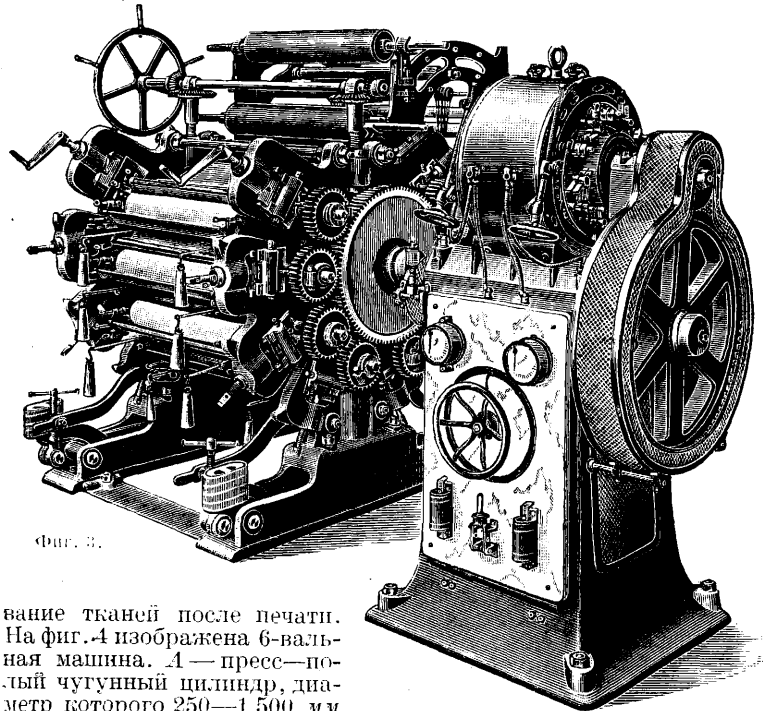
Фиг. 2.

в одной плоскости (фиг. 2). Верхняя доска здесь также имеет выемки для удобного захватывания формы рукой. Наборные формы применяют гл. обр. для набивки контуров, но они дороги и их применяют лишь в тех случаях, когда печатные краски действуют разрушительно на отливные формы. Наборные формы м. б. применены и для набивки грунтовистых рисунков, но в таком случае промежутки внутри контура заполняются войлоком. Стол для набойки, на котором производят набивку тканей, представляет деревянный стол с массивной крышкой, имеющей гладкую поверхность. Размеры стола обуславливаются размерами набиваемых тканей и изделий. Стол покрыт одним или несколькими слоями грубого сукна, придающего его поверхности упругость, необходимую для получения отчетливой печати. Сукно во избежание загрязнения печатными красками защищают суровой хлопковой тканью (миткалем, бязью), называемой подкладкой, или чехлом; на подкладке лежит набиваемая ткань. С одной стороны стола имеется приспособление для укрепления ролика с набиваемой тканью, а с другой стороны под потолком расположен ряд вешал-роликов, на к-рые завешивают ткань петлями для высушивания после набивки; ткань необходимо завешивать так, чтобы петли не касались друг друга, т. к. в противном случае невысохшие печатные краски будут пачкать соприкасающиеся части ткани и давать брак—на лежки. Высушенная ткань снимается с роликов, укладывается на столик, находящийся рядом со столом для набойки, откуда по мере накопления достаточного количества подвергается последующим проводкам с целью закрепления на ткани красителей, удаления незакрепившихся частиц красителей и т. д. Рядом с набойщиком столом или над ним расположен деревянный ящик (ш а с и), передвигающийся вдоль стола по железным рейкам или по рельсам; шасси необходимо для нанесения на печатные формы печатных красок; оно состоит собственно из двух сверху открытых, входящих друг в друга деревянных ящиков: наружного, наполненного наполовину загусткой или старой печатной краской, и внутреннего ящика, у которого вместо дна натянут проолифленный холст. Ящик этот лежит на поверхности загустки; с внутренней стороны ящика на холст кладут суконку (или льняную или хлопковую ткань при применении щелочных красок), на к-рую равномерно кистью наносят печатную краску. Суконка лежит на упругой поверхности подушки, поэтому легко передает печатную краску поверхности ручной формы, когда набойщик ее прикладывает к суконке.

Процесс ручной набивки в общем заключается в том, что ткань раскатывают с ролика и раскладывают ее на набойщиком столе. Ткань лежит свободно или же в натянутом виде. Для ориентировки набивки на ткани производят разметку рисунка; затем набойщик наносит равномерно кистью печатную краску на суконку и прикладывает к ней 2—3 раза печатную форму. Убедившись, что все части рисунка покрыты краской, набойщик прикладывает форму в отмеченные места ткани и легкими ударами руки или деревянной колотушки на б и в а е т печатную краску на ткань. После этого он снова набирает формой печатную краску и продолжает набивку. Этот способ ручного печатания называется набивкой. Для каждого цвета требуется своя форма и шасси (если не считать цветов, получаемых смешиванием при накладывании красок друг на друга). Иногда для каждого цвета для ускорения работы имеется свой набойщик. Для получения правильного трафленого рисунка печатные формы снабжены в углах иглоками (2—3), раппортными штифтами, при набивке оставляющими на ткани знаки (отверстия); этими знаками набойщик руководствуется при набивке и достигает правильного наложения форм, смыкания отдельных рисунков и попадания их в соответствующие места ткани. Кроме одноцветной набивки применяют многоцветную (обыкновенно 3—4 цвета). Набитая ткань высушивается, с ролика на стол раскатывают новое количество ткани и продолжают набивку. Высушенная ткань подвергается последующим процессам закрепления красителей, промывке и т. д. Подкладка используется один или несколько раз в зависимости от применяемых красителей, степени загрязнения и других причин, после чего ее промывают, отваривают, отбеливают и пускают под набивку в качестве белой ткани или же промывают, высушивают и применяют опять в качестве подкладки—и так до износа («черная подкладка»). Печатные формы после окончания работы промывают и высушивают. Ручная набивка мало производительна, дорога; ее применяют в настоящее время лишь для широких многоцветных тканей, платков с крупными рисунками и нек-рых кустарных и старинных сортов тканей. Для увеличения производительности печатания применяют печатные машины; они бывают для печатания тканей, чулочных изделий, пряжи в мотках, основах и камвольной ленты.

Печатные машины для тканей. 1) В а л ь ц о в ы е и л и ц и л и н д р и ч е с к и е м а ш и н ы в настоящее время наиболее распространены особенно для печатания хлопковых тканей, их называют поэтому также ситцепечатными машинами. Печатание на этих машинах производят с помощью цилиндрических валов (ситцепечатных валов), имеющих на поверхности гравированные рисунки с углубленной гравюрой. На этих машинах печатают одно- или многоцветные рисунки, причем для каждого цвета необходим свой вал, не считая цветов, получаемых смешением красок, накладываемых друг на друга разными валами. Число валов у ситцепечатных машин раньше достигало 24, а в последнее время из-за дороговизны, громоздкости, малой производительности, сложности работы таких машин строят машины, содержащие не более 16 валов: машины малой «вальности» (1-, 2-, 3-, 4-вальные) и большой «вальности» (5-, 16-вальные). Чаще всего на ситцепечатных ф-ках применяются 1-, 2-, 3-, 4- и 6-вальные машины;

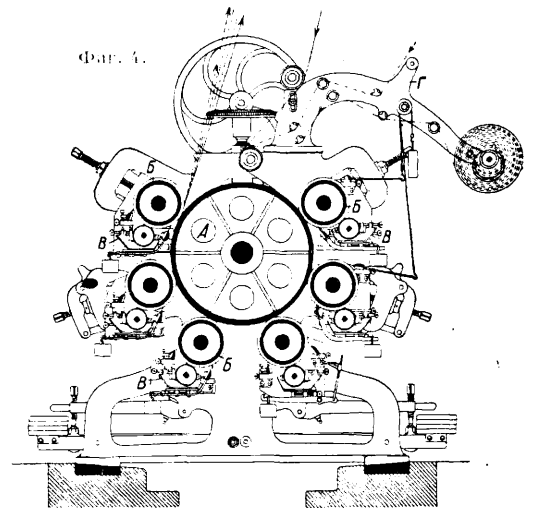
реже 8-, 10-, 12-, 14- и 16-вальные. Современные ситцепечатные машины состоят из пресса, печатных валов, шасси, ракли, контрракли и др. Части укреплены на двух массивных чугунных станинах (фиг. 3). Каждая ситцепечатная машина соединена с сушилкой, где происходит высуши-



Фиг. 3.

вание тканей после печати. На фиг. 4 изображена 6-вальная машина. А — пресс-полый чугунный цилиндр, диаметр которого 250—1 500 мм в зависимости от размеров и вальности ситцепечатной машины; длина его 1 100 мм. Цапфы пресса находятся в подвижных шарикоподшипниках, расположенных в прорезах станин, и могут с помощью винтов передвигаться вверх и вниз; это позволяет пресс опускать или поднимать. Пресс самостоятельного движения не имеет и приобретает его от соприкасающихся с ним вращающихся ситцепечатных валов, расположенных по периферии пресса. Пресс имеет то же назначение, что и набойщикий стол при ручном печатании. Для сообщения его поверхности эластичности на него плотно накатывают ткань, называемую л а п и н г о м. Ткань эта бывает шерстяная, полшерстяная (с льняной основой и шерстяным утком) или хлопковая (кретон, бязь); иногда эти ткани прорезинивают. Выбор лапинга, число оборотов, обуславливается характером гравировки печатного вала. Ширина лапинга зависит от ширины печатаемой ткани и д. б. несколько шире последней. Поверх лапинга для увеличения эластичности, предохранения от загрязнения печатными красками и уменьшения влияния утолщения на месте стыка концов лапинга проходит в виде бесконечного полотна (склеенного или сшитого) длиной 30—50 м плотная ткань (толщиной 3—4 мм), называемая с у к н о м (к и р з о й, к а у ч у к о м). Она бывает полшерстяной (с хлопковой основой, шерстяным утком), чисто хлопковой или прорезиненной хлопковой тканью (иногда машины с небольшим числом валов сукна не имеют). Кирза огибает пресс и вместе с печатаемой тканью и подкладкой проходит в сушилку, делает в ней несколько (до 7) вертикальных ходов, подсушивается и возвращается

к печатной машине. В некоторых случаях сукно в сушилке не поступает, делает несколько ходов мимо горячих плит за печатной машиной, где подсушивается. Кирза с течением времени загрязняется и ее приходится мыть (1—3 раза в месяц). Продолжительность службы кирзы до 1 года. Поверх кирзы проходит третий род ткани — подкладка, чехол Г, в один или же иногда в два слоя. Назначение подкладки — предохранить кирзу (а также печатаемую ткань) от загрязнения печатными красками. В качестве подкладки в С. применяют обычно суровые бязь, миткали и др. Их предварительно опаливают, очищают от пуха и накатывают на ролики; с роликов подкладка проходит по направляющим рейкам, ширинным приспособлениям — гребенкам — к печатной машине поверх кирзы под печатаемой тканью, а после печатания вместе с последней направляется в сушилку, где высушивается, после чего возвращается к печатной машине и укладывается самокладами. При печатании хлопковой ткани ледяными, кубовыми красителями, черным анлином и др. подкладку после выхода из печатной машины не высушивают, а сразу замачивают или направляют в отдельное отделение. Подкладка в большинстве случаев используется 1—8 раз («чистая подкладка»), после чего ее отбеливают или только отваривают, а затем подвергают крашению или печатанию и выпускают в виде обычного крашеного или печатного товара. Иногда подкладка используется до износа («черная подкладка»).



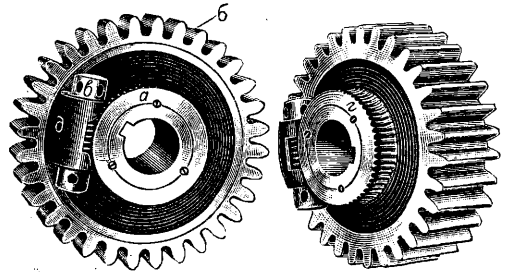
Фиг. 4.

Печатные, или ситцепечатные, валы В составляют одну из главных частей ситцепечатной машины. Это — полые цилиндры, изготовляемые из красной меди (иногда латуни). Раньше валы изготовляли сплошными, в настоящее время их делают исключительно

польми, насаживаемыми на стальные стержни-шипы; на одном конце шипа заклинена рапортная шестерня. Наружный диаметр валов 100—600 мм, длина окружности 320—2 000 мм, длина валов 750—1 100 мм, толщина кольцевого слоя 10—50 мм. Обычно диаметр валов бывает 120—160 мм, длина окружности 350—500 мм, толщина 30 мм и вес 40—100 кг. У платочных валов, с помощью которых печатают платки (носовые, головные) с большим рапортом рисунка, размеры значительно больше, чем у обычных валов, и длина окружности у них 750—1 200 мм и доходит даже до 2 м. Для удешевления стоимости ситцепечатных валов иногда применяют чугунные валы, покрытые слоем меди в 3—5 мм. Этот слой меди обычно наращивают электролитич. способом. Иногда по этому способу также наращивают старые сработанные медные валы, у которых толщина стала меньше 10 мм. Такие валы мало стойки к механич. и химич. воздействиям; в последнее время наблюдается стремление применить хромированные валы. Ситцепечатные валы подвергают *граверованию* (см.) по ручному, молотному, пантографному или фотохимическому способу. Глубина гравюры зависит от характера рисунка, рода печатной краски и других причин и бывает не более 0,3 мм. Перед печатанием вал насаживают на стальной вал (шип) на опорных прессах. Прессы эти приводятся в движение вручную, от привода или же бывают гидравлическими, приводимыми в движение от привода или электромотора. Вал на стальном шипе держится исключительно трением; для увеличения последнего при насаживании шип смазывают густым минеральным маслом и покрывают бумагой. Кроме того шип и внутреннюю полость вала делают несколько коническими. С помощью этого прессы (после окончания печатания) снимают валы с шипов.

В СССР в целях экономии печатных валов несколько ситцепечатных ф-к объединяются в отношении снабжения их печатными валами, а также обслуживания их одной центральной граверной. Рисунки валов, называемые *матрицами*, заносятся в специальные манерные книги. Печатание данного рисунка *м. б.* производится в нескольких цветах, *в. д. а. х.*; их заносят в видовые книги. Печатные валы, насаженные на шипы, располагаются по периферии прессы и соприкасаются с тканью, проходящей в подшипниках, расположенных в местах выступов станины ситцепечатной машины. Валы прижимаются к прессу, а следовательно и к ткани, причем это давление осуществляется с помощью специальных рычагов (*бала с о в*), имеющих на концах грузы. У многовальных машин во избежание их усложнения давление балансами производится только у первых четырех валов, у остальных давление достигается с помощью винтов, снабженных каучуковыми или пружинными прокладками. Каждый вал содержит части рисунка, которые при печатании ткани должны отпечататься в соответствующих местах всего рисунка и дать на ткани *т. р. а. ф. л. е. н. ы. й. р. и. с. у. н. о. к.* Этого трафления достигают тем, что ситцепечатные валы могут передвигаться в трех направлениях: параллельно оси (вправо, влево), касательно к поверхности (вверх, вниз) и на некоторый угол вокруг своей оси. Вращение вала вокруг его оси на некоторый угол достигают с помощью рапортной шестерни (фиг. 5), укрепленной на одном конце

шпица вала. Рапортные шестерни соединены с центральной шестерней—маточной шестерней, приобретающей движение от мотора. Рапортная шестерня состоит из двух частей—муфты *а*, неподвижно заклиненной на шпипе вала, и подвижной шестерни *б* (в виде обода), сидящей на этой муфте и могущей вокруг нее перемещать-



Фиг. 5.

ся. Для осуществления этого вращения муфта *а* имеет зубчатое колесо *г*, а шестерня—обод-прилив *д*, в котором находится червяк *е*, соединяющийся с зубчатым колесом *з*. При вращении червяка с помощью рапортного ключа, вставляемого в отверстие головки червяка-болта, происходит поворот муфты с валом на некоторый угол. Шасси *В* (фиг. 4) представляет собой ящик (медный или деревянный), наполненный печатной краской и вмещающий ее обычно 7—15 кг. Расположено шасси под печатными валами и число их соответствует числу валов. С помощью валиков, обернутых хлопковой (иногда шерстяной) тканью, или щеток (волосяных или травяных), вращающихся в шасси и соприкасающихся с печатными валами, происходит нанесение печатных красок на печатные валы. Валики и щетки приобретают свое вращение от печатных валов и покрывают при этом весь вал (гравюру и гладкую поверхность) печатной краской.

Для оставления печатных красок лишь в углублениях гравюр каждый вал снабжен *ракле-ей*—металлической (стальной, иногда медной) пластинкой, плотно прижатой к валу под некоторым углом и счищающей с гладкой негравированной поверхности печатные краски. *Ракля*—важная принадлежность ситцепечатной машины, т. к. от качества очистки вала зависит качество печатаемой ткани. Длина ракли 900—1 100 мм, ширина 50—80 мм (обычно 56 мм). Толщина ракли имеет существенное значение; в зависимости от толщины различают 10—12 номеров ее, начиная с самой толстой (00), ~ 1 мм, кончая самой тонкой (10), ~ 0,1—0,3 мм. Толщина ракли обуславливается характером рисунка, печатной краски, гравировки, печатаемой ткани и др. Для грубых грунтовых, полугрунтовых рисунков применяют толстые ракли № 00; 0; 1; 2; для тонких белоземельных рисунков—тонкие ракли № 5; 6; для обыкновенных рисунков—ракли № 3; 4. На ситцепечатных ф-ках СССР ракли более тонких номеров не применяют. Ракли заземляют между двумя пластинками, из которых внутренняя (со стороны вала) делается латунной во избежание ржавления и загрязнения печатных красок, а наружная пластинка делается чугунной или железной. Лезвие ракли, к-рым она соприкасается с валом, оттачивает и шлифует старший рабочий при печатной машине—раклист с помощью ракле-вой пилы и камня (эльштейна). Обычно верхнее ребро ракли стачивается с двух сторон в

виде фасок. Острота ракля зависит от рисунка, печатной краски и др. Правка ракля—очень ответственная работа и требует большого опыта и умения раклеста. Ракля периодически подвергается правке, т. к. недостатки ее вызывают разнообразные браки в печатном товаре. Если печатные краски чувствительны к солям железа, то стальную раклию покрывают спиртовым лаком (раствором шеллака в спирте) или ее заменяют медной раклей. Угол, под к-рым устанавливают ракля к печатным валам, зависит от рода рисунка, печатной краски и др. Иногда раклия укрепляется вместе со старой раклей, называемой подставкой, во избежание прогибания. Для лучшей очистки печатной краски с негравированных мест вала ракле сообщается движение параллельно оси вала, поэтому достигается равномерное изнашивание вала и ракля. Если на ракле образуются зубрины, то при печатании ткани на ней будут печататься волнистые линии. Кроме ракля многоваловные машины, особенно при печатании сеток, полосок, имеют к о н т р р а к л и—медные или стальные пластинки с более толстыми закругленными краями. Контрракля прижаты к валу под некоторым углом и расположены по ходу вала за раклями; их назначение—очищать вал от печатных красок, а также волоконце, пуха и предупреждать попадание их в шасси с печатными красками.

Ткань, предназначенная для печатания, накатывается на ролики—з в о й к и, которые укрепляются сзади печатной машины. Отсюда ткань по ряду направляющих роликов и ширительных приспособлений (гребенок), предупреждающих образование складок—засечек, проходит в печатную машину вместе с подкладками между прессом и печатными валами. Ролики обычно содержат до 18—20 кусков (по 42,7 м) хлопковой ткани типа миткаля. Для избежания перерыва в работе печатной машины из-за смены роликов с тканью на некоторых ситцепечатных ф-ках СССР иногда работают с большими роликами, содержащими до 70 кусков, и применяют р а с к а т к и, к-рые до израсходования ткани на ролик раскатывают с него ткань, после чего ее конец сшивают с началом ткани нового ролика и т. о. не задерживают работы печатной машины. Подкладки и ткань поступают на печатную машину с некоторым натяжением; поэтому помимо указанных ширительных приспособлений ролики, с которых скатывается ткань, имеют на концах шкивы, через к-рые перекинута тормозящая ремни с грузами. Толстые ткани и ткани с начесом иногда печатают не с роликов, а прямо из пачек в тележках. Во время работы печатной машины ее скорость приходится регулировать, поэтому каждая печатная машина имеет одиночный привод. В настоящее время ситцепечатные машины приводятся в движение от электромоторов (постоянного или переменного тока). От электромотора при посредстве промежуточных шестерен движение передается маточной шестерне, от нее рапортным шестерням, печатным валам, прессу, ткани, подкладке, сукну, сушилке и самокладкам.

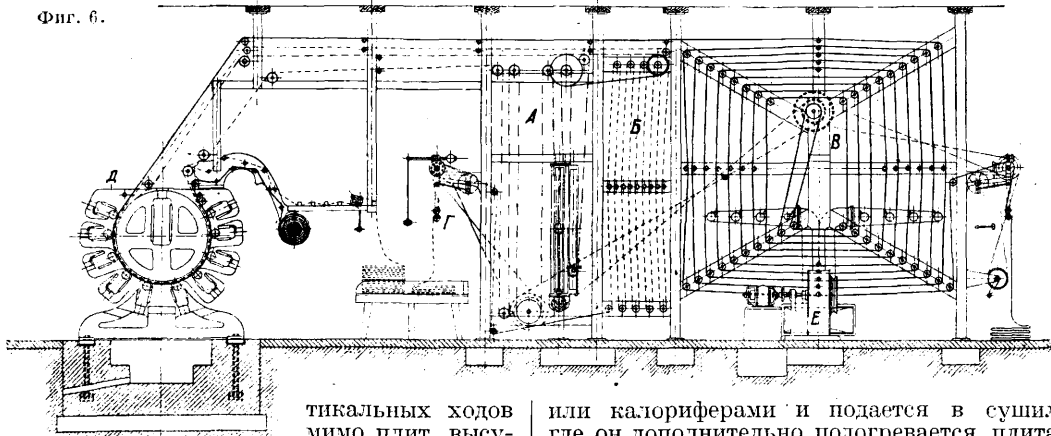
Работа на многовальной ситцепечатной машине в общих чертах сводится к следующему: на пресс накатывают лапинг, надевают кирзу, заправляют чехлы и белую ткань (с роликов или тележек) и прогревают сушилку. Укладывают валы на места в порядке, указываемом заведующим производством (колористом) или

заведующим печатным отделом. Обычно валы располагают так, чтобы светлые краски печатались первыми, а темные последними. Делают это во избежание загрязнения светлых красок темными. Если этого по характеру рисунка (пико, контур) нельзя сделать и их приходится ставить впереди светлых красок, то вслед за ними устанавливают камедные валы, печатающие разбавленную камедную или трагантовую загустку, предупреждающую загрязнение светлых красок темными (с ткани). После установок валов, имеющих на одном конце шпика заклиненные рапортные шестерни, приступают к т р а ф л е н и ю рисунка. В зависимости от количества цветов рапорт разбивается на соответствующее количество частей, выгравированных на валах. Следовательно каждый вал содержит часть рисунка определенного цвета. При печатании на многовальной машине необходимым условием является попадание всех частей рисунка в соответствующие места на ткани. Для осуществления трафления каждый вал можно перемещать в трех указанных ранее направлениях, однако до этого тонкого трафления начинают с установок пико. В граверном отделении на валах ставят метку в виде точки (пико), кольца и др.; это позволяет приблизительно установить валы в соответствующее положение; уточнения установок валов достигают трафлением на мелок, ленточкой и др. и передвижением валов в указанных выше направлениях. Вслед за этим устанавливают предварительно отточенные ракля и контрракля, наливают в шасси печатные краски и приступают к пробному печатанию на чехле. При этом раклист на ходу проверяет трафление и в случае необходимости перемещает валы в указанных направлениях до тех пор, пока не достигнет полного трафления. После этого к чехлу прикрепляют небольшой кусок белой хлопковой ткани (пробочку) и по ней печатают рисунок; затем пробочку снимают, высушивают, запаривают или подвергают вызреванию и необходимым последующим обработкам и показывают мастеру, заведующему печатным цехом или колористу. После утверждения пробочки колористом приступают к печатанию белой ткани. При печатании рисунок несколько растрафливается и его на ходу исправляют. Печатание тканей требует большого внимания со стороны обслуживающего машину персонала, особенно раклеста. Обычно персонал у многовальной машины состоит из 3—6 человек: раклеста, его помощника, кранового, чехольщиков. Ткань после печати, а также чехлы, сукно (за исключением ранее отмеченных случаев) направляются в печатные сушилки для высушивания. Для этой цели применяют воздушные сушилки и сушильные барабаны. Воздушные сушилки в зависимости от способа обогрева воздуха бывают п л и т н ы м и, содержащими ряд подых железных плит, внутри обогреваемых паром; м и т р а л ь е з н ы м и, обогреваемыми железным трубчатым котлом, внутри трубок к-рого циркулирует воздух, а снаружи пар; к а л о р и ф е р н ы м и, обогреваемыми железными калориферами (ребристыми или пластинчатыми), внутри-трубок к-рых циркулирует пар; а также плитно-митральезными и плитно-калориферными. Чаще находят применение плитно-митральезные и плитно-калориферные воздушные сушилки. Сушилка состоит из трех отделений (фиг. 6 и 7): в переднем А, занимающем сравнительно небольшую часть, просушивают сукно,

которое содержит небольшое количество влаги; оно после нескольких вертикальных ходов мимо горячих плит высушивается и возвращается к печатной машине *Д*; во втором отделении *Б*—тоже небольшом—происходит высушивание подкладки, к-рая, сделав несколько вер-

тия ее относительно ситцепечатной машины укладывается самокладами на столики. В некоторых сушильках ткань выбирают из сушилки уже из середины, поскольку она оказывается высушенной. Воздух засасывается вентилятором *Е* из помещения, нагревается митральзой

Фиг. 6.

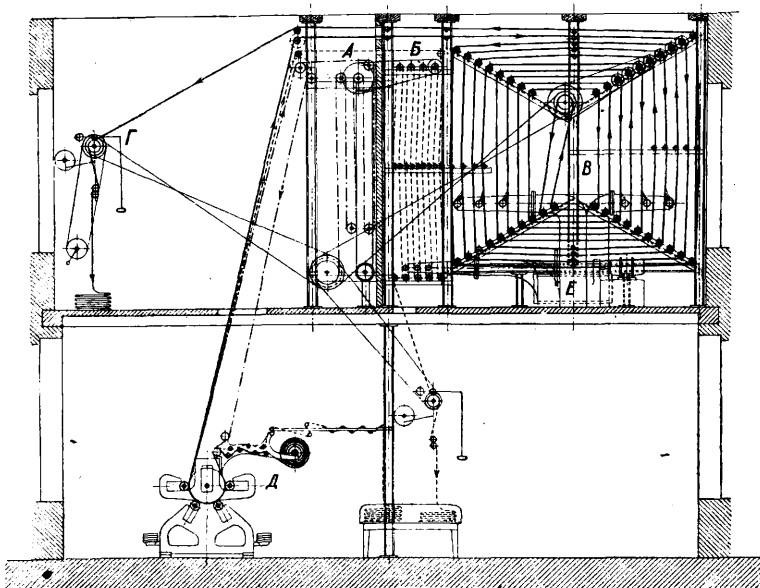


тикальных ходов мимо плит, высушивается, выхо-

дит из сушилки к задней части печатной машины, где укладывается самокладами *Г* или же перевертывается специальными приспособлениями и направляется опять к печатной машине. Наконец в самом большом заднем отделении *В* происходит высушивание напечатанной ткани. Для избежания размазывания рисунка и належек ткань проходит по роликам,

или калориферами и подается в сушилку, где он дополнительно подогревается плитами. Отработанный горячий воздух удаляется вентилятором из сушилки. В некоторых сушильках (Гандурица, Таирова) часть отработавшего горячего воздуха не удаляется, а засасывается вентилятором и опять используется для высушивания. Темп-ра воздуха в воздушных сушильках обычно 60—70°. Сушилки располагаются в том же этаже за печатными машинами (фиг. 6) или этажом выше над печатными машинами

(фиг. 7). Наряду с воздушными сушилками за границей (Америка, Англия) и отчасти в СССР применяют для сушки печатной ткани сушильные барабаны, в которых высушивание подкладки и ткани происходит с помощью ряда медных сушильных барабанов, обогреваемых внутри паром. Высушивание здесь осуществляется при непосредственном соприкосновении ткани с горячей поверхностью барабанов. Производительность сушилок, приобретающих движение от ситцепечатных машин, соответствует производительности последних, к-рая зависит от многих обстоятельств (вальности машины, характера рисунка, рода печатной краски, ткани, скорости ее высушивания, опытности раб-листа и др.); на производительности отражаются также простои ситцепечатной машины из-за смены валов (смены манера), печатных красок (смены вида), перекачивания лапинга, шивки



Фиг. 7.

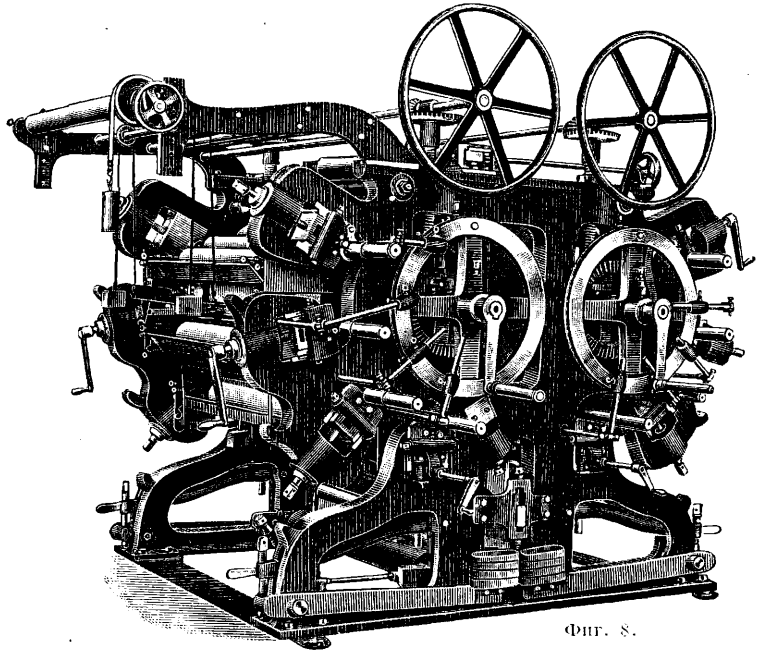
соприкасаясь с ними изнанкой, и делает спиралеобразные обороты от периферии сушилки к ее середине, где, будучи достаточно подсушенной, отгибает поворотный ролик и, повернувшись лицевой стороной к роликам, возвращается из сушилки, делая такие же спиралеобразные обороты, но от середины к периферии сушилки. Обычно сушилки вмещают 100—125 м ткани. Вышедшая с передней или задней части сушилки ткань в зависимости от расположе-

ния сукна и др. Ориентировочно можно принять нижеследующие колебания в производительности в кусках в 1 ч. и расходе механической энергии, выраженной в НР: 40—80 кусков для одно-вальных машин (8—15 НР), 25—40 для двух-вальных (12—15 НР), 20—35 для четырех—шести-вальных (16—25 НР), 15—25 для восьмивальных (25—30 НР), 12—28 для десяти—двенадцати-вальных (30—40 НР) и 4—12 кусков для шестнадцативальных (35—50 НР) машин.

Кроме ситцепечатных машин для одностороннего печатания тканей находят применение машины для двустороннего печатания дуплексашины. Ткань на них печатается с двух сторон (лица и изнанки) и имитирует более дорогую пестроткань, сработанную на ткацких ф-ках из цветной основы и утка. Эти машины состоят из двух машин с общей станиной, имеющих свои прессы, валы, раклин, шасси, подкладки, сукно (фиг. 8 и 9). На задней машине II происходит печатание изнанки, а на передней I печатают лицевую сторону ткани. Гравюра валов одной машины представляет зеркальное изображение гравюры другой машины. Число валов у каждого пресса обычно 4, иногда достигает 8. Рисунки этих валов представляют собой сетки, полоски, клетки и другие. Здесь работа еще труднее, чем на односторонних печатных машинах, т. к. помимо трафления в пределах одной машины требуется трафление рисунка на двух машинах — с лица и изнанки. Для осуществления этого рапортные шестерни валов каждой машины соединены с одной большой рапортной шестерней, вращением к-рой возможно передвинуть на один и тот же угол вокруг оси все валы. Этой машиной можно пользоваться также для двуплотноного печатания, т. е. одновременного и неза-

висимого печатания тканей на передней и задней машинах. В виду того что ситцепечатные машины расходуют много подкладки, сукна, лапинга, некоторые машиностроительные з-ды (напр. Маттер-Платта) сконструировали машины для печатания тканей без применения лапинга, сукна и чехлов. Пресс такой 3-вальной печатной машины (Маттер-Платта) покрыт сломом (ок. 20 см) резины, вследствие чего достигается эластичность поверхности пресса. Печатание ткани здесь предлагается производить непосредственно на прессе (без лапинга, сукна и чехла); очистка загрязненного печатными красками пресса достигается специальным приспособлением, расположенным за третьим (последним) по ходу машины валом и смывающим водой с поверхности пресса эти загрязнения. Во избежание попадания смывных вод в шасси с печатными красками, а также для высушивания промытой поверхности пресса под этим приспособлением расположено другое, отсасывающее воду с помощью вакуум-насоса. Работа такой 3-вальной печатной машины на одной из наших ф-к обнаружила ряд недостатков в этой машине, не позволяющих пока дать окончательного заключения о возможности печатания тканей без сукна и подкладки. Наряду с приведенными способами печатания тканей иногда находят применение печатание с перерывами и маэней. Машины, печатающие с перерывами, устроены т. о., что валы периодически на определенном участке прижимаются к ткани и печатают на ней, после этого печатные валы от ткани отходят, и ткань не печатается. После некоего промежутка времени валы опять прижимаются и печатают на ткани. При таком спо-

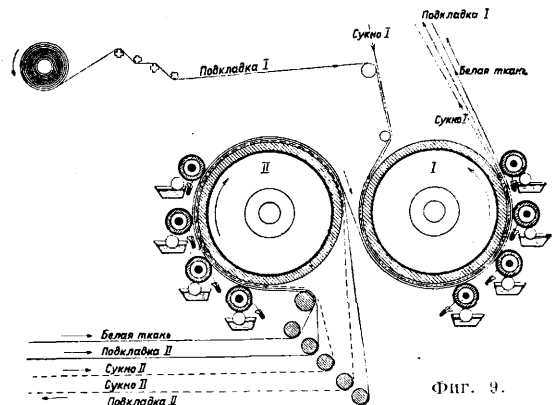
собе работы получается по длине ткани ряд периодически повторяющихся на определенных участках узоров. Этот способ находит применение при печатании кайм у полотенец, шарфов и др. Печатание маэней достигается на обычных ситцепечатных машинах, у которых валы, печатающие краску, слегка касаются ткани, скользят по ней и покрывают — замазывают — краской лишь рельефные ее части. Получаю-



Фиг. 8.

щийся при этом рисунок обуславливается характером рисунка самой ткани. Для этой цели применяют грунтовые валы с мелкой гравюрой. Движение ткань приобретает от холостых (без печатной краски) валов, прижатых к ткани.

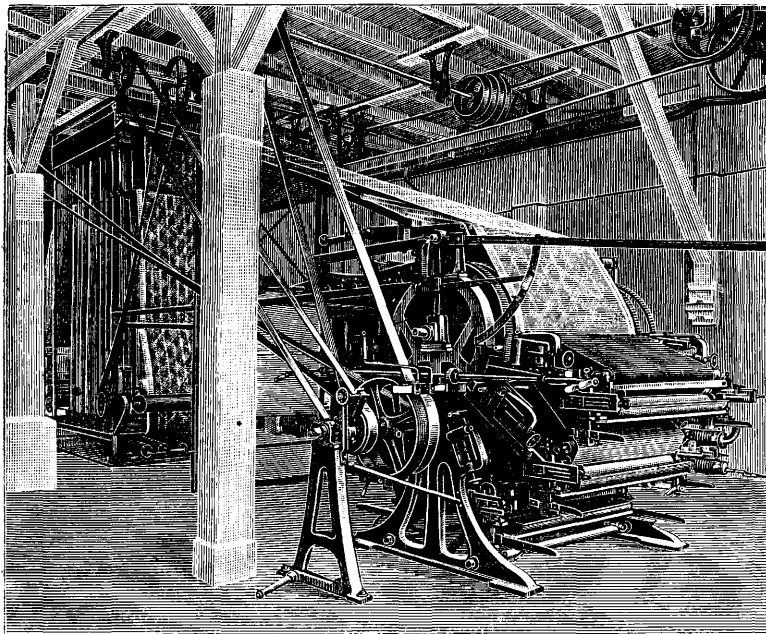
При печатании тканей на ситцепечатных машинах могут появляться многочисленные и разнообразные виды браков. К главным из них



Фиг. 9.

видам их относятся: а) браки из-за печатных красок — если консистенция печатных красок жидкая, то рисунок на ткани расплывается, а если густа, то забивается гравюра и на рисунке видны срывки, пропуски в печати и др., б) браки из-за печатных валов могут появиться, если на них имеются царапины (зарезанный вал) или небольшие углубления (зашибленный вал), которые будут давать на ткани отпечатки в

оборот вала и др.; в) браки из-за ракли получают, если она плохо счищает печатные краски с вала (вал «тенит»). Если ракла зашиблена и имеет зазубрины, то на ткани будут печататься волнистые линии. Щелчки и получаются, если под ракло попадет и проскокит какое-либо твердое тело (напр. песчинка, волоконец и др.), если же оно останется, то образуется штриф-затаск. При плохом закреплении ракли

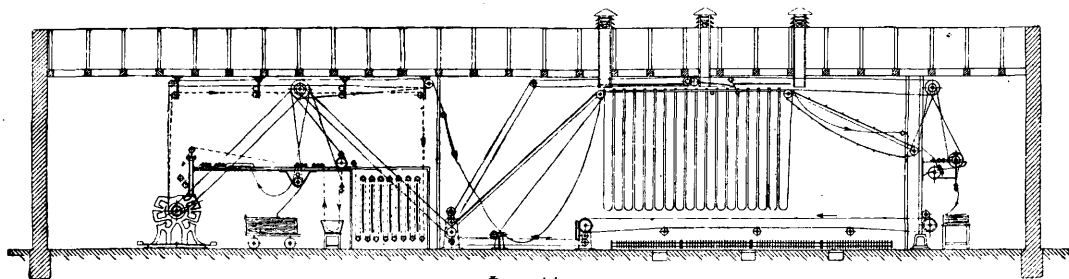


Фиг. 10.

она дрожит и тоже приводит к браку; г) невнимательность обслуживающего персонала м. б. причиной целого ряда браков, напр. из-за неподлива печатных красок—растрафление рисунка, неравномерности печати на кромках, изнанке; из-за образования складок—засечки и др.; д) при недостаточной t° в сушилке ткань не успевает высохнуть, пачкает ролики, а последние—ткань, давая налержки. Ткань в су-

В основном они напоминают ситцепечатные машины и отличаются от них тем, что валы у них с рельефным рисунком, относительно легко прижимаются к прессу, поэтому пресс имеет самостоятельное движение, а не принудительное от валов, как у ситцепечатных машин (фиг. 10). Печатные краски наносятся из шасси с помощью бесконечного сукна, движущегося т. о., что оно погружается в шасси с печатной краской и переносит ее на печатные валы, касаясь их рельефной поверхности; количество наносимой краски регулируется раблей, счищающей избыток краски с сукна. Сушка тканей после печатания производится так же, как у ситцепечатных машин. Иногда применяют для этой цели сушилки, в к-рых ткань автоматически завешивается петлями на роликах и в таком завешанном состоянии передвигается через всю сушилку и высушивается (фиг. 11).

Перротина представляет машину с плоскими печатными формами, имеющими выпуклый (рельефный) рисунок. Перротины применяются для односторонней набивки тканей в 1—6 цветов и в 1—3 цвета для двусторонней набивки. Перротина в зависимости от количества набиваемых красок состоит из одного или нескольких (до 6) набивных столиков и такого же количества печатных форм, шасси и корыт с печатными красками. Железные набивные столики А (фиг. 12), заменяющие набойщицкий стол при ручной набивке, покрыты для эластичности сукном. Печатные формы В, аналогичные ранее описанным при ручной набивке, прикреплены к подвижным подставкам Д, с помощью которых они периодически передвигаются в направлении, перпендикулярном к набивным столикам вверх и вниз, периодически ударяясь



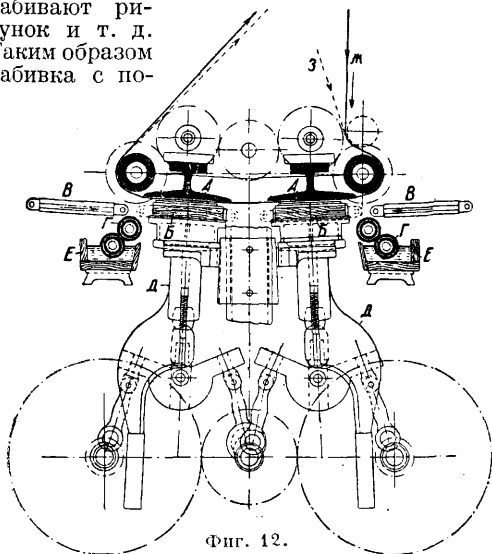
Фиг. 11.

шпильке может собраться в жгут, и это тоже вызовет появление належек; во избежание этого вида брака между кромками ткани вставляют деревянные палочки-шпильки, не допускающие образования складок жгута. Капель в сушилке может вызвать образование подмочек и других недостатков.

Рельефные вальцовые машины имеют цилиндрич. валы с рельефным рисунком, как у ручных форм. Эти машины имитируют ручное печатание и бывают 1—12-вальными.

о столики, набивая при этом ткань, проходящую поверх этих столиков. Шасси (подушка) В, необходимые для нанесения печатных красок на печатные формы, также автоматически и периодически передвигаются, но только параллельно столикам и формам (вправо и влево). При этих возвратных движениях шасси приходят в соприкосновение с валиками, вращающимися в корытах Е с печатными красками, и равномерно покрываются этими красками; после этого шасси обратно возвращаются к печатным

формам и при соприкосновении с последними наносят на них краски. Работа на перротине в общих чертах происходит сл. обр.: набиваемая ткань *Ж*, подкладка *З* и сукно с помощью роликов проходят между печатными формами *Б* и столиками; в это время формы несколько отодвинуты от ткани и покрываются печатной краской с помощью шасси; последние, заняв положение между формами и столиками, прижимаются к формам и наносят на них печатные краски. Затем шасси отходят обратно к валикам *Г*, где опять покрываются печатными красками, а формы в это время прижимаются к ткани и набивают на ней соответствующие части рисунка. После набивки формы отходят от ткани в первоначальное положение, а ткань, подкладка и сукно передвигаются на расстояние, равное одному отгиску формы. Шасси, покрытые печатными красками, опять приближаются к формам, наносят на них краски, отходят назад, а формы приближаются к ткани и опять набивают рисунок и т. д. Таким образом набивка с по-



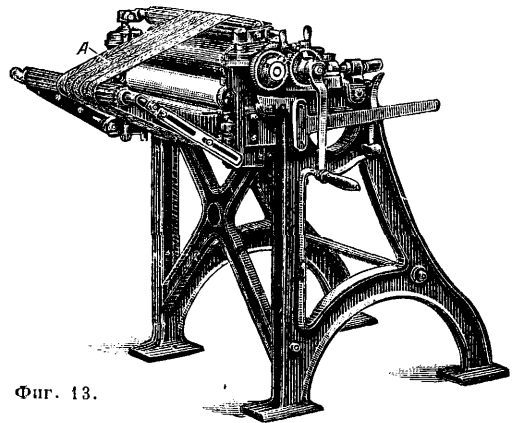
Фиг. 12.

мощью перротины заключается в периодич. ударах на ткань плоскими печатными формами, покрытыми красками. Напечатанная ткань с подкладкой направляется в сушилку и высушивается. Перротина имитирует ручную набивку, но только здесь производительность значительно больше. В настоящее время за границей и в СССР перротины вытеснены ситцепечатными и рельефными машинами.

Печатные машины для трикотажа и чулочных изделий имеют два расположенных друг над другом медных печатных вала (с углубленной гравировкой), к-рые в то же время являются прессами. Каждый вал снабжен шасси и раклей. При печатании чулочных изделий их надевают на плоские формы (деревянные, металлические и др.) и кладут на транспортирующий столик, расположенный перед «жалом» печатных валов. Столик движется взад и вперед и подает формы с чулками в жало между валами. При прохождении между этими вращающимися валами происходит печатание чулочных изделий с двух сторон, после чего формы выходят из жала валов с другой стороны и захватываются транспортером.

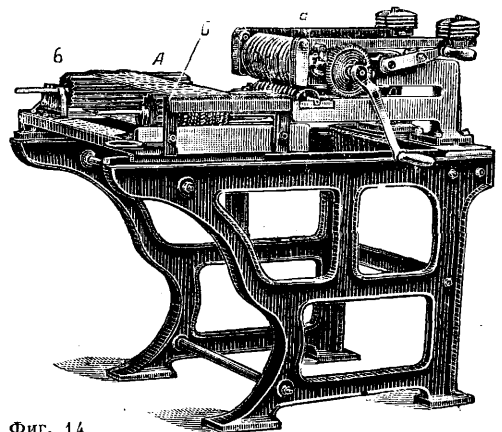
Печатные машины для пряжи в мотках и основах. Главную составную часть этих машин составляет пара соприкаса-

ющихся друг с другом валов с рельефными рисунками в виде продольных полос, параллельных осям валов, или поперечных полос, перпендикулярных этим осям. У машин с валами, имеющими продольные полосы, валы расположены рядом, параллельно друг другу (фиг. 13). Каж-



Фиг. 13.

дый вал снабжен шасси и валиками, с помощью к-рых наносятся печатные краски на валы; при печатании моток пряжи *А* надевают между валами на трех направляющих роликах. При вращении валов происходит перемещение мотка и печатание на нем с двух сторон рисунка в виде поперечных одноцветных полос. После окончания печатания моток снимают и надевают другой и печатание производят таким же образом. У машин с валами, имеющими поперечные полосы (фиг. 14), валы *а* расположены друг над другом. Нижний вал погружен в корыто с печатной краской; иногда корыто разделяют перегородками на отделения, к-рые наполняют разными красками, это позволяет производить многоцветное печатание. Число отделений достигает 60. При вращении нижний вал покрывается одной или несколькими печатными красками, к-рые он передает также верхнему валу, соприкасающемуся с ним. Мотки пряжи *А* надевают на два направляющих ролика *б* и пропускают между валами *а*, печатающими на них поперечные полосы. После этого моток



Фиг. 14.

передвигают на роликах на требуемое расстояние и опять пропускают между валами. Так продолжается до тех пор, пока весь моток не будет напечатан, тогда его снимают и заменяют другим. Печатание пряжи в виде основ производится так же, но только здесь процесс

печатания непрерывный, а не периодический, как у пряжи в мотках. Печатание пряжи одноили многоцветных поперечных полос дает возможность при последующем ткачестве получать на тканях своеобразные узоры.

Печатные машины для камвольной чесаной ленты в основном напоминают машины для печатания пряжи. Это печатание, называемое также печатанием Вигуре, позволяет получать меланжевые эффекты на тканях.

Загустители, загустки и печатные краски. Печатные краски, наносимые с помощью печатных валов и ручных форм на волокнистые материалы, должны иметь такую консистенцию, клейкость, вязкость, чтобы они до нанесения их на эти материалы оставались в гравюре валов, на поверхности форм, а после нанесения их на волокна не расплывались бы на них и давали рисунок с резко очерченными краями без растечек. Вследствие этого одной из важных составных частей печатной краски является загустка—густая, вязкая и клейкая масса, сообщающая печатным краскам вышеуказанные свойства. Загустки изготовляют из загустителей (см.), веществ преимущественно органических, с типично выраженными свойствами коллоидов, к-рые при б. или м. продолжительном взаимодействии с водой набухают, впитывают ее в себя, образуя при этом вязкие, густые клейкие коллоидные растворы. Загустители разделяются на естественные и синтетические. К естественным относятся загустители растительного происхождения—крахмалы, мука, декстрины, растительные слизи, камеди (трагант, аравийская, сенегальская камеди и др.) и отчасти альгиновые к-ты (норгины) из морских водорослей и некоторых видов мхов, пектиновый клей из свекловичного жома, отвар льняного семени, сульфитцеллюлозные щелоки; загустители животного происхождения (альбумин кровяной, яичный, казеин), желатина, клей столярный и минерального происхождения—английская глина (каолин), осадки (окшары), серноокислый свинец, барий и др. К синтетич. загустителям, имеющим пока небольшое применение, относятся серикоза (уксуснокислые эфиры целлюлозы), коллорезин (метилловый, этиловый эфиры целлюлозы), бакелиты, смолы, лаки и др. Наиболее распространенными загустителями в настоящее время являются крахмал (пшеничный, кукурузный и отчасти картофельный), мука (пшеничная, кукурузная), бритушгум, жженый крахмал, декстрины, трагант, камеди и отчасти альбумин и глина. Загустки не должны с красителями образовывать химич. соединений, хотя могут влиять на степень их дисперсности и после закрепления красителей на волокнах должны с последних при промывке б. ч. удаляться. Крахмал под действием воды и некоторых реагентов набухает и дает коллоидный раствор—клейстер. По современным данным амилопектин (см. Крахмал) набухает при 70°, а амилоза—при 130°. Для разных видов крахмала t° клейстеризации 53—70°. При изготовлении загусток на производстве t° не превышает 100—105° (обычно 85°), следовательно при этих условиях происходит лишь набухание амилопектина; от последнего зависит вязкость крахмального клейстера. Набухание, или клейстеризация, крахмала происходит также под влиянием ряда реагентов (уксуснокислых, хлористых, бромистых и в особенности роданистых солей), причем наибольшее значение здесь имеют анионы.

Коллоидные растворы крахмалов с течением времени изменяются, «стареют» и показывают явление с и н е р з и с а; при этом происходит укрупнение частиц дисперсной фазы (сдвиг), выделение дисперсионной среды (воды) и загустка «отсекается»; после отсекания (а также замораживания) загустка теряет свои загустительные свойства и для приготовления печатных красок не м. б. использована. Крахмал под действием сильно диссоциированных к-т, кислых солей претерпевает ряд коллоидных и химич. изменений и последовательно превращается в р а с т в о р и м ы й к р а х м а л, амило-, эритро-, ахроо- и мальтодекстрины и амилоц при известных условиях в мальтозу и глюкозу. Крахмальные загустки для изготовления печатных красок, содержащих сильно диссоциированные к-ты и кислые соли, не применяются, т. к. при этом происходит изменение консистенции и уменьшение загустительной способности загустки. Однако начальные продукты воздействия к-т на крахмал, обладающие менее агрегированными частицами, находят в последнее время большое применение на ситцепечатных ф-ках, т. к. они по своим свойствам в известной степени приближаются к весьма распространенной крахмально-трагантовой загустке. Летушие слабо диссоциированные кислоты (вроде уксусной) такого действия на крахмал не оказывают, но способствуют клейстеризации крахмала. Щелочи превращают крахмал сначала в растворимый крахмал, а далее в прозрачную, желтоватую, клейкую массу — *аттаратин* (см.). Крахмальных загусток для изготовления сильнощелочных печатных красок вследствие изменения их консистенции тоже применять нельзя. Однако при известных условиях это свойство крахмала используют для изготовления загусток, приближающихся к трагантным, напр. нагреванием картофельного крахмала (муки) с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (искусственный трагант Л. Тюрина и В. Небарова) или обрабатывая крахмал на холоду концентр. раствором едкого натра (холодная загустка Г. Шагина). Окислители (NaClO , NaClO_2 , Na_2O_2 , персульфаты, пербораты и др.) тоже переводят крахмал в растворимый крахмал, изменяя при этом консистенцию его загустки. Вследствие этого крахмальные загустки не находят применения для изготовления печатных красок, содержащих окислители. Энзимы (диастаз, биолоза и др.) также расщепляют крахмал, образуя растворимый крахмал. Работами Рунге установлено, что крахмал с солями металлов (Al, Cr, Fe) образует нерастворимые в воде соединения, напр. с Al—бесцветные, с Cr—зеленоватого, а с Fe—коричневого цвета. Характер этих соединений еще не установлен. При промывке ткани они полностью не м. б. удалены и остаются на ней. Из отдельных видов крахмала наибольшее значение имеет пшеничный крахмал, дающий с водой при 62,5—68,7° клейстер—вязкую, относительно стойкую загустку, медленнее других подвергающуюся снерезису. Она обладает хорошей загустительной способностью. Из-за дороговизны пшеничного крахмала на ситцепечатных ф-ках стали применять в значительных количествах маисовый (кукурузный) крахмал; его загустительная способность несколько больше, чем пшеничного крахмала, но загустка его отсекается быстрее. Рисовый и картофельный крахмалы применяют сравнительно редко; первый из-за дороговизны, второй из-за нестойкости загустки. Концентрация крахмала в за-

густках, относимая к 1 кг или 1 л загустки, колеблется в пределах от 100 до 200 г в 1 кг (10—20%-ные растворы). Одна крахмальная загустка в чистом виде сравнительно мало применяется, т. к. она отсекается и после этого становится непригодной. Для увеличения стойкости ее смешивают с трагантом, камедью, бригитшгумом, декстрином, или же подвергают вышеуказанным обработкам к-тами или щелочами. Мука отличается от крахмала большим содержанием белковых веществ (глутена до 10%); это позволяет при более низкой t° получать клейкую загустку. Наибольшее применение находят пшеничная и кукурузная мука. Мучная загустка с трагантом применяется довольно часто для изготовления печатных красок с ледяными красителями (с диазонируемыми солями), гидросульфитными вытравками и др. Обычно загустки содержат около 200 г муки в 1 кг (20%-ные растворы). Продукты превращения пшеничного, маисового, рисового и картофельного крахмалов под действием к-т (декстрины, гоммелины и др.) и нагрева при 150—160° (жженный картофельный леягома, жженный пшеничный, жженный маисовый, рисовый крахмал, бригитшгум и др.) тоже обладают свойством давать с водой вязкие, клейкие коллоидные растворы, обладающие загустительной способностью. Жженный пшеничный крахмал, бригитшгум, декстрин (желтый) дают загустки, стойкие к щелочам, к-там, окислителям, поэтому находят широкое применение при изготовлении печатных красок, содержащих эти реагенты. Вязкость, загустительная способность их несколько меньше, а клейкость больше, чем у крахмальных загусток. Обычно концентрации их в загустках 300—500 г в 1 кг (30—50%-ные растворы). Коллоидные растворы бригитшгума и декстрина обладают также восстановительными свойствами, поэтому они находят большое применение для изготовления печатных красок, содержащих кубовые, сернистые красители, а также щелочные вытравки и др. По этой причине бригитшгумовые, декстриновые загустки непригодны для ледяных красителей (диазонируемых солей). Недостатком этих загусток является способность сравнительно быстро отсекается. Загустки эти изготовляются таким образом: отвешенный загуститель загружают в красковарный котел, прибавляют воду и нагревают при 70—80° при размешивании до получения однородной массы. Испаряющуюся воду пополняют, что применяется и при изготовлении других загусток. После этого при продолжающемся размешивании охлаждают, выливают из котла и если нужно процеживают. Растительные слизи (камеди) представляют собой засохший сок, выделяющийся из трещин коры некоторых видов акаций (камеди) и кустарников вида *Astragalus* (трагант). Трагант состоит из бассорина (трагантина) и арабиновой кислоты. Эти вещества являются коллоидами, причем бассорин в воде нерастворим, а только сильно набухает, арабиновая к-та в воде растворима и образует коллоидный раствор. Трагант обладает большой загустительной способностью, но малой клейкостью, относительно стоек к слабодиссоциированным к-там и чувствителен к щелочам, к-рые сообщают ему желтую окраску и изменяют консистенцию. Один трагант в качестве загустителя применяется мало: иногда в печатных красках, содержащих ледяные красители, восстановительные (гидросульфитные) вытравки и др. Трагантные загустки содержат

60—100 г траганта в 1 кг или 1 л (6—10%-ные растворы). Трагантную загустку приготавливают сл. обр.: трагант из расчета 60—100 г в 1 кг загружают в красковарный котел и замачивают в холодной воде в течение 12—24 ч.; по истечении этого времени набухший трагант при помешивании варят в открытых котлах (при обыкновенном давлении) в течение 6—12 ч. или в автоклавах при давлении в 1—3 *atm* в течение 1½—3 ч. После разварки трагант при помешивании охлаждают и если нужно процеживают. Работы А. Ломановича и Венецкой показали, что при замочке в воде траганта при 50—60° и размешивании в течение 12—15 ч. с последующей варкой в течение 2 ч. в открытом котле и постепенном охлаждении (после варки) в течение 6—8 ч. можно получить 3½%-ный коллоидный раствор траганта, по консистенции и стойкости не уступающий 10%-ному, и т. о. можно снизить расход траганта в загустках приблизительно на 65%. Камеди (см.) растворимы в воде и образуют вязкие коллоидные растворы с большой клейкостью, но сравнительно малой загустительной способностью. Они относительно стойки к щелочам и органич. кислотам (уксусной, муравьиной, винной). Концентрация камедных растворов обычно составляет 300—500 г в 1 кг (30—50%-ные растворы). Камедные загустки дороги и применяются обычно в тех случаях, когда печатные краски содержат нерастворимые вещества ($PbSO_4$, $BaSO_4$, каолин, ZnO и др.), некоторые резервы, вытравки и должны после печатания с волокнистых материалов легко вымываться. Недостатком этих загусток является их способность при высыхании стягивать ткани и давать нерастворимые соединения с солями некоторых металлов (например Cr). Окисные соли железа коагулируют камедные загустки, алюминиевые соли увеличивают их вязкость. Камедные загустки содержат обычно энзимы, вызывающие гидролиз (разжижение) крахмала. Камедную загустку (из аравийской или же сенегальской камеди) приготавливают таким образом: камедь загружают в открытый красковарочный котел, прибавляют воды из расчета 300—500 г камеди в 1 кг и варят при размешивании несколько часов до полного растворения камеди. В заключение следует охлаждение, выгрузка из котла и если нужно процеживание. Для получения загустки из камедей, нерастворимых в воде при обыкновенном давлении, необходима разварка их в автоклаве под нек-рым давлением. Разваренные т. о. камеди высушивают и применяют в качестве суррогатов аравийской и сенегальской камеди под названиями плиточных, кристаллических, индустриальных, эльзасских и др. Альбумин яичный (из белка яиц птиц) и кровяной (из серума крови млекопитающих) с водой образуют вязкие, клейкие коллоидные растворы, находящие применение в качестве загусток. Альбумин растворим в щелочах, а под влиянием сильно диссоциированных к-т, формалина и других реагентов, а также при нагревании выше 50—60° коагулирует. Поэтому его нельзя применять для щелочных, кислых печатных красок, а также его растворы нельзя нагревать выше 50°. Альбумин м. б. применен в качестве загустителя и закрепителя, фиксирующего (укрепляющего) на волокнах краски, красители и другие вещества, которые им были загущены, при запаривании и при обработке сильно диссоциированными кислотами, формалином и другими реагентами. Концентрация альбумина в загустках

300—500 г в 1 кг (30—50%-ные растворы). В настоящее время альбумин как загуститель потерял значение, и его применяют при печатании альбуминными красками. Альбуминную загустку готовят след. обр.: в теплую (при 30°) воду, содержащую небольшое количество скипидара и аммиака, прибавляют альбумин из расчета 300—500 г в 1 кг и оставляют на 24 часа; за это время альбумин набухает и образует коллоидный раствор; скипидар и аммиак прибавляют для предупреждения вспенивания печатных красок при печатании; для предохранения от плесневения альбуминных загусток прибавляют мышьяковоокислый натрий. Перед употреблением загустку процеживают. *Каолин* (см.), англ. глинка,—измельченный белый порошок, образует с водой тестообразную массу, к-рая иногда находит применение в качестве загустителя (обычно с другими) в нек-рых печатных красках, содержащих резервирующие вещества и др. В отношении приготовления загусток, выбора и применения их для изготовления печатных красок еще много теоретически неосвоенного, поэтому при разрешении этих вопросов приходится основываться на эмпирических данных.

Развитие коллоидной химии много способствовало теории, разъяснению ряда вопросов из области загустителей. Ж. Мюллер предложил их классификацию, основанную на степени дисперсности их коллоидных растворов—загусток. Он различает гомогенные, гетерогенные и мицеллярные загустители. Гомогенными и называются загустители, дающие при коллоидном растворении в воде загустки, состоящие из одной фазы с высокой степенью дисперсности и обладающие большой устойчивостью. Они близки к истинным растворам и отличаются от них вязкостью и отсутствием способности диализоваться. К этим загустителям относятся камеди (арабийская, сенегальская). Гетерогенными и называются загустители, дающие при коллоидном растворении в воде загустки, состоящие из двух фаз: жидкой—с частицами высокой степени дисперсности и твердой—с частицами малой дисперсности, сильно набухающими в воде. Устойчивость этих загусток обуславливается наличием высокодисперсной фазы. К этим загустителям относятся трагант. Промежуточными по свойствам между гомогенными и гетерогенными загустителями являются декстрины, бристшгум, жженый крахмал и другие продукты превращения крахмала и муки. Мицеллярные загустители образуют загустки с одной твердой фазой, обладающей малой степенью дисперсности. К этим загустителям относятся крахмалы и отчасти мука. Эти загустители неустойчивы, при стоянии происходит синерезис. Для предупреждения преждевременного синерезиса прибавляют масла (растительные, минеральные), обволакивающие частицы и не позволяющие им агрегироваться, или применяют загустители с более дисперсными частицами (трагант, камедь, бристшгум и др.), заполняющими промежутки между мицеллами и тоже не дающими последних агрегироваться. Эти взгляды Ж. Мюллера согласуются с ультрамикроскопич. исследованиями (А. Майера, Р. Галлера и др.): растворы гомогенной сенегальской камеди имеют высокодисперсные амигроны с незначительным количеством более крупных субмикронных; у гетерогенного траганта под действием воды происходит набухание более крупных частей, заметных в ультрамикроскопе в виде блестящих частиц, и растворение высокодисперсных частиц; загустка из мицеллярного пшеничного крахмала содержит крупные частицы, между к-рыми имеется жидкость с субмикронами (Галлер). При смешивании камедных загусток с крахмальными обнаружены в капиллярных каналах последних частицы камеди (Галлер). На основании этих и прежних исследований (Бючли) загусткам приписывают пористое (по терминологии Бючли—сотообразное) строение и считают, что они пронизаны капиллярными каналами, в к-рых находится дисперсионная среда, способная растворять и удерживать в этих капиллярах красители, соли и др. Этим строением повидному объясняется способность печатных красок, содержащих загустки, оставаться в гравюре печатных валов, на ткани и не расплываться. Гомогенные камедные загустки, содержащие относительно больше этих каналов, чем напр. мицеллярные крахмальные загустки, дают менее растекающиеся печатные краски, чем последние. С этой структурной точки повидному связана «коллоидная активность» загусток—способность поглощать больше или меньше количество воды (из воздуха), а также красителей, протрав и других химич. материалов. Наиболее активны в этом отношении гомогенные загустки, удерживающие наибольшее коли-

чество этих веществ, за ними следуют гетерогенные и мицеллярные загустки. Этим объясняется, что после печатания ткани печатными красками, содержащими один и тот же краситель, но разные загустители, и после заваривания и промывки напечатанных образцов полученные окраски имеют различную интенсивность: наиболее интенсивны окраски с крахмальной загусткой, затем следуют окраски с трагантиной, бристшгумовой, гоммелиновой и наименее интенсивны окраски с камедной загусткой (Н. И. Плановский).

Рецептура загусток чрезвычайно разнообразна. Загустители и другие составные части загусток берутся по весу и в рецептуре их относят («ставят») обычно (но не всегда) к 1 кг, 100 кг, 100 кг загустки или выражают в % от веса загустки. Главнейшие виды загусток следующие.

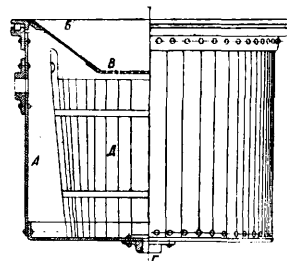
Крахмально-трагантиная загустка нейтральная: 12% пшеничного или маисового крахмала смешивают с 60% холодной воды, прибавляют 20% трагантиной загустки (6%-ной), предварительно смешанной с 8% масла (растительного или минерального). Все размешивают и подогревают до 85°. **Крахмально-трагантиная загустка** кислая: 12% крахмала, 62—50% воды, 20% трагантиной загустки (6%-ной) и 6—18% уксусной к-ты (30—32%-ной). **Трагантино-мучная загустка**: 20% пшеничной муки, 50% воды, 30% трагантиной загустки (6%-ной). **Крахмально-бристшгумовая загустка**: 8% крахмала смешивают с 8% воды, добавляют 25% бристшгума, 59% воды и нагревают. **Шелочная камедная загустка**: 50% камедной загустки (50%-ной) обрабатывают 50% раствором едкого натра (45° Вё) при 25°.

Печатные краски кроме загусток и красителей содержат, в зависимости от свойств красителей и назначения печатных красок, к-ты, щелочи, вытравляющие вещества, окислители, восстановители, резервирующие вещества (глинку) и соли различных к-т, танни и другие химические материалы, а также масла (растительные и минеральные).

Печатные краски содержат также масла, сообщающие им пластичность и мягкость, глицерин в качестве гигроскопич. вещества, скипидар и керосин для предупреждения вспенивания и антисептич. вещества (фенол, формалин и др.), предохраняющие от плесневения. Эти вещества прибавляют довольно часто уже в загустки. Печатные краски бывают в ареные, если они изготовляются одновременной варкой загустителя с красителем и нек-рыми химич. материалами, и складные (чаще применяемые), когда отдельно готовят загустки, а затем их смешивают при обыкновенной t° с растворами красителей и другими ингредиентами. Печатные краски изготовляют концентрированными—цельными, называемыми также матками. Для печатания обычно применяют менее концентрированные, разбавленные печатные краски, называемые купюрами (делениями), получаемые из маток разбавлением их загустками. Купюры обозначают дробью, напр. $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{3}{2}$ и т. д., где числитель показывает число вес. ч. матки, а знаменатель—число вес. ч. загустки, смешанных между собою для образования купюры. В виду того что загустка обладает коллоидностью и способна связывать нек-рую часть ингредиентов (протравы, гидросульфит и др.), необходимых для образования окраски на волокне, при купировании матки загусткой в последнюю прибавляют кроме загустителя некоторое количество этих веществ, напр. солей металлов (Al, Cr, Fe) при протравных красителях, таннина при основных, гидросульфита при кубовых и т. д. Печатные краски, содержащие красители с одинаковыми красильными свойствами, часто смешивают для получения модных цветов, мод или с ер и й. Обычно сначала смешивают матки, а затем их купюруют загустками. При изготовлении

печатных красок все составные их части, как при загустках, отвешивают (на весах) и относят (ставят) в рецептурах (если это представляется возможным) к 1 кг, 10 кг, 100 кг краски или выражают в % от веса печатной краски. Для предупреждения высыхания печатных красок, особенно изготовляемых в запас, их поверхность покрывают слоем масла (растительного, минерального) или керосина. Для экономии в расходе печатных красок Р. Галлер предложил использовать печатные краски, остающиеся на щетках шасси ситцепечатных машин. С этой целью щетки помещают в закрытые металлич. ящики, в к-рых они (щетки) приводятся в быстрое вращательное движение от привода; при этом центрифугированием краска со щетки сбрасывается и собирается в ящичке, откуда ее выпускают через отверстие, находящееся в дне ящичка. Остатки разных печатных красок используют для изготовления темных и черных красок. Загустки, печатные краски, протравы и плюсы, необходимые для печати, изготовляют в к р а с к о в а р к а х (печатных лабораториях), составляющих важную часть всякой печатной или набивной ф-ки. Главнейшее оборудование красковарки состоит из красковарных котлов (варочных котлов), автоклавов, цедилок, краскотерок, фильтров (простых) и фильтрпрессов и др. К р а с к о в а р н ы е к о т л ы применяют для варки загусток и печатных красок при обыкновенном давлении; они представляют собой открытые луженые медные котлы, снабженные двойными стенками (рубашкой) для обогрева паром во время варки загусток и охлаждения водой во время расхолаживания. Котлы снабжены одной или двумя механич. мешалками, имеющими часто сложное планетарное движение: вокруг своей оси и по периферии круга котла. Для опораживания малые котлы можно повернуть вокруг горизонтальной оси вручную, а большие—с помощью зубчатой передачи. Пар и вода поступают в рубашку через полые цапфы, являющиеся одновременно и осями, вокруг к-рых вращается котел. Паровая рубашка в нижней части имеет край для выпуска пара, конденсата и воды. Емкость красковарных котлов колеблется от нескольких л до 1 000 л. Для варки загусток обычно применяются котлы в 400—600 л, а для печатных красок—100—300 л. Автоклавы применяются для варки под давлением загусток, трудно или вовсе не разваривающихся при обыкновенном давлении (камедь Гатти, трагант и др.). Они представляют собой медные или железные закрытые котлы, снабженные двойными стенками (рубашкой) для обогрева паром и охлаждения водой, механич. мешалкой, и могут поворачиваться вокруг горизонтальной оси с помощью зубчатой передачи. Материалы задают через лаз, находящийся в верхнем днище котла, готовая загустка выпускается под давлением пара через спускное отверстие, находящееся в дне котла. Лаз во время варки загустки закрывается крышкой. Емкость автоклавов 250—1 000 л. Ц е д и л к и применяют для процеживания загусток, печатных красок, а также растворов протрав, плюсов, красителей. Механич. щеточные цедилки бывают в 1 или 2 кисти, с помощью к-рых процеживают печатные краски, загустки через тонкие шелковые, волосяные или металлич. (медные) сита. Процеженные загустки, печатные краски собираются под ситами в ушаты. Вакуум-цедилки (фиг. 15) состоят из медного

или железного открытого цилиндрич. сосуда А, сверху плотно закрываемого (с помощью болтов) крышкой В, имеющей вид воронки. Дно крышки представляет сито В, покрытое фильтрационным материалом (миткалем, бязью и др.). Сосуд соединяется с помощью патрубков Г с вакуум-насосом, выкачивающим воздух из сосуда. Во время процеживания в сосуд помещают ушат Д, закрывают крышкой, наливают печатную краску в воронку и соединяют сосуд с вакуум-насосом. Процеженная печатная краска, загустка собирается в ушате. После окончания процеживания сосуд соединяют с атмосферным давлением, открывают крышку и вынимают ушат с краской. Иногда ушата не ставят, а просто цедают краску в сосуд, выпускаемая ее периодически через спускное отверстие. Кроме механических и вакуум-цедилок применяют ручное процеживание через сита с помощью щеток или продавливают краску через холщевые конич. мешки с помощью двух палок. Процеживание загусток и печатных красок—очень важная операция, т. к. при этом печатным краскам сообщается однородность, удаляется песок и другие твердые частицы, вызывающие многочисленные браки при печатании на машинах. Краскотерки и применяются для растирания печатных красок, содержащих нерастворимые вещества, как например минеральные краски, каолин и др. К этим машинам относятся



Фиг. 15.

к р а с к о т е р н ы е м е л ь н и ц ы и краскотерные машины (см.). Обычно применяются трехвальные краскотерки с гранитными валами. Ф и л ь т р ы применяют для фильтрации протрав, плюсов, растворов красителей и др. Фильтры бывают обыкновенные, представляющие собой деревянные, установленные на четырех ножках четырехугольные рамы, на которые натягивают миткаль, бязь, льняное полотно, а также ф и л ь т р п р е с с ы. Для изготовления, смешивания—разделки печатных красок, загусток, для хранения их в красковарке имеются деревянные ушаты в 20, 40, 60 и 80 л, бочки в 250 л и чаны емкостью 300—1 000 л. Для разлики печатных красок, загусток применяются медные и деревянные ковши емкостью в 1—2 л. П р о в о д к а волокистых материалов после печатания. Волокистые материалы после печатания (ручного, машинного, аэрографного и др.) и сушки подвергаются ряду последующих обработок, называемых п р о в о д к а м и, имеющими целью закрепление красителей (см.) на волокнах и удаление с поверхности волокон загусток, химич. материалов, не закрепившихся красителей, входивших в состав печатных красок. Основной операцией, входящей в число проводок, является з а п а р и в а н и е в атмосфере влажного пара при $t^{\circ} \sim 100^{\circ}$

в *запарках* (см.) для закрепления главн. обр. протравных, хромировочных, субстантивных, основных красителей и альбуминовых красок и в *зрельниках* (см.) для сернистых, кубовых красителей, черного анилина, вытравок и резервов. Иногда перед запариванием протравных красителей и черного анилина в запарках, для предупреждения ослабления хлопковых тканей их пропускают через *наша ты р ны й а п п а р а т* (наша ты р ны й к), камеру, наполненную аммиаком. Для окончательного закрепления нек-рых красителей или завершения реакций окисления после запаривания применяют обработку солями различных кислот и других химических материалов в зависимости от рода печатных красок: напр. для закрепления основных красителей (с таннином) обрабатывают раствором рвотного камня, для кубовых, сернистых красителей и черного анилина пропускают через раствор хромпика (в присутствии уксусной к-ты или соды), при лейкотропных вытравках по индиго обрабатывают горячим раствором силиката натрия и др. Эти обработки производят в зависимости от рода, а гл. обр. от стадии механич. обработки волокнистых материалов в разнообразных *п р о м ы в н ы х м а ш и н а х*. Для промывки хл.-бум. тканей вращивку применяют проходные аппараты, состоящие обыкновенно из 9 ящиков: в первом помещают раствор химич. материалов для закрепления красителей, в следующих—растворы мыла, соды, горячую и холодную воду. Для мыловки и промывки хлопковых тканей жгутом применяются *ж г у т о в ы е м а ш и н ы* («тройки» или «шестерки»), а также *ж г у т о в ы е б а р к и* (с натянутым и свободным жгутом и др.). Указанную обработку тканей после печатания и крашения производят в *з а в а р о ч н ы х о т д е л е н и я х*, или *з а в а р к а х*, ситцепечатных фабрик.

Теории закрепления красителей на волокнах при печатании в основном близки к теориям крашения этими красителями. Однако наличие в печатных красках коллоидов загусток известным образом отражается на свойствах и условиях закрепления красителей на волокнах, например наличие загустки в печатной краске позволяет здесь применять более концентрированные растворы красителей, чем при крашении. В отличие от крашения алizarином с алюминевой протравой в красный цвет по однованному способу, не дающему пока удовлетворительных результатов вследствие образования нерастворимого лака, печатание по этому способу осуществляется сравнительно легко и лака при этом не образуется. При печатании краска несколько вдавливается в волокнистые материалы, но большая ее часть находится на поверхности волокна. При сушке происходит удаление воды и сближение составных частей печатной краски. Галлер даже предполагает, что при этом происходит частичное лакообразование (при основных и протравных красителях). При запаривании в зрельнике или в атмосфере горячего влажного пара происходит набухание волокнистого материала и загустки, последняя кроме того при этом разжижается и иногда даже несколько гидролизуется (при наличии соответствующих химич. материалов в печатных красках). Краситель закрепляется на волокне, в загустке остаются небольшие количества красителя, удаляемые при промывке.

Подготовка волокнистых материалов к печатанию. В зависимости от ро-

да и стадии механич. обработки волокнистых материалов подготовка их к печати несколько различается: хлопок, лен, пенька, джут в виде пряжи или ткани подвергаются полному белинию. Искусственный шелк в виде мотков и тканей отваривают или промывают в мыльных, содовых растворах и иногда отбеливают. Для получения четких нерастекающихся узоров в нек-рых случаях искусственный шелк обрабатывают раствором уксуснокислого алюминия. Шерсть (преимущественно камвольную, чесаную ленту, платки, ткань) промывают и иногда отбеливают. Для увеличения яркости окрасок, а также для устранения восстановительной способности шерсти ее перед печатанием хлорируют, т. е. обрабатывают растворами гипохлорита натрия или кальция с последующей предварительной или одновременной обработкой серной к-той. После хлорирования шерсти следует основательная промывка. Для увеличения яркости окрасок нек-рых основных красителей (гл. обр. ксантоновых), красных, розовых, шерстяные, полшерстяные и нек-рые хлопковые ткани, платки подвергают процессу *с т а н н и р о в а н и я*, заключающемуся в осажении на волокнах SnO_2 путем предварительной обработки раствором оловяннонатриевой соли и последующей обработкой раствором серной или соляной к-т. Станнирование производится после белиния, промывки шерсти, полшерсти, хлопка и после хлорирования шерсти. Шелк в виде мотков, пряжи, тканей обесклеивают, отваривают и иногда отбеливают. В нек-рых случаях (для шелка в мотках) находят применение предварительной обработке раствором уксуснокислого алюминия. Смешанные волокнистые материалы, напр. *п о л у ш е р с т я н ы е т к а н и* (хлопок и шерсть), сначала промывают в мыльно-содовых растворах, отбеливают, хлорируют и иногда станнируют; *п о л у ш е л к о в ы е т к а н и* (хлопок, шелк) отваривают в мыльных растворах, отбеливают; ткани, изготовленные из хлопка и искусственного шелка, слегка отваривают и отбеливают, а изготовленные из шерсти (или шелка) и искусственного шелка промывают (отваривают) и отбеливают. Кроме химич. обработок волокнистые материалы в виде тканей подвергают перед печатанием механич. обработкам: *с т р и ж к е* на стригальных машинах для удаления волосков и торчащих концов волокон, *о ч и с т к е* от пуха на пухоочистительных машинах и в большинстве случаев *н а к а т к е* на ролики на накатных машинах; для хлопковых тканей количество кусков в ролик может доходить до 72. Хлопковые ткани с начесом подвергаются *н а ч е с у* на чесальных машинах. При печатании *с е т о к* и *к л е т о к* необходимо нити утка и основы в тканях расположить перпендикулярно друг к другу, чтобы избежать получения перекошенных фигур. С этой целью ткани подвергают *п р а в л е н и ю* утка на ширительно-расправительных рамах.

Непосредственное (гладкое) печатание волокнистых материалов. Печатание кислотными красителями находит значительное применение для животных волокнистых материалов, особенно шерсти, т. е. кислотные красители обладают хорошей эгалационной (ровно окрашивающей) способностью, а окраски их отличаются яркостью и в некоторых случаях удовлетворительной прочностью, например часть из них довольно прочна к свету, воде, поту, трению. Кроме того

способы печатания кислотными красителями относительно просты и дешевы.

Печатание шерсти. Печатные краски содержат краситель (3—4%, для черных—до 10%), воду (в качестве растворителя), к-ты (преимущественно органические: щавелевую, винную, лимонную, муравьиную или уксусную); при плохо эгализирующих красителях вместо к-т применяют их аммониевые соли, напр. оксалат аммония $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4]$, при запаривании разлагающиеся на к-ту и аммиак; сильно диссоциированных к-т, вроде H_2SO_4 , избегают, т. к. они действуют разрушительным образом, особенно при машинном печатании, на хлопковые подкладки и ракли. H_2SO_4 и NaHSO_4 иногда используют при ручном печатании. Для увеличения прочности окрасок к воде нек-рых красителей в печатные краски прибавляют соли алюминия: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3$. Прибавление в печатные краски танина способствует ровноте печати. Для предохранения от восстановительного действия шерсти, особенно отражающегося на черных азокрасителях, в печатные краски вводят окислители (например NaClO_2 в количестве 5 г на 1 кг). Загустки должны легко вымываться из шерсти после закрепления на ней красителей и быть стойкими к к-там, поэтому здесь в качестве загустителей наибольшее значение имеют бриллишгум, декстрин, трагант, камеди и отчасти крахмал. Печатные краски содержат иногда глицерин, скипидар и другие компоненты. Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 0,5—5% красителя растворяют в 41% горячей воды в присутствии 1% глицерина, после чего смешивают с 30% трагантовой загустки (6%), 20% бриллишгума сухого и нагревают до получения однородной массы; после охлаждения прибавляют 0,5—3% щавелевой к-ты или щавелевокислого аммония. Проводка шерсти после печати и сушки заключается в запаривании в атмосфере влажного пара обыкновенно при 100° в течение $\frac{3}{4}$ —1½ ч., промывке холодной водой, отжиме и сушке.

Печатание шелка кислотными красителями производится в общем аналогично шерсти, однако здесь прочность окрасок несколько хуже, чем на шерсти. Для увеличения прочности окрасок в печатную краску иногда прибавляют алюминиевые квасцы или уксуснокислый алюминий или обрабатывают шелк растворами этих солей до печатания. Проводка шелка после печати тоже ничем существенным не отличается за исключением запаривания, к-рое обычно производят при менее влажном паре, чем при шерсти. Закрепление кислотных красителей на шерсти и шелке происходит во время запаривания. Наиболее вероятной теорией закрепления повидимому является химическая теория солеобразования между аминокруппами кератина шерсти и фибрина шелка с к-той (анионом) красителя; этому закреплению способствуют к-ты или аммониевые соли (см. *Крашение кислотными красителями*).

Печатание на растительных волокнистых материалах кислотными красителями как общее правило не производится. Исключением являются некоторые красящие фталеиновые красители (эозин, бенгальская роза и др.), которыми печатают хлопок по рецептам протравных красителей с протравами (уксуснокислым хромом, алюминием и др.). Иногда кислотными красителями печатают на джуте и ацетатном шелке.

Печатание хромировочными красителями применяется для животных волокнистых материалов, гл. обр. шерсти, особенно в тех случаях, когда к прочности окрасок (к свету, мытью, поту и др.) предъявляют повышенные требования. Печатные краски состоят из красителей, воды (в качестве растворителя), органич. к-т (щавелевой, уксусной и др.) или их аммониевых солей, протрав (уксуснокислого и фтористого хрома, уксуснокислого алюминия, уксуснокислого железа и др.) и загусток. Для загусток применяют бриллишгум, декстрин, трагант; камеди здесь имеют меньшее применение, т. к. они с солями металлов (особенно хрома) образуют нерастворимые трудно удаляемые с волокон соединения. Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 0,5—3% красителя растворяют в 51% горячей воды в присутствии 2% глицерина, после чего смешивают с 26% бриллишгума (сухого) и варят до получения однородной массы; после охлаждения прибавляют 1,5% фтористого хрома, растворенного в 8,5% воды, 5% щавелевокислого аммония и 0,5% NaClO_2 , растворенного в 2,5% воды. Проводка шерсти и шелка после печати и сушки заключается в запаривании (в запарке) в течение $\frac{3}{4}$ —1½ ч. при $t^\circ \sim 100^\circ$, промывке в воде, отжиме и сушке. Закрепление хромировочных красителей на животных волокнах при печатании происходит тем же путем, что и при крашении (см. *Крашение хромировочными красителями*).

Печатание субстантивными красителями применяется гл. обр. для животных и смешанных волокон (полушерстяных, полушелковых тканей, изготовленных из шерсти, шелка и растительных волокнистых материалов). См. *Крашение субстантивными красителями*. Прочность окрасок к мытью, и особенно к воде, у субстантивных красителей несколько больше, чем у кислотных, однако эгализационная способность у них хуже, поэтому их применяют главным образом для контуров и в меньшей степени для грунтовых рисунков. Для печатания на растительных волокнистых материалах (хлопок, искусственный шелк за исключением ацетатного) субстантивные красители применяются сравнительно редко из-за недостаточной прочности к мытью и воде. Для лучшего закрепления красителей иногда в печатные краски прибавляют альбумин. Проводка после печати и сушки сводится к запариванию в течение $\frac{1}{2}$ —1 ч., причём глицерин из-за гигроскопичности создает благоприятные условия для закрепления красителей. Растительные волокна после запаривания обычно не промывают вследствие недостаточной прочности окрасок и сразу подвергают отделке. В случае промывки во избежание сбегания красителя к промывной воде прибавляют поваренную соль или сернокислый алюминий.

Печатание протравными красителями находит значительное применение для растительных волокон, гл. обр. в С. Объясняется это повышенной прочностью окрасок (к свету, мытью, воде и др.). Печатание растительных волокон производится по двум способам: запарном у, заключающемся в том, что печатают краску, содержащую загущенные красители и протравы, а затем запаривают, и заварном у, при к-ром сначала печатают лишь загущенные протравы, закрепляют их сушкой или пропуском через зрельню, затем заваривают и окрашивают протравными красителями.

Запарный способ, наиболее распространенный в настоящее время, в зависимости от применяемых протрав (Al, Cr, Fe и др.) дает ряд вариантов. Печатание с алюминиевыми протравами в настоящее время ограничивается ализарином и нек-рыми ализариновыми красителями, причем с ализарином печатание может производиться на маслованой ткани, предварительно проплюсованной раствором *ализаринового масла* (см.) или на немаслованой ткани, но с прибавлением в печатную краску жирнокислых соединений (лизароль и др.), образующих нерастворимые соединения с протравами (Al, Cr, Sn и др.) лишь при запаривании. В настоящее время наибольшее значение имеет печатание ализарином в красный и розовый (роза) цвет. Примером печатной краски с лизаролем и ализарином для красного цвета может служить следующий рецепт: 17% ализарина (в виде 20%-ной пасты), 2,5% касторового масла, 1,5% молочной к-ты, 39% крахмально-трагантовой загустки смешивают и варят; после охлаждения прибавляют 15% молочнокислого алюминия (19° Вё), 12% молочнокислого олова (20° Вё), 5% уксуснокислого кальция (15° Вё) и 7,5% лизароля. Розу получают купированием печатной красной краски до $\frac{1}{30}$ и более или же ее изготавливают самостоятельно. Все материалы, входящие в состав печатных красок для ализарина красного и розы, не должны содержать солей железа, т. к. с последними ализарин образует лак фиолетового цвета, сообщающий тусклый оттенок. По этой причине применяют медные ракли, стальные же покрывают спиртовым раствором шеллака, в печатные краски при этом вводят роданистый алюминий и алюминиевые оловянные протравы и другие вещества, предохраняющие краски от соединения с железом и предупреждающие образование фиолетового лака окисного железа с ализарином. Ализарин, как впрочем и все трудно растворимые протравные красители, необходимо вводить в печатную краску в виде тонко измельченной пасты, получаемой растворением красителя при нагревании в растворе едкого натра и обратным осаждением соляной или другой кислотой. Проводка тканей после печатания и сушки заключается в однократном (для розы) или двукратном (для ализарина красного) запаривании по $\frac{3}{4}$ —1 ч. в запарках при обыкновенном или несколько повышенном давлении, промывке, мыловке при 60° (в мыльных тройках) и опять промывке (см. *Краснение протравными красителями*).

Печатание с хромовыми протравами и очень распространено на ситцепечатных ф-ках и производится исключительно на немаслованой ткани и без жирнокислых протрав. Печатные краски содержат крахмально-трагантовую загустку. Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 3% красителя растворяют в 24% воды и смешивают с 60% кислой крахмально-трагантовой загустки, нагревают и после охлаждения прибавляют 3% уксусной к-ты (30%-ной) и 10% уксуснокислого хрома (20° Вё). Нек-рые галловые красители (галлоцианин, галломорской синий и др.) для лучшего закрепления и получения ярких оттенков переводят в лейкосоединения прибавлением в печатную краску ронгала и т. а., восстанавливающего красители при запаривании. Проводка после печати и сушки заключается в запаривании в течение $\frac{3}{4}$ —1 $\frac{1}{2}$ ч. при обыкновенном давлении, мыловке при 60° и промывке. Нек-рые протравные красители—галловые, восстановлен-

ный черный (кармин) из гематина и др.—закрепляются и при запаривании в зрельнике в течение 5—15 мин. При печатании с хромовой протравой наиболее часто применяются различные ализариновые красители, кампешевый и грушковый и другие растительные экстракты.

Печатание с железными, никелевыми и смешанными протравами производится значительно реже, чем с хромовыми и алюминиевыми протравами. С железными протравами (сернокислым, уксуснокислым железом, древесным настоем и др.) обычно печатают ализарином в фиолетовый цвет, виридоном (нитрозобетанафтолом) в оливковый цвет, динитрозорезорцином в зеленый цвет, гематином (кампешем) в черный цвет. Кроме того иногда находят применение смешанные протравы—смесь Al, Sn, Ca, смесь Cr и Fe, а также Cr и Ni и др. В последние годы предложены протравные красители—эргановые, эрганоновые, эрганиловые. Печатные краски содержат красители, воду, загустку и муравьиную к-ту. Проводка после печати и сушки заключается в коротком запаривании в зрельнике (3—5') или пропуске через слабо щелочной раствор соды и сернокислого натрия при 40—50°.

Печатание на животных волокнах (шерсти, шелка) производится гл. обр. с хромовыми и отчасти алюминиевыми и железными протравами без жирнокислых протрав. Печатные краски содержат краситель, воду, органич. к-ты или их аммониевые соли, протравы (Al, Cr, Fe, Ca, Sn) и загустки (бритишгумовую, декстриновую, крахмально-трагантовую). Проводка после печати и сушки заключается в запаривании в течение $\frac{3}{4}$ —1 $\frac{1}{2}$ ч. и промывке в воде.

Печатание основными красителями и применяется для растительных и животных волокон (печатание на шерсти и шелке). Печатные краски содержат раствор красителя, уксусную к-ту (в качестве растворителя), загустку (бритишгумовую, декстриновую, трагантовую и отчасти крахмальную). Иногда для увеличения прочности окрасок (к мытью, воде) прибавляют танин. Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 0,5—3% красителя растворяют в 36—26% горячей воды в присутствии 2% глицерина и 10% уксусной к-ты (6° Вё), смешивают с 30% трагантовой загустки (6%) и 20% бритишгума и варят до получения однородной массы; после охлаждения прибавляют 1% винной к-ты и 0,5—8% раствора танина в уксусной к-те (1 : 1). Проводка шерсти и шелка после печати и сушки аналогична проводке при печатании кислотными красителями. Основные красители обладают сравнительно малой прочностью окрасок к свету, мытью и применяются из-за яркости гл. обр. для печатания шелка (см. *Краснение основными красителями*).

Печатание растительных волокон (хлопка, льна, искусственного шелка и др.) в настоящее время производится с танином или заменяющим его закрепителем ИТ, катанолом О, W. Печатные краски с танином обычно состоят из красителей (до 3%), растворителей (воды, уксусной к-ты, ацетина, спирта и других веществ, способствующих растворению красителей и предупреждающих образование лака в печатной краске), гигроскопич. веществ (глицерин, глицин и др.), танина в виде раствора в уксусной к-те, спирте, анилине и др. (1 : 1) и загусток (гл. обр. кислой крахмально-трагантовой, крахмально-бритишгумовой, бритишгумо-

вой, камедной). Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 2% красителя растворяют в 22,5% горячей воды в присутствии 7,5% уксусной к-ты (6° Вё), смешивают с 60% кислой крахмально-трагантовой загустки, после охлаждения прибавляют 8% раствора таннина в уксусной к-те (1 : 1). Проводка после печатания и сушки заключается в запаривании (запарке) $\frac{3}{4}$ —1 ч. при 100°, пропуске через раствор рвотного камня (2—5 г в 1 л при 30—35°), легкой мыловке и промывке холодной водой. Для очистки белых мест, слегка закрашенных основным красителем, пропускают через слабый раствор гипохлорита натрия, а затем на сушильные барабаны. При обычной рецептуре введение рвотного камня в печатную краску вызывает лакообразование; предложены однако способы приготвления печатных красок в присутствии резорцина, позволяющие применять рвотный камень или соли цинка совместно с основным красителем и таннином. Необходимо отметить способ закрепления основных красителей без запаривания введением монохлоруксусной к-ты в печатную краску, содержащую краситель, уксусную к-ту, таннин, загустку. Печатание с помощью катанола О, W и закрепителя ИТ производится по различным способам: ткань предварительно плюсуют раствором катанола О, W или закрепителя ИТ, высушивают и печатают краску, состоящую из раствора красителя, уксусной к-ты и загустки, высушивают и запаривают или же эти операции выполняют в обратном порядке—сначала печатают загущенный уксуснокислый раствор красителя, высушивают, а затем пропускают через раствор катанола О, W или закрепителя ИТ. Такие относительно сложные способы печатания обуславливаются тем, что прибавление катанола или закрепителя в печатную краску вызывает лакообразование. Для предупреждения лакообразования предложено несколько способов, позволяющих вводить в печатные краски эти вещества: по способу Сазанова—краситель с помощью едкого натра переходит в карбинольное основание, не образующее лака с закрепителем и катанолом; на ткани печатают краску, высушивают и пропускают через зрельник и слабый раствор уксусной к-ты: при этом карбинольное основание обратно переходит в краситель, образующий лак на волокне с катанолом или закрепителем. По другим способам в печатную краску вводят фенол, молочную, уксусную к-ту, растворяющие лак красителя с закрепителем (Филиппов); Харац предлагает сначала к-тами (H_2SO_4) выделить т. н. смолу закрепителя, растворить ее в спирте в присутствии фенола и ввести в печатную краску, содержащую раствор красителя и загустку, и наконец по способу Серебренниковой закрепитель переводят в продукт конденсации с формалином, не реагирующий в печатной краске при обыкновенной t° с красителем, особенно в присутствии резорцина. При пропуске через зрельник происходит улетучивание растворителей или же разрушение формальдегидного соединения красителя с закрепителем ИТ и закрепление основного красителя на волокне. Окраски этими красителями на растительных волокнах тоже обладают малой прочностью (к свету, мытью и др.) и все же находят применение из-за их яркости (см. *Крашение* основными красителями).

Печатание сернистыми красителями производится исключительно на расти-

тельных волокнах, гл. обр. хлопковых тканях. Крашение этими красителями заключается в обработке растительных волокон в красильном растворе, содержащем натриевые соли лейко-соединений—продуктов восстановления сернистых красителей,—с помощью Na_2S . В таком виде осуществить печатание сернистыми красителями нельзя, так как Na_2S , находящийся в печатной краске, будет разрушительно действовать на медные валы с образованием CuS , которая кроме того, попадая в печатную краску и на ткань, может вызвать каталитически ослабление целлюлозного волокна. В связи с этим предложено несколько способов, позволяющих применять сернистые красители, избегая разрушения печатных валов. Способ Харчева основан на применении т. н. сернистой восстановительной пасты, или редуционной пасты, представляющей продукт взаимодействия сернистого натра с формалином в присутствии бисульфита натрия. Эта паста не действует разрушительным образом на медные валы и обладает восстановительными свойствами, гл. обр. при запаривании в зрельнике. Печатные краски состоят из сернистого красителя, глицерина, смазывающих веществ (контакта Т, ализаринового масла и др.), едкого натра, сернистой пасты и загустки (преимущественно британшгумовой и крахмально-британшгумовой). Примером печатной краски может служить следующий рецепт: 4—6% красителя хорошо растирают с 6% глицерина (технического), 4% раствора едкого натра (40° Вё) в присутствии смазывающих веществ и прибавляют 30% сернистой пасты и 56—54% крахмально-британшгумовой загустки (из мансового крахмала). Вместо сернистой пасты Саввичев предлагает пасту, отличающуюся от предыдущей тем, что вместо формалина применяется глюкоза или картофельная патока. Для нек-рых сернистых красителей вместо Na_2S применяют другие восстановители: напр. ронгалит С (формальдегид, сульфоксилат натрия); причем можно печатные краски приготавливать с предварительным восстановлением $Na_2S_2O_4$ в присутствии ронгалита С или без предварительного восстановления с помощью одного ронгалита С. В качестве восстановителей находят также применение глюкоза в присутствии едкого натра и гидрат закиси олова. Проводка хлопковой ткани после печатания сернистыми красителями и сушки заключается в пропуске через восстановительный (безвоздушный) зрельник при температуре 100—105° в течение 4—8 минут и окислении в растворе хромпика и уксусной к-ты, промывке и мыловке (см. *Сернистые красители*).

Печатание кубовыми красителями находит значительное применение для растительных волокнистых материалов, преимущественно в С. из-за яркости, хорошей, иногда и выдающейся прочности окрасок (к свету, мытью, воде, поту и пр.). В зависимости от рода кубовых красителей способы печатания несколько отличаются друг от друга. Печатание кубовыми антрахиноновыми красителями производится почти исключительно по запарному способу и иногда по способу с проявлением $NaOH$. Запарный способ состоит в том, что на хлопковой ткани печатают краску, содержащую краситель, восстановители ($NaHSO_3$, $HCO_3 \cdot 2H_2O$, $Na_2S_2O_4$), щелочи ($NaOH$, $NaClO_3$, K_2CO_3) и загустку (преимущественно британшгумовую, крахмально-британшгумовую, камедную), высушивают и для закрепления красители запаривают 4—8 мин.

в восстановительном зрельнике в атмосфере влажного пара при 100—105°. При этом краситель под влиянием ронгалита С восстанавливается в лейкосоединение, растворяется в щелочи с образованием соли. Соли лейкосоединений обладают коллоидным характером, субстантивными свойствами, адсорбируются и закрепляются на целлюлозном волокне. По выходе из зрельника закрепленное лейкосоединение окисляется в краситель при пропуске через раствор хромпика и уксусной к-ты, после чего следует промывка и мыловка для увеличения яркости окрасок. В зависимости от применяемых щелочей в печатных красках различают натронный способ (с NaOH), содовый (с Na_2CO_3), поташный (с K_2CO_3). Применение NaOH в печатных красках вредно отражается на подкладке и медных валах, вызывая постепенное разрушение их, поэтому во всех случаях, где это по свойствам применяемых красителей возможно, NaOH заменяют Na_2CO_3 и K_2CO_3 . В некоторых случаях для растворения лейкосоединения применяют NaOH, но затем избыток его нейтрализуют NaHCO_3 (бикарбонатный способ). Различные свойства кубовых антрахиноновых красителей заставляют составлять печатные краски с предварительным восстановлением красителя ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) и без предварительного восстановления. В обоих случаях кроме того применяется еще ронгалит С. В первом случае краситель (в виде порошка или пасты) тщательно растирают с глицерином и щелочью в присутствии смачивающих веществ, смешивают с загусткой, прибавляют гидросульфит натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) и нагревают до 60° до восстановления красителя. После охлаждения прибавляют ронгалит С. По этому способу в качестве щелочи применяют NaOH, Na_2CO_3 , K_2CO_3 и NaHCO_3 . По второму способу краситель тщательно растирают с глицерином, смачивающими веществами и щелочью, смешивают с загусткой и без предварительного восстановления красителя прибавляют ронгалит. Иногда в печатные краски прибавляют с о л ю ц и о н н у ю с о л ь (натриевую соль бензилсульфаниловой кислоты), способствующую получению более интенсивных и ярких окрасок. Действие ее по видимому (Лихтенштейн) сводится к уменьшению поглощения загусткой красителей.

Способ печатания кубовыми антрахиноновыми красителями с проявлением состоит в том, что на хлопковой ткани сначала печатают краску, содержащую краситель, восстановители (SnCl_2 , FeSO_4), винную и молочную к-ты, загустку, а после высушивания ткань проявляют ($\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$) в растворе едкого натра (18—20° Вё) при 75—80°. Образующиеся при этом гидраты закисей олова и железа восстанавливают краситель в лейкосоединение, к-рое растворяется в NaOH, адсорбируется и закрепляется целлюлозным волокном. В заключение следуют промывка, кислотка и опять промывка, во время к-рых следует окисление лейкосоединения в краситель, растворение и удаление окислов железа, олова и др. Проявительный способ находит применение преимущественно в кустарной пром-сти, т. к. печатание кубовыми красителями можно производить без зрельника и без гидросульфитов. Печатание кубовыми и индигоидными красителями производится неодинаково: для тех из них, к-рые приближаются по свойствам к кубовым антрахиноновым, способы печатания ничем от последних не отличаются. Другая часть по свойствам

вам приближается к индиго (см.). Печатание индиго производится гл. обр. по гидросульфитному способу, причем индиго (в порошке) тщательно растирают в присутствии смачивающих веществ (ализаринового масла, некала) с глицерином и раствором едкого натра до получения тонко измельченной пасты, при 60° задают ронгалит, а после растворения охлаждают и прибавляют щелочную бриташигумовую загустку. Этой краской печатают напр. на хлопковой ткани, высушивают, после чего запаривают ее в зрельнике 4—5 мин. При этом происходит восстановление индиго в лейкоиндиго, растворение его в едком натре и адсорбирование целлюлозным волокном. Закрепление индиго происходит при окислении лейкоиндиго, при промывке или пропуске через раствор хромпика и уксусной к-ты. Иногда применяют глюкозный способ, состоящий в том, что ткань предварительно плюсюют раствором (20—25%-ным) глюкозы, высушивают и печатают краску, содержащую индиго и щелочь; после сушки пропускают через зрельник; здесь под влиянием глюкозы в щелочной среде происходит восстановление индиго в лейкоиндиго и закрепление его на волокне. Интересно отметить, что по способу Эльберса можно получить серую окраску индиго, если на ткани напечатать краску, содержащую индиго, оливковое масло и загустку и запарить в течение 1½—2 ч. в запарке. Кубовые индигоидные красители, близкие по свойствам к индиго и не требующие сильно щелочной среды для изготовления печатных красок, находят также применение для печатания шерсти и шелка. Печ а т а н и е г и д р о н о в ы м и к р а с и т е л я м и, промежуточными по свойствам между сернистыми и кубовыми красителями, в общем аналогично печатанию кубовыми антрахиноновыми красителями. Наиболее распространен способ печатания гидроновыми красителями с едким натром или поташом с предварительным восстановлением $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Печатание индигозолями — натриевыми солями серноокислых эфиров кубовых (преимущественно индигоидных) красителей — находит все возрастающее применение для растительных волокон (гл. обр. хлопковых тканей). Печатание производят по запарному и нитритному способам. Запарной способ состоит в том, что на хлопковой ткани печатают краску, содержащую раствор индигозоля, NH_4CNS или $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$, окислители (NaClO_3), катализаторы (NH_4VO_3) и загустку (крахмально-трагантовую); после печати и сушки ткань пропускают через зрельник при 100°, а затем промывают, мылуют. При запаривании в зрельнике происходит разложение аммониевых солей, выделяющих HCNS или $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, действующих омыляющим образом в присутствии окислителей на индигозоли, превращающиеся при этом в кубовые красители, закрепляющиеся на целлюлозном волокне. Для ускорения процесса окисления, а также для предохранения волокна от ослабления в печатные краски прибавляют катализаторы (например NH_4VO_3). Нитритный способ отличается от предыдущего способа тем, что печатные краски содержат раствор индигозоля, нитрит натрия и загустку; после печатания и сушки следует пропуск через раствор серной к-ты (30 г в 1 л) в течение 15'' при 25—30°. При этом происходит омыление индигозоля в присутствии окислителя (HNO_2) и закрепление красителя на волокне. В заключение следуют промывка и мыловка (см. *Крашение кубовыми красителями*).

Печатание черным анилином. Черный анилин образуется на волокнистых материалах (гл. обр. хлопковых тканях) в виде черного нерастворимого в воде соединения при окислении в кислой среде солей анилина с помощью окислителей в присутствии катализаторов—веществ, способствующих более быстрому окислению и направляющих окисление на соли анилина, а не на волокно. Свободный анилин (анилиновое масло), а также растворы его в малодиссоциированных органич. к-тах, а также в нейтральной или щелочной среде, не способны окисляться в черный анилин, поэтому необходимо применять соли анилина сильно диссоциированных к-т, преимущественно соль хлористоводородной к-ты—**а н и л и н о в у ю с о л ь**. Печатные краски состоят из солей анилина (гл. обр. солянокислого анилина), иногда свободного анилина (для нейтрализации к-т), окислителей (NaClO_2), катализаторов (CuS , ванадиевых солей K_4FeCu_6 и др.) и загустки (преимущественно крахмально-трагантовой или крахмальной). В зависимости от применяемых катализаторов печатные краски, а также проводка после печатания несколько отличаются друг от друга. В способе Лейфута и Лаута применяют в качестве катализатора сернистую медь (в виде пасты, получаемой из CuSO_4 и Na_2S). Применяется сравнительно редко, т. к. забивает гравюру валов, кроме того приходится часто чистить ракля, а иногда она вызывает ослабление волокон. Витц в качестве катализатора предлагает метаванадиевокислый натрий, а Г. Шмидт—хлористый ванадий; печатные краски с ванадиевыми солями малостойки и сравнительно быстро окисляются. Шмидлин предложил смесь PbSO_4 и CuS в качестве катализатора. Проводка после печати и сушки в этих способах заключается в пропуске ткани через *зрельни* (см.) или зрельник до 5'; затем идет промывка и мыловка. Наибольшее значение в настоящее время имеет запарной способ (Прюдомы), в к-ром в качестве катализатора применяется K_4FeCu_6 . Печатные краски содержат анилиновую соль, анилин, NaClO_2 , K_4FeCu_6 и загустку (крахмально-трагантовую). Проводка хлопковой ткани после печати и сушки состоит в запаривании в зрельнике в течение $1\frac{1}{2}$ —2 мин., последующем окислении раствором хромпика в присутствии соды или к-ты, промывке и мыловке. Все вещества (солянокислый анилин, NaClO_2 , K_4FeCu_6 и др.), участвующие в образовании черного анилина, представляют кристаллоиды, молекулярнодиссоциированные соединения; волокном они не выбирают, а лишь пропитывают его. При запарном способе при запаривании в зрельнике при 100° происходит окисление анилиновой соли лишь в нигранилин-эмеральдин, закрепляющийся на волокне. Окисление его в черный анилин происходит по выходе из зрельника при пропуске через раствор хромпика и соды (или к-ты). Печатные краски содержат обычно 40—114 г анилина, 25—62 г NaClO_2 и 38—67 г K_4FeCu_6 на 1 кг краски. Благодаря работам Н. Вознесенского и М. Чиликина удалось снизить содержание анилина в нек-рых случаях до 40 г в 1 кг, причем соляную к-ту в этих красках берут лишь в количестве, необходимом для образования солянокислого анилина, а свободного анилина эти краски не содержат. K_4FeCu_6 прибавляют в количестве, необходимом для нейтрализации взятой соляной к-ты. Снижения анилина достигают также введением в печатные краски т. н. усилителей, напр. усилителя К, КМ (Ключаре-

ва) [1, 3-диамино-6, 3 (или 2)-диметилазобензола], а также эймола (смеси анилина и аминоксидола). Эти вещества способствуют лучшему окислению анилина, а кроме того при окислении они сами превращаются в окрашенные соединения, углубляющие черный цвет черного анилина. Для предохранения от ослабления целлюлозного волокна при действии кислот и окислителей во время запаривания или зреления тканей в печатные краски вводят вещества, нейтрализующие, выделяющиеся при запаривании к-ты и принимающие окисление на себя, а не на волокно. К таким веществам между прочим относится коллагин (смесь парафенилендиамина и роданистого аммония). Иногда вместо анилина применяется парааминодифениламин (дифенил черный—основание), образующий черный анилин с большей красотой черного цвета, и кроме того волокно при этом меньше ослабляется. Черный анилин находит значительное применение в С. и в нек-рых случаях для печатания шелковых и полшелковых тканей (с хлопком). Аналогично черному цвету можно получить коричневый при печатании параамином (парафенилендиамином).

Печатание ледяными или нерастворимыми азокрасителями в настоящее время почти исключительно применяется для растительных волокнистых материалов преимущественно в С. Нерастворимые азокрасители образуются на волокне при сочетании диазониевых солей ароматич. аминов с нафтолами (β -нафтолом, нафтолами группы AS). В зависимости от способа и последовательности нанесения на ткань диазо- и азосоставляющих различают три способа печатания. Первый, наиболее распространенный способ заключается в том, что сначала ткань плюсоут раствором нафтолята (15—25 г в 1 л β -нафтола или 6—24 г в 1 л нафтолов группы AS), высушивают при t° не выше 60°, а затем печатают краску, состоящую из раствора диазониевой соли амина, загустки (гл. обр. трагантно-мучной или трагантовой) и уксуснокислого натра. Проводка ткани после печати и сушки заключается в промывке теплой водой, горячей мыловке (60—100°), обычно жгутом в мыльных тройках, и промывке холодной водой. Вместо аминов применяют готовые стойкие диазониевые соли прочных оснований, т. н. **к р а с и л ь н ы е с о л и** (IG). Закрепление ледяных красителей происходит при химической реакции сочетания на волокне нафтолятов с диазониевыми солями аминов, причем нафтоляты адсорбируются волокном и некоторые из них (нафтолы группы AS), обладая субстантивными свойствами, закрепляются на волокне. Этот способ можно применять при многоцветной печати различными ледяными красителями для крупных (грунтовых) рисунков (см. *Краснение ледяными и красителями*). Второй способ состоит в том, что сначала на ткани печатают краску, состоящую из загущенного нафтолята (β -нафтола или нафтолов группы AS), высушивают, а потом пропускают через раствор диазониевой соли амина, промывают водой, мылуют (при 60°) и опять промывают. Этот способ применяют редко, преимущественно для паранитранилина, для мелких рисунков и одноцветной печати. При третьем способе на ткани печатают краску, состоящую из смеси нафтолятов и диазониевых солей. Основан этот способ на применении стойких диазониевых солей, преимущественно *нитроаминов* (см.), не реагирующих с нафтолятами в печатной краске и вступающих в сочета-

ние лишь при запаривании в зрельнике, завешивании на воздухе (под влиянием CO_2) и при действии уксусной к-ты. При этом происходит превращение нитрозаминов в синдиазосоединения, вступающие в сочетании с нафтолятами и закрепляющиеся на волокне. Первые попытки применить смесь β -нафтолятов с нитрозамином паранитранилина не дали удовлетворительных результатов, т. к. эти нитрозаминны не были стойкими и разлагались уже в печатной краске; несколько лучшие результаты были получены с нитрозаминном паранитроортоанизидина. Однако наибольшее распространение в последнее время этот способ получил лишь после введения в С. т. н. рапидпрочных красителей (IG). Печатные краски состоят из рапидпрочного красителя и загустки (крахмально-трагантной). Проводка ткани после печати и сушки заключается в пропуске через зрельник при 100° (3—5 мин.) или раствор уксусной к-ты или в завешивании на воздухе, промывке и горячей (при 100°) мыловке.

Печатание минеральными красками, лаками, металлическими порошками. Минеральные краски представляют нерастворимые в воде неорганич. соли или окислы, образуемые на волокнах обменным разложением соответствующих солей или осаждением гидратов оснований металлов иногда с последующим окислением. В настоящее время печатание минеральными красками применяется редко и число их очень ограничено. Хромовый желтый (т. н. желтый крон) получают на хлопковой ткани при печатании загущенного раствора уксуснокислого свинца и др., сушке (иногда запарке), пропуске сначала через раствор гидрата окиси кальция для получения $\text{Pb}(\text{OH})_2$ или через раствор Na_2SO_4 для получения PbSO_4 , а затем через раствор хромпика для образования PbCrO_4 . При пропуске окрасок хромовым желтым через горячий раствор гидрата окиси кальция образуется основной хромоокислый свинец оранжевого цвета (ранжа). Коричневый — марганцевый быстрый получается на хлопковой ткани при печатании загущенного раствора MnCl_2 , сушке и пропуске через раствор NaOH для образования $\text{Mn}(\text{OH})_2$, а затем через раствор белильной извести для окисления в MnO_2 . Бланжа, или шамуа, часто применяется в С. для головных платков) для получения желтого-коричневого цвета (обыкновенно в рапорт с черным анилином). На ткани печатают загущенный раствор (декстрином, камедью, трагантом) уксуснокислой закиси железа (или древесного настоя), высушивают, закрепляют гидрат закиси железа запариванием в зрельнике (или завешиванием на воздухе), а затем подвергают горячей мыловке и окислению (раствором белильной извести) для образования гидрата окиси железа. Берлинская лазурь м. б. получена действием раствора $\text{K}_4\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_6)_3$ на фиксированный на волокне гидрат окиси железа. Готовые минеральные краски (PbCrO_4 , берлинская лазурь, ультрамарин, киноварь, сажка и др.), а также *лики краски* (см.) и металлич. порошки (бронза, алюминий и др.) м. б. закреплены на хлопковых тканях с помощью альбумина (см. *Альбуминовые краски*), казеина; при запаривании происходит коагулирование альбумина, казеина, а следовательно закрепление на волокне этих красок и нерастворимых соединений. Для этого иногда применяют также олифу (масляные краски), растворы серикозы (уксуснокислых эфиров цел-

люлозы) и бакелиты. Закрепление красок с помощью этих веществ основано на том, что при сушке (а иногда пропуске через зрельник) происходит улетучивание растворителей и серикоза и бакелиты коагулируют и фиксируют краски на волокне.

Печатание вытравок — см. *Вытравка* и *Вытравные краски*.

Печатание резервов. Для получения узорчатой расцветки на окрашенных волокнистых материалах, гл. обр. хлопковых и отчасти шерстяных и шелковых тканях, можно до крашения (плосования, протравления и печатания, а в нек-рых случаях до закрепления красителей, протрав) нанести на ткани составы, предохраняющие от образования окрасок в тех местах, где эти составы нанесены. Такой способ расцветки называют резервированием, или резервом, а составы, применяемые для этой цели, — резервными красками, или резервами. С помощью резервов можно получать на ткани или белые узоры — бели — или цветные узоры — расцветки; при этом путем введения в резервные краски разных ингредиентов — протрав, красителей, на которые не действуют резервы, получают на резервированных местах другую окраску. Действие резервов м. б. механическим, если они предупреждают закрепление красителя, не давая красильным растворам плюсом смачивать и проникать в те части ткани, где они напечатаны. Эти резервы называют также *ватами* (см.); в их состав входят трудно смачивающиеся вещества — жиры, стеарин, воски, смолы, глина, серноокислый свинец и др. Резервы могут действовать химически на красители, протравы, вступая с ними в химич. реакции, приводящие к разрушению, осаждению красителя или переводу его в такие соединения, в виде к-рых он не может закрепиться на волокнах. Иногда резервы действуют механически и химически.

Наиболее старинным способом резервирования является печатание механических резервов (вап), к-рые находили применение уже в древние века (например при крашении индigo, печатании батина, бандхана, голгас и др.). Способы химического резервирования появились в 18 в. и развитие их связано успехам текстильной химии. Эти способы чрезвычайно разнообразны и зависят исключительно от свойств применяемых красителей. Наибольшее значение в настоящее время имеют резервы в С.

К главнейшим видам резервов относятся следующие. Резервы под печать основными красителями. На хлопковой ткани печатают резервную краску, содержащую молочнокислую сурьму или натриевый рвотный камень, высушивают; затем «перекачивают» — печатают грунтовым (плюсовым) валом (сплошь гравированным штрихами) печатную краску, содержащую основной краситель, танин и загустку, и опять высушивают. При запаривании в запарке ($\frac{2}{3}$ —1 ч.) происходит осаждение избытком сурьмяной соли танина и вследствие этого на тех местах, где была напечатана резервная краска, основной краситель закрепиться не будет. После проводки через раствор рвотного камня и промывки на ткани получают белые узоры на цветном фоне. По этому способу можно получить также расцветки, прибавляя в резервную краску субстантивные или протравные красители. Резервы под розу (купюр ализарина с алюминиевой протравой) носят название розового переката и заключаются в том, что на ткани, предварительно плюсованной раствором ализаринового масла и высушенной, печатают резервную краску, содержащую лимонную к-ту, серноокислый цинк,

глинку и загустку (обычно камедную). Иногда одновременно печатают розовые и красные узоры с помощью красок, содержащих ализарин с алюминиевой протравой. После высушивания перекатывают розу—печатную краску, представляющую купюр ализарина красного с алюминиевой протравой,—и опять высушивают. Во время запаривания ($\frac{3}{4}$ —1 ч.) в тех местах, где напечатана резервная краска, происходит образование легко растворимой алюминиеволимонной соли, осаждение серноокислым цинком других протрав—оловянной, кальциевой, входящих в состав розовой печатной краски; поэтому в этих местах не происходит образования сложного лака аизарина с алюминиевыми, кальциевыми, оловянными солями и жирными к-тами, и после промывки, мыловки в этих местах получаются белые узоры на розовом фоне, а рядом с ними розовые и красные узоры. Резервы под сернистое крашение (плюсы) одно время находили большое применение на ситцепечатных ф-ках. Расцветки с о с н о в н ы м и к р а с и т е л я м и получают с помощью танина, катанола, закрепителя ИТ или Zn_2FeCu_6 . В резервную краску, содержащую $ZnCl_2$, вводят основной краситель, танин и резорцин, предупреждающий образование лака в печатной краске. Этой краской печатают хлопковую ткань, высушивают, запаривают в зрельнике (обычно 2 раза), плюсюют раствором сернистого красителя, промывают, кислуют и опять промывают. При этом основной краситель образует лак с танином, фиксируется на волокне, а $ZnCl_2$ резервирует эти места от окрашивания сернистым красителем. Для получения расцветок с помощью л е д я н ы х к р а с и т е л е й ткань плюсюют напр. β -нафтолятом, высушивают, печатают резервную краску, содержащую $ZnCl_2$, а также и диазониевую соль амина (паранитроортоанизида или др.), высушивают, плюсюют раствором сернистого красителя, промывают, кислуют и т. д. Расцветки п р о т р а в н ы м и к р а с и т е л я м и получаются введением в резервную краску наряду с $ZnCl_2$ некоторых протравных красителей и протрав (напр. уксуснокислого хрома). Проводка аналогична предыдущему. Расцветок нек-рых к у б о в ы м и к р а с и т е л я м и достигают (по способу Краснопресненской мануфактуры) введением в резервную краску кубовых красителей, восстановителей (ронгалита, гидросульфита) и щелочи (NaOH). Во избежание осаждения хлористым цинком также кубовых красителей вводят в печатную краску избыток NaOH для образования основного хлористого цинка, не осаждающего кубовых красителей и резервирующего сернистые красители. После печатания резерва и сушки пропускают через зрельник, плюсюют раствором сернистого красителя, промывают, кислуют и опять промывают.

Резервы под крашение кубовыми красителями, особенно индиго, основаны гл. обр. на применении механич. резервов (вап) и отчасти химических. Для получения бели печатают резервную краску, содержащую трудно смачивающееся вещество—сало, стеарин, глинку, медные соли ($CuSO_4$ и др.) и загустку (камедную и др.), затем высушивают и погружают в раствор индигового куба. Каолин, сало и др. механически защищают ткань от проникновения раствора соли лейкоиндиго, а медные соли ($CuSO_4$ и др.) окисляют его в индиго, к-рое, осаждаясь на поверхности резерва, тоже не пропускает красильного раствора. После кра-

шения следует окисление на воздухе (в ы з р е в а н и е) индиго и промывка. Желтые и оранжевые расцветки получают введением в резервную краску серноокислого или азотнокислого свинца. Голубая расцветка получается окрашиванием ткани в индиговом кубе сначала в голубой цвет, а затем после печатания резерва—в более интенсивный синий цвет. При этом получают п о л у р е з е р в, т. н. д в у х к у б о в ы й т о в а р, имеющий голубые узоры на синем фоне. Иногда голубую расцветку получают введением в резервную краску раствора берлинской лазури в шавелевой к-те. В прежнее время были довольно распространены с а к с о н с к и е а р т и к у л ы, представляющие резервные расцветки с помощью ализарина (с алюминием, железом и другими протравами) под индиговое крашение, получаемые по заварному и запарному способам.

Под индиговое крашение можно получить резервные расцветки основными, кубовыми (с помощью лудигола), ледяными красителями. Нек-рые кубовые красители (индантрен синий RS), а также гидроновые резервируются $ZnCl_2$ аналогично сернистым красителям. Особенно распространены бели и красные расцветки ледяными красителями под крашение индантrenom синим RS и гидроновым синим. Резервы под индигозолевые плюсы основаны на печатании восстановителей (ронгалита гидросульфита NF), а также аммониевых солей слабо диссоциированных органич. кислот, которые при запаривании в зрельнике будут препятствовать омылению и окислению индигозолей. Прибавляя нек-рые основные кубовые красители, можно получить расцветки этими красителями под индигозолевые плюсы.

Резервы под крашение л е д я н ы м и к р а с и т е л я м и основаны на применении восстановителей [$SnCl_2$, K_2SO_3 , танина, едкого натра, $Al_2(SO_4)_3$ и др.], препятствующих образованию азокрасителей при сочетании с нафтолами диазотированных аминов при пропуске нафтолированной ткани через диазорастворы. Наибольшее значение имеют $SnCl_2$ и K_2SO_3 , восстанавливающие диазониевые соли в фенилгидразин, не образующий красителя с β -нафтолом; кроме того $SnCl_2$ осаждает β -нафтол из нафтолята, тоже не реагирующий с диазониевыми солями. Усиливают это действие лимонная и винная кислоты. Кроме бели с помощью $SnCl_2$ и K_2SO_3 можно получить резервные расцветки *альбуминными красками* (см.) и особенно основными красителями. Для закрепления последних в печатную краску вводят танин, а в нафтольный плюс—рвотный камень. Ткань плюсюют β -нафтолятом, высушивают и печатают резервы—бел, расцветки,—высушивают и пропускают через зрельник, а затем через раствор диазониевых солей (напр. паранитранилина, α -нафтиламина и др.), в заключение промывают и мылуют. Кроме $SnCl_2$, K_2SO_3 иногда применяют для резервирования танин, образующий нерастворимые соединения с диазониевыми солями, к-рые поэтому не сочетаются с нафтолятами. По этому способу (Лангера, Рольфа) получают яркие расцветки с основными красителями, вводя их в резервные краски. Гандурин предложил резервировать паранитранилиновый красный печатанием загущенного раствора едкого натра на нафтолированной ткани, под влиянием которого диазониевая соль паранитранилина переходит в нитрозамин, неспособный к сочетанию с

β -нафтолом. В последнее время стали применять резервные расцветки ледяными красителями под ледяное крашение, напр. ткань плюсют нафтолятом AS, высушивают и печатают диазониювую соль прочного красного GL (основания) в присутствии относительно большого количества $Al_2(SO_4)_3$; последний осаждает избыток нафтолята, оставшегося после сочетания его с диазониювой солью, поэтому при пропуске через диазориствор дианизидина в тех местах, где находилась резервная краска, сочетания не происходит и получаются красные узоры на синем фоне.

Резервы под черный анилин основаны на применении уксуснокислых солей натрия, цинка, магния, щелочей и восстановителей, препятствующих окислению в зрельнике анилина (в черный анилин). Действие уксуснокислых солей и щелочей заключается в том, что они превращают соли анилина (напр. солянокислый анилин) в анилин, не окисляющийся в черный анилин, а восстановители парализуют действие окислителей, находящихся в составе плюса. Ткань плюсют черноанилиновым плюсом (Прюдом), высушивают, печатают резервы, опять высушивают и пропускают через зрельник ($1\frac{1}{2}$ —2 минуты), после чего обрабатывают раствором хромпика, промывают и мылуют. Кроме бели можно получить резервные расцветки с помощью основных, субстантивных, сернистых, кубовых, ледяных и альбуминовых красителей. Расцветки основными красителями м. б. получены с помощью танина, катанолов, закрепителя, а также с Zn_2FeCu_6 , Sn_2FeCu_6 . В резервную краску, содержащую наряду с резервирующими веществами цинковые, оловянные соли, прибавляют раствор основного красителя. Последний фиксируется на ткани при запаривании в зрельнике с помощью Zn_2FeCu_6 или Sn_2FeCu_6 , образующихся при взаимодействии цинковых солей с K_4FeCu_6 , входящим в состав черноанилинового плюса. Расцветки по этому способу ярки, но непрочны к свету, поэтому чаще применяют танин, катанол и закрепитель ИТ. Ткань плюсют раствором танина, катанола или закрепителя, высушивают, плюсют черноанилиновым плюсом, опять высушивают, печатают резервную краску, содержащую основной краситель (а иногда и рвотный камень), высушивают и пропускают через зрельник, после чего обрабатывают хромпиком и промывают. Для исключения предварительного плюсования танином, закрепителем Дональд предложил вводить в черноанилиновый плюс танин, а в резервную краску—рвотный камень; П. Сазанов предлагает в резервную краску вводить одновременно катанол и краситель, но в присутствии едкого натра, переводящего основной краситель в карбинольное основание, не реагирующее с катанолом; лишь при пропуске ткани через зрельник и слабый раствор уксусной кислоты происходит образование лака основного красителя с катанолом и закрепление его на ткани. Расцветку ледяными красителями производят так: ткань плюсют сначала β -нафтолом, высушивают, печатают краску, содержащую диазониювые соли (например паранитранилина) и цинковые соли, высушивают, обрабатывают раствором соды и промывают, опять высушивают и плюсют черноанилиновым плюсом. В местах, где фиксированы ледяные красители и $ZnCO_3$, происходит резервирование черного анилина. Расцветки с помощью

рапид-прочных красителей имеют малое применение (из-за ореолов), но рапидоген (нитрозамин прочного GG-основания) с нафтолом AS-G дает яркую желтую расцветку под черным анилином.

В преннее время большое распространение имели резервные расцветки альбуминовыми красками (см.). На ткани, оплосованной черноанилиновым плюсом, печатают резервные краски, содержавшие альбумин, минеральные лавовые краски. При пропуске через зрельник происходило резервирование черного анилина и фиксирование на ткани минеральных красок, вследствие коагулирования альбумина. Во всех приведенных примерах резервов под черный анилин ткань сначала плюсовали черноанилиновым плюсом, а затем печатали резервные краски; существует однако способ, называемый за в о л о к о й, заключающийся в том, что сначала на ткани печатают резервы, а затем плюсют черноанилиновым плюсом.

Печатание резервов на шерстяных и шелковых тканях находит в настоящее время небольшое применение и ограничивается преимущественно химич. резервами с помощью цинковой пыли и бисульфата натрия, оловянной соли, гидросульфита, и механическими (на шелке) с помощью сплавов смол, восков, жиров, стеарина и др. Резервирование цинковой пылью (и $NaHSO_3$), $SnCl_2$ и ронгалитом заключается в том, что на ткани печатают краску, содержащую эти резервы, высушивают и печатают грунтовым валом (перекачивают) краску, содержащую красители, выгравливающиеся (восстанавливающиеся) этими резервами (некоторые кислотные, субстантивные и др.), после чего опять высушивают, запаривают 1 час, промывают, если нужно кислоту и опять промывают. Для получения расцветок к резервным краскам прибавляют красители, стойкие к восстановителям (некоторые основные, кислотные и др.). Резервирование с помощью сплавов канифоли, воска, стеарина и др. состоит в печатании на шелковой ткани резервной краски, высушивание и крашение в красильном растворе при t° не выше 35° . Для этой цели применяют индиго, основные и некоторые кислотные красители. После крашения и промывки резервирующие вещества (воск и др.) удаляют растворением их в бензине и других растворителях. Выбор красителей для печатания обуславливается видом волокнистого материала (хлопок, лен, шерсть, шелк, искусственный шелк, смешанные волокна и др.), назначением товара (подкладочный, рубашечный, плательный, платочный и др.), прочностью окрасок, стоимостью товара, стадией механической обработки (ткань, пряжа, чесаная лента и др.), способом печати (ручная, машинная, аэрографная печать) и др.

Печатание на хлопке. Наибольшее значение и распространение имеет печатание тканей—ситцепечатание. Подготовка тканей к печати заключается в опаливании, в очистке (распшихтовке), отварке, отбелке, стрижке, очистке от пуха, накатке на ролики (или укладке в пакки), иногда (при печатании клеток, полос) в ширении, а для чесаного товара еще и в ворсовке. Непосредственное (гладкое) печатание находит в С. наибольшее применение, причем в зависимости от назначения, сорта тканей и т. п. печатают протравными, основными, кубовыми, ледяными, сернистыми, субстантивными, минеральными (альбуминовыми) красителями и черным анилином. В настоящее время большим распространением пользуются восстановительные вытравки, главным образом гидросульфитные, с помощью которых получают белую по ледяному (паранитранилину, α -нафтиламину, паракоричневому и др.) и субстантивному кра-

шению. Для расцветок применяют основные, нек-рые протравные (галлоцианины, ализарин, восстановленный черный и др.) и кубовые красители. Печатают механические резервы (вап) под индиговое крашение находят применение гл. обр. в ручной набойке. Различают следующие группы торговых сортов напечатанных хлопковых тканей в зависимости от их назначения: ситцевая, бязевая, сатиновая группы, плательная группа—демисезонные (гарус, саржа), летние (фуляр, армюр, вольта, батист), зимние (бумазая, фланель), одеждажная группа (трико, молескин), подкладочная (ластик, саржа), азиатская группа (ситец, чалма и др.), платочная (платки головные, носовые) и рубашечная группа и др. Для облегчения калькуляции напечатанных тканей совершенно условно классифицируют их по номерам в зависимости от сложности рисунка, вальности, расхода краски, сложности расцветки и др. Напр. №№ 1, 2, 3—ткани с простым рисунком (полоски, горошек), №№ 4, 5—крытый одновальный и двухвальный рисунок и простой трехвальный, №№ 6, 7—простые и сложные многовальные (до № 8) рисунки, № 8—многовальный групповой рисунок, № 9—бель по индиго (светлому) и № 10—все остальные сорта. Расход печатной краски на 1 кусок хл.-бум. ткани (42,7 м) до 3 кг, обычно 750—1 200 г.

Печатание на хлопковой пряже в мотках применяется в настоящее время редко. Пряжу отваривают в растворе соды, отбеливают и иногда слегка шлихтуют (подкрамвливают) во избежание растечек печатных красок. Печатают обычно основными, протравными, субстантивными, кубовыми, ледяными красителями и черным анилином. В ы т р а в к и применяют почти исключительно восстановительные (гидросульфитные, с SnCl_2) по субстантивному и леядному крашению. В нек-рых случаях печатают чулочные изделия вручную или на печатных машинах по способам, в общем мало отличающимся от печатания хлопковой ткани и пряжи. Печатание на льне и пеньке производится гл. обр. на тканях (мебельных, скатертях и др.) вручную, а также с помощью аэрографа. Перед печатанием ткани отбеливают, печатают обыкновенно прочными красителями—кубовыми (индантренами), протравными, ледяными, черным анилином и реже основными. Вытравки применяют восстановительные (гидросульфитные) по субстантивному крашению—бель и расцветки (основными и кубовыми красителями). Из резервов печатают механические (вапы) под индиговое крашение.

Печатание на джуте. Перед печатанием джут отваривают в растворе соды и отбеливают. Печатают обыкновенно кислотными, основными, субстантивными и редко протравными красителями.

Печатание на искусственном шелке. Печатание на вискозном, медноаммиачном и нитрошелке, представляющих регенерированную целлюлозу, в общем сходно с печатанием на хлопке; производится оно преимущественно в виде тканей и отчасти пряжи в мотках. Подготовка к печатанию заключается в овалке, очистке (расшлихтовке), отварке в растворах мыла и соды и редко в отбелке. Печатание осуществляется вручную, на печатных машинах и с помощью аэрографа основными (с таннином, катанолом, закрепителем), протравными, субстантивными, кубовыми, ледяными красителями и черным анилином. Вы-

травки здесь применяют восстановительные (гидросульфитные) по субстантивному и леядному крашению—бель и расцветки основными и кубовыми красителями. Иногда печатают резервы под черный анилин (бель и расцветка основными и кубовыми красителями). Печатание на ацетатном шелке, представляющем уксуснокислые эфиры целлюлозы, не сопряжено с теми затруднениями, как его крашение, причем многие красители, неприменимые для крашения, здесь находят применение. Однако при печатании на ацетатном шелке встречаются с затруднением получения четких с резкими контурами рисунков из-за диффузии красителей на волокне после печати. Кроме обычных красителей—основных (с таннином), протравных и кубовых—для печатания ацетатного шелка применяют специальные красители—целлитоновые, целлитон-прочные и целлит-прочные. Подготовка ацетатного шелка к печати (в виде тканей и пряжи в мотках) заключается в промывке в мыльно-содовых растворах. Печатные краски состоят из растворов или суспензов красителей в воде или органич. растворителях (напр. ацетоуксуснокислом эфире) и загустки (обыкновенно камедной). Проводка после печатания и сушки состоит в запаривании, в запарке $\frac{1}{2}$ —1 час и промывке в воде. Вытравки по целлитоновым и целлитовым окраскам производятся по гидросульфитному способу, причем здесь получают бель и расцветки основными и протравными красителями.

Печатание на шерсти производится главным образом в виде камвольных тканей, платков, флагтуха (ткани для флагов), пряжи в мотках (для ковров, трикотажа и др.) и камвольной ленты (печать Вигуре) вручную на печатных машинах и аэрографом. Подготовка к печати заключается в промывке (в мыльно-содовых растворах), иногда отбелке (SO_2 , H_2O_2), хлорировании (кроме камвольной ленты) и станнировании. Наиболее распространено непосредственное печатание основными кислотными, субстантивными, хромировочными и протравными красителями (редко кубовыми). Вытравки применяют восстановительные (гидросульфитные, Zn-пылью и SnCl_2) для получения бели и расцветок (нек-рыми кислотными субстантивными и основными красителями) по кислотному, субстантивному и отчасти хромировочному крашению. В нек-рых случаях печатают резервы (с помощью Zn-пыли и NaHSO_3 гидросульфитов) под печать кислотными красителями.

Печатание на шелке производится на тканях и пряже в мотках, вручную, на печатных машинах и часто аэрографом, и в общем оно находит применение на шерсти. Подготовка шелка к печати сводится к отварке (обесклеивание) и редко отбелке. Чаще всего применяется непосредственное печатание основными (с таннином и без него), кислотными, субстантивными, хромировочными, протравными красителями, а иногда кубовыми и черным анилином. Вытравки преимущественно печатают восстановительные (гидросульфитные с SnCl_2 и Zn-пылью) по кислотному, субстантивному крашению для получения бели и расцветок (некоторые основными и кислотными красителями). Резервы применяют в тех случаях, когда вытравки дают малоудовлетворительные результаты. Резервы распространены гл. обр. механические (вапы) с помощью смол, воска и др. под крашение индиго и другими кубовыми красителями, а также основными и кислотными

(при t° крашения не выше 30° в течение от 10 мин. до $1\frac{1}{2}$ час.); применяются также химич. резервы с цинковой пылью и NaHSO_3 или с гидросульфитами под печатание некоторыми кислотными и субстантивными красителями.

Печатание на смешанных волоконистых материалах, состоящих из двух и более различных видов волокон, производится преимущественно на тканях вручную, на печатных машинах и аэрографом. Способы печатания разнообразны в зависимости от применяемых волокон: смешанные ткани, изготовленные из растительных волокон, хлопка и льна (полульняные), готовят к печати и печатают аналогично льняным, а ткани из хлопка и искусственного шелка готовят и печатают аналогично искусственному шелку. Смешанные ткани, состоящие из растительных и животных волокон—полушерстяные (хлопок и шерсть), подвергают мойке, иногда отбелке, хлорированию и станированию и печатают кислотными, субстантивными, основными (с танином), протравными и иногда кубовыми красителями аналогично шерстяным тканям. Полушелковые ткани (шелк и хлопок) отваривают, редко отбеливают и печатают основными (с танином), субстантивными, кислотными, протравными, а иногда кубовыми красителями и черным анилином. Ткани, изготовленные из шерсти или шелка с искусственным шелком, промывают в мыльно-содовых растворах и печатают основными (с танином), субстантивными и протравными красителями. Печатание смешанных тканей, состоящих из животных волокон (шерсти и шелка), производится аналогично шерсти и шелку, гл. обр. основными, кислотными и субстантивными красителями.

Лит.: Шапошников В., Общая технология волоконистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; Петров П., Викторов П., Малютин Н., Химическая технология волоконистых веществ, Ив.-Вознесенск, 1928; Федоров С., Руководство по белению, крашению и печатанию хлопчатобумажных, шерстяных и шелковых изделий, М., 1923; Георгиевич Г., Химич. технология волоконистых веществ, пер. с нем., СПб, 1913; Орлов Н., Основные начала крашения и печатания, Киев, 1911; Пирай-Козиц А., Отбельно-красильно-набивной промысел, СПб, 1913; Сиволобов А., Красильное искусство, СПб, 1904; Липатов С., Коллоидхимия. основы крашения, Ив.-Вознесенск, 1928; Зворыкин А. и Фролов С., Ситен, Ив.-Вознесенск, 1925; Холд А., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделки в текстильной промышленности, пер. с англ., М., 1929; Райс П., Успехи текстильной химии, пер. с нем., Л., 1926; Ругли П., Практикум по крашению и анализу красителей, пер. с нем., Л., 1929; Прюдом М., Крашение и печатание, пер. с франц., СПб, 1896; Соболев В., Набойца в России, История и способ работы, М., 1912; Ост Г., Химич. технология, пер. с нем., 2 изд., Л., 1931; Герцог Р., Искусственный шелк, пер. с нем., М., 1929; Красочная фабрика Фарберек, Краткое руководство для набивки растительных и животных волокон, 1923; Калачев А., Лебедев А., Морозов В., Сборник отчетов производственных экскурсий, Москва, 1930; Вознесенский И. Н., Печатание, Москва, 1927; Кириштин Б. и Хоредкин И., Заварка, Иваново-Вознесенск, 1929; Лебедев И., Приготовление плюсов и красок в ситцепечатном деле, Ив.-Вознесенск, 1928; Гильман А., Печатание и отделка хлопчатобумажных тканей, М.—Л., 1931; Ландеховский П. и Тюрин П., Печатные машины, Ив.-Вознесенск, 1928; Спичин М., Как печатается ситен, Л., 1932; е го же, Брани ситеннабивных машин, Л., 1932; Кириштейн Б., Спутник красочника, М.—Л., 1931; Рогиנסкая Ф., Советский текстиль, Москва, 1930; Вознесенский И. Н., Крашение и печатание (лабораторный практикум), Москва, 1930; Разумов Н. и Шмелев М., Черный анилиновый краситель в печатно-нафтолярованном товаре, «ИТТ», 1929, 1, стр. 70; Шангин Г., Холодный способ приготовления загусток, там же, 1929, 1, стр. 72; Поздеев М., О загустках, там же, 1928, 3; Тюрин Л. и Небаров В., Искусственный трагант, там же, 1928, 9; Викторов И. и Пономарев В., К вопросу влияния анилов протрав на оттенок красного ализаринового лака, там же, 1927, 21—22; Ключарев С. и Марков С., К во-

просу рационализации рецептуры черноанилиновых красок, там же, 1929, 6; Вознесенский И., Запарный черный анилины, там же, 1926, 29—30; Чиликин П., О черном анилине, там же, 1925, 32—33; Малютин Н., О составе нафтолов ряда АS, оснований и рапидпрочных красок, там же, 1926, 5; Борисов А., Важнейшие факторы методов ситцепечатания, там же, 1928, 1; Браун П., К вопросу о расцветке черноанилинового крашения, там же, 1928, 1; Чиликин П., Заказы и расписания по производственным приказам, там же, 1928, 2; Сазанов П. и Светляков К., К вопросу о влиянии нейтральных солей на закрепление протравных окислов хрома и алюминия в запарте, там же, 1928, 6; Харац С., Новый способ применения закрепителя Т в печати, там же, 1928, 6; Руденко Л., Расцветки индигозолями по черноанилиновому фону, там же, 1928, 9; е го же, Расцветки индигозолями по хромовым плюсам, там же, 1928, 17; Разумов В. и Кононов А., Печатная машина в 3 краски для работы без челда, там же, 1930, 12; Прохоров И., Практика применения индигодных красителей в печати, там же, 1930, 4—5; Ломанович А. и Венецкая Е., Изучение условий варки траганта, там же, 1930, 3; Аурер Л., О работе стандартной комиссии красильно-отделочной группы хлопчатобумажной промышленности, там же, 1930, 12; Ислентьев П., Перспективы снабжения красителями и химматериалами, там же, 1931, 2; Копьев А. и Рогов И. З., К вопросу о применении нектитового клея в текстильной промышленности, там же, 1930, 3; Андреев В., К вопросу применения морских водорослей в качестве загустителя, там же, 1930, 3—8; Козлов М., О прочности ткани при крашении черным анилином, там же, 1930, 3; Планоуский И., «Известия Ив.-Вознесенского политехнического ин-та», 1921, 4, стр. 137; Handbuch des Zeugdrucks, herausgegeben v. Georgievics G., Haller R. u. Lichtenstein L., Leipzig, 1927—30; Haller R., Chemische Technologie d. Baumwolle, Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 4, T. 3, B., 1928; Heermann P., Enzyklopädie d. textilchemischen Technologie, B., 1930; Heermann P., Technologie d. Textilveredelung, 2 Aufl., B., 1926; Georgievics G., Lehrbuch d. chemischen Technologie d. Gespinnstfasern, 4 Aufl., B., 1924; Brass K., Praktikum d. Färberei u. Druckeret, 2 Aufl., B., 1929; Gnehm R., Taschenbuch f. die Färberei mit Berücksichtigung d. Druckeret, 2 Aufl., B., 1924; Weltzien W., Chemische u. physikalische Technologie d. Kunstseiden, Lpz., 1930; Schulz G. u. Julius P., Farbstofftabellen, 7 Aufl., B. 1, B., 1928; Ulrich G. u. Glafey H., Chemische Technologie d. Wolle u. die zugehörigen Maschinen, Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 8, T. 3, P., 1931; Ley H. u. Raemisch E., Technologie u. Wirtschaft d. Seide, Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 6, T. 2, B., 1929; Axmacher A., Praktischer Führer durch d. Zeugdruck, B. 1—2, Hannover, 1918; Heermann P., Färberei u. textilchemische Untersuchungen, 5 Aufl., B., 1929; Lange O., Die Schwefelfarbstoffe, 2 Aufl., Lpz., 1925; Silbermann H., Maschinen zum Bedrucken von Textilstoffen, Lpz., 1913; Lauber E., Handbuch d. Zeugdrucks, B. 1—4, Lpz., 1902—28; Knecht E. A., Fothergill J., The Principles a. Practice of Textile Printing, 2 ed., London, 1924; BASF, Druckeret, Ludwigshafen, 1921; Cassella L., Druck von Wollgeweben, Frankfurt a/M.; Cassella L., Kleines Handbuch d. Färberei (Druckeret), 2 Auflage, 1924; Bayer F., Zeugdruck, 2 Auflage, Elberfeld, 1922. Д. Грибоедов.

СИТЦЕПЕЧАТНАЯ МАШИНА, ситцепечатание.

СИФОН, специальное приспособление для изгоняния в виде колена замкнутой полостью для переливания воды или другой жидкости из сосуда с более высоким в сосуд с более низким уровнем. Действие С. основано на давлении атмосферного воздуха, уравновешивающем находящийся под вакуумом столб воды высотой 10,33 м (фиг. 1). В действительности не представляется возможным достигнуть полного разрежения воздуха и поднятия воды на 10,33 м, а лишь на 80—90% этой теоретич. высоты. Кроме того вакуум уменьшается вследствие давления паров воды, соответствующего t° поднимаемой С. воды. При определении высоты подъема воды в С. необходимо также учесть потерю напора от трения воды о стенки восходящей части сифонного трубопровода.

В сифонном трубопроводе наибольшая высота H_s подъема воды:

$$H_s = 10,33 \eta - (h_s + p), \quad (1)$$

где η —кпд С., равный 80—90%; p —давление

паров воды, соответствующее t^* , протекающей через С. воды; h_s —потеря напора от трения в трубопроводе. Величиной p по ее малости обыкновенно пренебрегают. Тогда ф-ла (1) принимает вид:

$$H_s = 10,33 \eta - h_s. \quad (2)$$

С. будет действовать лишь при соблюдении условия, чтобы согласно расчетной схеме (фиг. 1) его вершина находилась ниже напорной линии. Чем больше высота h напора в сифоне, тем

больше производительность последнего. Количество воды, поднимаемое сифоном,

$$Q = c \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{d^5 h}{l}}, \quad (3)$$

где d —внутренний диам. сифонного трубопровода в м; h —потеря напора в м на длину l ; l —длина сифонного трубопровода в м; c —коэф. Шези, равный по Куттеру:

$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}; \quad (4)$$

m —коэф. шероховатости стенок труб, равный 0,25 при воде хорошего качества, 0,30—при воде менее хорошего качества, 0,35—при сильно инкрустирующей воде, 0,40—при очень сильно инкрустирующей воде; R —средний гидравлический радиус. Из ф-лы (3) внутренний диаметр d сифонного трубопровода

$$d = \sqrt[5]{\frac{64 Q^2 l}{\pi^2 c^2 h}}. \quad (5)$$

Если высота падения H_f (фиг. 2) настолько велика, что в отводящем (напорном) рукаве С. получается большая скорость течения воды, чем в подъемном (всасывающем), то происходит срыв струи и С. перестает работать. Чтобы не было срыва струи, необходимо, чтобы расстояние между напорной линией и ближайшей к ней наружной поверхностью С. было не менее 2 м.

Скорость течения воды в подъемном рукаве м. б. определена по ф-ле:

$$v_s = \sqrt{\frac{c^2 h d}{4l}}. \quad (6)$$

В отводящем рукаве скорость воды, обуславливаемая высотой падения h , будет:

$$v_f = \sqrt{2g(H_f - h_f - 10,33 \eta)}, \quad (7)$$

где g —ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек², h_f —потеря напора, равная

$$h_f = \frac{Q^2 \kappa l_2}{d_f^5}, \quad (8)$$

d_f —диаметр отводящего рукава С.; l_2 —длина отводящего рукава С.; κ —коэф., к-рый можно определить по ф-ле:

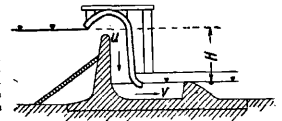
$$\kappa = \frac{0,00259(m + 0,5 \sqrt{d_f})^2}{d_f}. \quad (9)$$

Между величинами κ и c существует следующая зависимость:

$$\kappa = \frac{64}{\pi^2 c^2}. \quad (10)$$

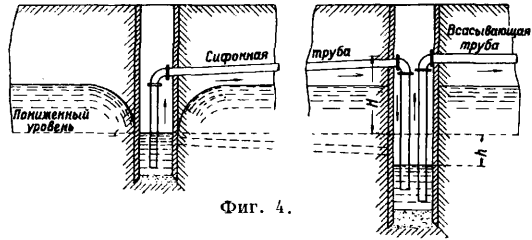
По этой ф-ле $\kappa = 0,0038$ для труб $\varnothing 80-100$ мм; $\kappa = 0,0030$ для труб \varnothing от 125 мм; $\kappa = 0,0025$ для средних и больших диаметров труб; $\kappa = 0,0016$ для труб $\varnothing 600$ мм (по Смрекеру). Для приближенных расчетов коэф. Шези м. б. взят равным для труб: по Талини $c = 50,0$; по Эйтельвейну и Дюпюи $c = 50,9$. По Вайрауху для $d = 200-300$ мм $c = 50,0$; для $d = 300-400$ мм $c = 52,0$; для $d > 400$ мм $c = 60,0$. По Форхгеймеру для гибких рукавов величина c варьирует в пределах 43—69.

В последнее время С. получил применение в *плотинах* (см.) в качестве автоматич. регулятора уровня воды в водоеме (фиг. 3). Существенным в этих случаях применения С. является то, что отверстие для вытекания лежит ниже уровня нижнего бьефа и истечение происходит под водой. Если уровень верхнего бьефа находится на высоте, показанной на фиг. 3, то происходит простое переливание воды через край U С., причем расход воды всецело зависит от превышения уровня верхнего бьефа над краем U . С дальнейшим же повышением уровня верхнего бьефа вода заполнит весь С., к-рый начинает с этого момента действовать. Величина скорости v истечения воды зависит тогда от разности уровней верхнего и нижнего бьефов, вследствие чего сток воды будет происходить со значительно большей скоростью, чем при



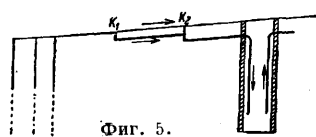
Фиг. 3.

обыкновенном водосливе (см.). С. применяются также при сборе грунтовой воды каптирующими колодцами. В этом случае последние соединяют С. со сборным колодцем, из к-рого вода подается в напорный резервуар. С. в этом случае (фиг. 4) состоит из длинной сифонной трубы, уложенной ниже глубины промерзания грунта, и двух вертикальных колен, опущенных в каптирующий и сборный колодцы. Для облегчения выхода воздуха сифонную трубу укладывают с подъемом к сборному колодцу, причем этот подъем в зависимости от длины сифонной трубы варьирует в пределах от $1/200$ (при короткой трубе) до $1/2000$ (при длинной трубе); скапливающийся в самом возвышенном



Фиг. 4.

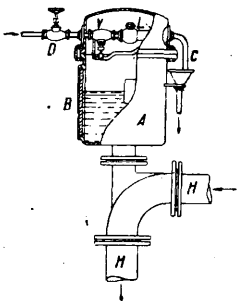
месте трубы воздух выкачивают воздушным насосом (вакуум-насосом) или вытесняют путем наполнения С. водой.



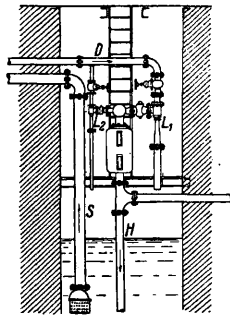
Фиг. 5.

Если по местным условиям приходится сифонную трубу укладывать с изломами или перегибами, то воздух забирается в высших точках этих изломов или перегибов. При длинных сифонных трубах такие могут быть расположены (по Тиму) уступами (фиг. 5), причем точки K_1 и K_2 соединяются с общим воздухопроводом. Сифонные колена д. б. опу-

щены в воду колодцев на 1 м ниже наиболее низкого уровня воды в них. При тщательном выполнении работ длина сифонной трубы м. б. до 1 800 м и даже более. Наибольшая свободная высота колен (т. е. высота колена за исключением высоты погружения его в воду при наименьшем уровне ее) для безопасности эксплуатации по Гроссу д. б. не свыше 7 м; в общем можно ограничиться свободной высотой колен в 7—8 м. Скорость течения воды в С. обыкновенно принимают равной 1 м/сек (по Гроссу скорость не должна превышать 0,75 м/сек). В действие С. приводятся путем выкачивания из них воздуха или наполнения их водой. При присоединении к сборному колодцу нескольких каптажных колодцев ставят на всех ответвлениях задвижки, позволяющие выделить тот или другой колодец на случай ремонта или осмотра его. Для уменьшения количества проникающего в С. извне воздуха трубы укладывают с возможно тщательной заделкой стыков, проверяя герметичность их на вакуум в 8—10 м вод. ст. в продолжение суток.

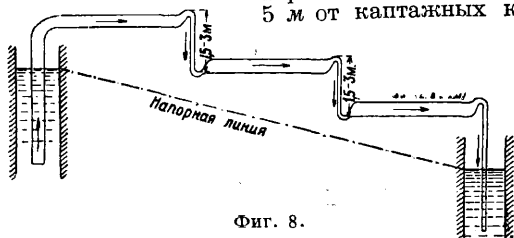


Фиг. 6.



Фиг. 7.

Трубы для С. берут обыкновенно чугунные раструбные. Глубокие подземные сифонные трубы прокладывают в туннелях; при отсутствии туннелей надлежит обратить сугубое внимание на устройство прочной постели для труб С. При плохом грунте прибегают к устройству искусственной постели в виде напр. железобетонных плит или даже к сооружению туннелей с внутренними размерами, достаточными для прохода по ним рабочих с инструментами, запасными частями и пр. В тех же случаях рекомендуется прокладывать сифонные трубы в расстоянии не ближе 5 м от каптажных ко-

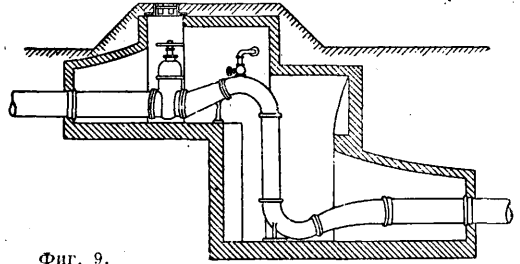


Фиг. 8.

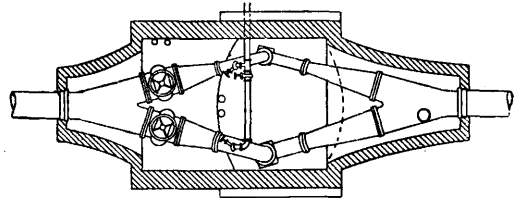
лодцев, соединяя эти трубы с сифонными коленными отрезками под углом не более 45° к сифонным трубам.

Для отсасывания из С. воздуха, проникающего извне, применяют специальные пароструйные и водоструйные аппараты, особые воздушные насосы и автоматич. приспособления. Для определения количества подлежащего отсасыванию воздуха можно по Принципу принять, что на каждые 1 000 м³ воды, получаемой в сутки при высоте всасывания

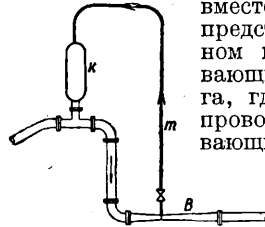
6—7 м, приходится 0,8—1,0 л/сек воздуха. При коротких и подающих мало воды С. часто бывает достаточно удалить воздух из С. при зарядке путем наполнения его напорной водой. Наиболее целесообразным Принцип считает применение поршневых воздушных насосов, причем при длинных сифонных трубах распола-



Фиг. 9.



гают перед насосом особый воздушный резервуар. На фиг. 6 изображена автоматич. установка с пароструйным воздуховсасывающим аппаратом Кертинга, могущим подавать воду с глубины 8,5 м. Аппарат расположен внутри воздушного колпака А и приводится в действие от поплавкового клапана. После удаления воздуха из С. работа аппарата автоматич. прекращается. В—водуказатель, Н—сифонный трубопровод, D—паропровод, V—вентиль, L—воздуховсасывающий прибор, С—труба, отводящая конденсационную воду вместе с воздухом. Фиг. 7 представляет установку в сборном колодце с воздуховсасывающими аппаратами Кертинга, где Н—сифонный трубопровод, L₁ и L₂—воздуховсасывающие аппараты, предназначенные: большой—для работы при зарядке С., а малый—для откачки воздуха во время работы С.; D—трубопровод



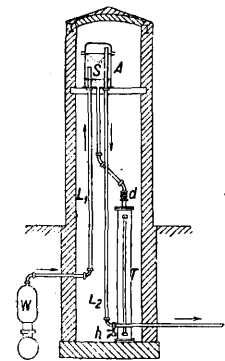
Фиг. 10.

для рабочей напорной воды; S—всасывающая труба, по к-рой вода подается из сборного колодца в напорный резервуар. В высшей точке сифонного трубопровода расположен воздушный колпак с водуказателем. Водоструйный воздуховсасывающий аппарат Кертинга забирает воду с глубины 7—8 м при 10 м рабочего давления. Аппараты Кертинга, применяемые для небольших С., представляют собой систему конич. насадок (сопел) и приводятся в действие рабочей напорной водой или паром. При малых устройствах довольствуются одним аппаратом. Помимо аппаратов сист. Кертинга имеется много других конструкций аппаратов для автоматич. откачки воздуха из С.

Для автоматич. удаления воздуха из С. без особых приспособлений Линдлей предложил устройство С. ступенчатым из нескольких участков (фиг. 8). На каждом участке имеется сифонная труба большего диаметра, уложенная с подъемом в $\frac{1}{4000}$, к-рая на конце

участка плавно переходит в отвесное колено трубы меньшего диаметра длиной 1,5—3 м, причём нижний конец отвесной части трубы так же плавно переходит в трубу большего размера на следующей участке. Разделение на участки приравнивают к местности. С. приводится в действие при помощи воздушного насоса, отсасывающего воздух посредством воздушных трубок, присоединённых к верхним перегибам стояков. Сечение колен рассчитано так, чтобы вода протекала по ним со скоростью 2 м/сек. Чтобы С. мог работать и при небольшом расходе воды, колено сделано двойным: одно на $\frac{2}{3}$ расхода и дополнительное на $\frac{1}{3}$ расхода. Задвижки на ответвлениях к коленам допускают варьирование расхода. На С. имеется задвижка, допускающая выключение его и регулирование притока воды. На фиг. 9 показано соединение колена с двумя соседними сифонными трубами; соединение расположено в специальной шахте. Для уменьшения работы воздушных насосов, откачивающих воздух из С., м. б. введены в систему сифонного перепада Линдлея (фиг. 10), равно как и в обычные сифоны (фиг. 11), трубы Вентури; благодаря вакууму в суженном сечении может при надлежащем подборе размеров устройства происходить достаточно хорошее отсасывание воздуха; от горла трубы Вентури В воздух отводится к воздушному колпаку К С. по трубке *т* небольшого диаметра.

Для удаления воздуха из С. может быть применена башенная установка, показанная на фиг. 12. Башня оборудована резервуаром А для воздуха и случайной воды, резервуаром Т—для спускаемой в него из первого резервуара А воды и воздухопроводами L_1 и L_2 . Резервуар А установлен в башне на высоте 10 м, считая от горизонта грунтовых вод, а резервуар Т расположен внизу башни и снабжен водомерным стеклом и спускным краном *h*. Воздухопровод L_1 соединяет воздушный колпак W С. с резервуаром А; накапливающийся в последнем воздух отсасывается через воздухо-

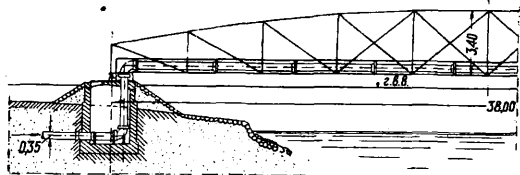


Фиг. 12.

провод L_2 . Если вместе с воздухом по трубе L_1 подымается вода, то она в резервуаре А ударяется о сито S, опускается вниз и стекает по трубопроводу через регулировочный трехходовой кран *d* в резервуар Т. Кран *d* сначала ставят так, чтобы воздух не мог проникать в резервуар Т, а по спуске в последний воды из резервуара А кран *d* ставят так, чтобы в резервуар Т мог попасть воздух, после чего открывают кран *h*. Когда удаление воздуха из С. производят путем наполнения его водой, то сифонную трубу соединяют с расположенным выше запасным резервуаром или с напорным трубопроводом.

С. находят часто применение в водопроводах (см.). При пересечении водопроводной линии реки переход устраивается по мосту или по дну реки. В первом случае получается с и ф о н, во

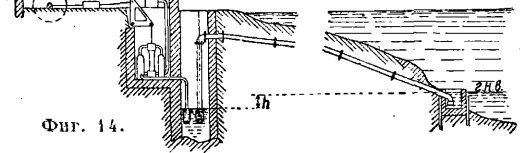
втором случае—обратный С., или дюкер (см.). Прокладка сифонного трубопровода по мосту требует тщательного предохранения от замерзания зимой. Испытанной изоляцией для С. является следующая: трубу обертывают по рейкам (25-мм рейки, прокладываемые вдоль трубы) войлоком в 4 слоя, а сверху войлока обши-



Фиг. 13.

вают парусиной, после чего трубу помещают в деревянный ящик с древесными опилками, ящик заколачивают и обшивают кровельным железом. Переходы по мостам в виде сифонов имеют преимущества перед таковыми по дну реки как в отношении дешевизны, так и доступности для осмотра и ремонта. Трубы С. при небольших размерах подвешивают на мосту под тротуарами, а при больших располагают под проезжей частью моста. На фиг. 13 показан С. водопровода, проложенный по железному мосту, специально для него построенному. При переходе водопроводными трубами по разводным мостам необходимо иметь приспособления для разъединения труб у подвижных частей мостов. Фиг. 14 представляет С., подающий воду из берегового колодца в сборный колодец при насосной станции.

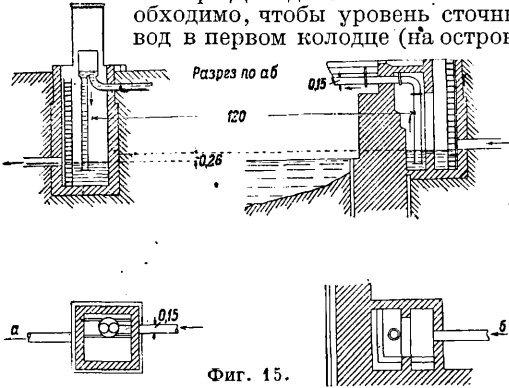
С. применяются, хотя и реже, также при канализации (см.) населенных мест. Главной причиной их малого распространения являются выделяющиеся из сточных вод газы, вызывающие необходимость в постоянном отсасывании их. С. трудно засариваются и очень



Фиг. 14.

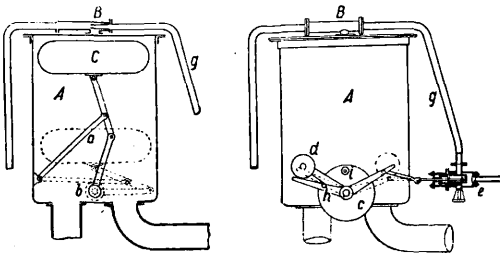
удобны там, где сточные воды приходится передавать на значительные расстояния, но поднимать при этом невысоко и во всяком случае не выше 6—7 м. В общем канализационный С. ничем не отличается от водопроводного С. Трубы С. бывают чугунные, железные, стальные и железобетонные. Скорость протекания сточных вод по С. допускается 1—1,50 м/сек, имея в виду, что при такой скорости в сифонных трубах не замечается выделения газов из сточных вод. В отношении мероприятий против замерзания остается в силе все то, что сказано о трубах водопроводного С. На фиг. 15 показан С. канализации г. Бреславля для перевода сточных вод через р. Одер. С. имеет длину 120 м при диаметре труб 150 мм и подвешен к тротуару моста; для собирания газов и воздуха в конце С. устроен особый колпак, помещенный в башенке у конца моста. Сточные воды, собранные трубами на острове, поступают там же в сборный колодец, разделенный решеткою на две части; одна из них служит осадочным

колодецем, а в другую опущено колено С.; на другом берегу реки находится колодец, в который опущено другое колено С. Сточные воды, пройдя решетку в первом колодце, освобождаются от плавающих тел и, дойдя по С. до второго колодца, попадают в отводный коллектор. Для действия этого С. необходимо, чтобы уровень сточных вод в первом колодце (на острове)



Фиг. 15.

был не менее чем на 26 см выше уровня их в другом колодце. Над сифонной трубой устанавливается воздушный колокол, в котором собирается воздух; из этого колокола воздух выкачивается особым насосом, приводимым в действие водою из городского водопровода. Для высасывания воздуха из сифона применяется аппарат, изображенный на фиг. 16, где А—резервуар, В—инжектор, С—поплавок, связанный с системой рычагов. Когда резервуар заполнится воздухом, то поплавок займет положение, указанное пунктиром, и посредством рычага а повернет ось б, на к-рой насажен диск с с прикрепленными к нему рычажками h и i. При повороте оси б рычажок h повернет направление противовеса d, связанного с клапаном e, запирающим водопроводную трубку, вследствие чего вода вступит в трубку g и приведет в действие инжектор В, к-рый отсосет газы из колпачка А; после отсасывания газов поплавок поднимется и рычажок i прекратит доступ воды. Для отсасывания газов из С. требуется 1—2 мин. времени; инжектор работает 5—6 раз в сутки. Зарядка С. производится путем выка-



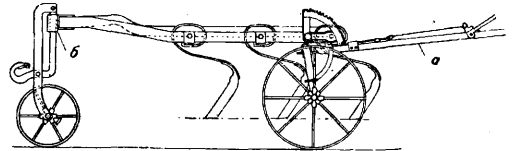
Фиг. 16.

чивания из них воздуха при помощи особого насоса на станции или путем наполнения их водою из водопровода; после зарядки открывают задвижки на коленах С., после чего С. начинает действовать; для бесперебойной работы С. требуется, чтобы разность уровней в сообщающихся колодцах была больше потери напора при проходе воды по С. Для уменьшения проникновения воздуха в С. и утечки воды во всасывающем колене С. поставлен шаровой клапан, а для закрытия отверстия колена устроен автоматич. затвор с поплавком. При про-

токе сточных вод в колодец поплавков поднимается, открывая водам доступ во всасывающую трубу; при понижении уровня нечистот в колодце поплавки опускаются, и вместе с тем уменьшается отверстие на конце всасывающей трубы; при прекращении притока нечистот это отверстие совершенно закрывается.

Лит.: Брилинг С., Пособие для проектирования и расчета водопроводной линии и городских сетей, 2 изд., М., 1930; его же, Краткое руководство по водоснабжению, 2 изд., М., 1928; Гензель Н., Водоснабжение городов и промышленных предприятий, М.—Л., 1931; Иванов В., Канализация населенных мест, Одесса 1926; Кашкаров Н., Расчет сифонов, «Изв. собр. инж. путей сообщения», СПб, 1912; Енш А., Канализация городов и очистка сточных вод, СПб, 1903; Smekker O., Die Wasserversorgung d. Städte, Handb. d. Ing. Wiss., T. 3, B. 3, 5 Aufl.; Foerster M., Taschenbuch f. Bauingenieure, B. 2, 5 Aufl., B., 1928; Schoklitsch A., Der Wasserbau, B. 1, W., 1930; Gross E., Handbuch d. Wasserversorgung, Mch., 1928; Pöschl Th., Lehrbuch d. Hydraulik, 2 Aufl., B., 1926; Prinz E., Handbuch d. Hydrologie, 2 Aufl., B., 1923; Lindley W., Heberanordnung mit selbsttätiger Entlüftung, «Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung», Mch., 1909; Hartmann K., Die Pumpen, 3 Aufl., B., 1906; Gauss S. Fr., Pumpen-Anlagen, B., 1928.

СКАРИФИКАТОР, почвообрабатывающее орудие для разрезания дернины. Обработку дернины на лугах производят с целью открыть доступ воздуха к корням растений. Вследствие густого сплетения корней и корневищ в плотной дернине жизненные процессы растительного покрова приостанавливаются и начинается вымирание более ценных в питательном отношении видов. Кислород воздуха улучшает дыхание подземных частей растений и способствует окислительным процессам, происходящим в почве, вследствие чего растительность на лугу улучшается. Поэтому скарификация лугов получила название омоложения лугов. Рабочей частью С. является нож той или иной формы, поставленный вертикально или под углом к горизонту. Орудия, снабжен-



ные ножевыми зубьями, разделяются на две группы в зависимости от размеров ножей, производящих разрезание на большую или меньшую глубину; орудия, работающие поверхностно, называются боронами (см.), а разрезающие дернину на значительную глубину—скарификаторами. Известные до сих пор С. имеют весьма разнообразную конструкцию, но по виду рабочих частей их можно разбить на 2 группы: С. с жесткими зубьями и С. с пружинными зубьями. Применение пружинного зуба имеет то значение, что зуб этот, вырывая сплетение корней и корневищ, к-рые он не смог перерезать, отбрасывает их перед собой с силой и потому во время работы не забивается; простой же зуб тапит их за собою, что вызывает быстрое его забивание. На фигуре изображен С. системы Бажака, имеющий дугообразно изогнутые ножевидные зубья; вследствие изогнутости зубья будут не так сильно забиваться, как поставленные вертикально, т. к. вырванные растения будут соскальзывать по зубу кверху. Зубья сделаны двойные, и при срабатывании одного конца они м. б. перевернуты и закреплены на раме в хомутах верхними концами вниз. Изменения глубины хода этого С. достигают перестановкой задних колес с помощью рычагов а, а так-

же передка посредством перестановки штыря б в различные отверстия его стойки. Иногда строят С. с пружинными зубьями. Ножи такого С. прикреплены к пружинам, к-рые во многих С. этого типа делаются двойными. Зубья м. б. расставлены в поперечном направлении на любое расстояние. Известно много вариантов таких С., например С., которые снабжаются двойными ножами, имеющими кроме того перестановку под различными углами. Для более интенсивной скарификации лугов применяют бороны с разрезными дисками, которые сильнее С. разрывают сплетение корней. Для подсева травяных смесей на лугах в последнее время применяют с ея л к у-С., перед сошниками к-рой идут ножи, разрезающие дернины. С. известны только конные. В. Криль.

Лит.: см. *Культиватор и Луговые орудия.*

СКАТЕРТНАЯ ТКАНЬ, вырабатывается из различных волокнистых материалов—хлопка, льна, шерсти, шелка—самыми разнообразными переплетениями, начиная от миткалевого переплетения и кончая сложными переплетениями ворсовых тканей и дамастовых жаккардовых рисунков. Под С. т. разумеется ткань, отбеленная или цветная, к-рую можно стирать. С. т. работается из хлопка или льна различной ширины и размеров, а также выработки. Наиболее часто встречается С. т. киперного переплетения с рисунком в виде шашек, кубиков, ромбов и других геометрич. фигур с прямыми линиями, а также С. т. с крупным жаккардовым рисунком, вырабатываемым с помощью дамастовой машины. Большое распространение имеет лестротканая С. т., вырабатываемая из крашеной основы и крашеного утка.

СКВАЖНОСТЬ, общее свойство твердых тел, выражающееся в существенном, не сводящемся к ошибкам измерения неравенстве значений занимаемого ими объема, если последний измеряется разными способами. Под объемом физического тела разумеют область непроницаемости, обусловленной присутствием этого тела; понятие об объеме без признака непроницаемости в отношении физич. тела не м. б. построено. Но признак непроницаемости соотносит понятие объема с понятием о том конкретном физич. приеме, посредством к-рого устанавливаются границы области, непроницаемой для данного испытания. Прежде чем будет дано доказательство противного, в каждом частном случае нет оснований утверждать тождественность этих границ при разных приемах испытания, т. е. производимых с помощью энергии в разных ее видах. Даже напротив, именно в силу различия видов энергий применяемых при зондировании непроницаемости, естественно ждать, что физическое тело будет реагировать на них различно; следовательно известные места пространства, непроницаемые для одного вида энергии, окажутся проницаемыми для другого, хотя при этом никогда не может оказаться проницаемости абсолютной для всех способов испытания, что означало бы простое отсутствие физич. тела. Т. о. в понятии объема физич. тела необходимо диалектич. сопряжение проницаемости с непроницаемостью, каковое в целом и называется С. Геометрически С. схематизируется как отсутствие предела, к к-рому стремился бы убывающий ряд объемов, остающихся за вычетом, согласно предыдущему приближению, из объема тела тех областей пространства, к-рые в последующем приближении оказываются к объему тела не принадлежащими—пор,

скважин, полостей, зазоров, трещин и других участков пространства, частично или полностью окруженных веществом данного тела, но этого вещества в себе не содержащих. Однако подобный геометрический подход к понятию С., несмотря на свою заманчивую наглядность, на самом деле представляет не более как схему или модель, питающуюся физич. содержанием из вышеприведенного оперативного понятия, поскольку самый процесс подразделения объема тела на участки пустые и на участки заполненные возможен лишь при проверке в физич. опыте их пустоты, т. е. проницаемости, или заполненности, т. е. непроницаемости. Т. о. общее понятие о С. подразумевает неопределенно широкий круг всяких возможных испытаний на проницаемость и непроницаемость, а конкретное понятие С. необходимо должно сопровождаться указанием тех приемов испытания, на основании которых и в виду которых это понятие построено. Принципиально м. б. утверждаема С. всякого твердого тела, даже вообще всякого тела; однако назвать скважным то или другое определенное тело без указания тех определенных приемов, к-рые имеются в виду в данном случае, было бы лишенным смысла, поскольку с равным правом за обсуждаемым телом С. в отношении других приемов испытания могла бы отвергаться. Так, сеть непроницаема для рыбы, но весьма проницаема для воды; галька непроницаема для булыжника, но проницаема для песка, как этот последний непроницаем для гравия, но проницаем для воздуха и для воды. Проницаемость гальки для булыжника и валунов окажется при всех испытаниях нулевой, и следовательно заполненный объем—одним и тем же; при подобных испытаниях мы должны были бы признать гальку материалом нескважным. Но та же самая галька при испытании ее проницаемостью мелким гравием, песком различной величины зерна и наконец водою покажет различную степень заполненности объема и потому не только д. б. причислена к телам скважным, но и получит в разных случаях разную оценку своей С. Однако указанными приемами испытаний ряд их не ограничивается. Проницаемость тела в отношении разных по степени дисперсности молекулярных сгустков, затем в отношении молекул, атомов, ионов, электронов и атомных ядер различна и потому следовательно будет оценена ими различная степень заполненности данного пространства; а потому весьма различною окажется и количественная характеристика С. Между значением С., равным нулю, и значением ее, весьма близким к единице и практически равным единице, как крайними пределами, полученными при разных приемах испытания одного и того же тела, лягут все прочие, т. е. вне связи с определенными приемами испытания С. данного тела может быть приписано значение какое угодно во всем логически мыслимом диапазоне.

С. принадлежит к числу наиболее глубоких характеристик физич. тела, определяющих собою его свойства не только в количественном, но и в качественном отношении. При этом решающим здесь оказывается прежде всего тологич. строение скважин, а затем соотношение между собою геометрич. размеров как скважин, так и целого тела. Геометрией скважин объясняются в весьма большом числе случаев физико-химич. явления в физич. телах, причем качественный характер этих явлений обусловлен то-

пологией тех изъёмов сплошности физич. тела, к-рые в совокупности составляют его С., а количественный—их метрикой. В соответствии с указанными обстоятельствами основания классификации С. д. б. проводимы по топологич. характеру скважин, по их форме, по величине и числу. Далее идут важные, но отчасти производные классификации С.—по общему содержанию скважин, по удельной поверхности и удельной длине скважин,—и ряд специальных, разработанных применительно к той или другой области—геологии, почвоведению, дорожному строительству, анатомии растений и т. д. Прежде всего понятно, что С. получает весьма различное физич. значение в зависимости от того, доступно ли внутреннее пространство скважин проникновению туда деятелей из пространства внешнего для данного тела (деятелей данного рода)—газов, паров, жидкостей, в частности и в особенности влаги, тепла, электрич. тока и т. д. Тут следует различать следующие пять типов С.: 1) скважины замкнутые (чаще называемые порами), вполне разобщённые как между собою, так и с внешним пространством (структура сырообразная); 2) скважины открытые, образующие карманы, т. н. слепые поры, б. или м. глубоко входящие в объём тела и в известных случаях даже проходящие через большую его часть, но тем не менее имеющие наружу лишь один выход, т. ч. непрерывный поток различных деятелей через подобные поры невозможен (структура порообразная); 3) скважины характеризуются наличием по крайней мере двух расположенных б. или м. далеко друг от друга выходов во внешнее пространство, т. ч. в подобных сквозных порах, или скважинах, в узком смысле слова, может возникнуть непрерывный проток различных агентов не только в определенных направлениях (структура дрессионная); 4) С., возникающая от соединения слепых и сквозных пор в одну связную систему, т. ч. от любого из входов в тело из наружного пространства идет свободный путь к любому из выходов (структура губкообразная); 5) С., возникающая из предыдущего типа через дальнейшее развитие скважин и слияние их между собою, с образованием в теле обособленных всесторонне окруженных скважинами участков; при этом не исключена возможность и такого случая, когда эти участки не связаны непосредственно с телом, но удерживаются на своих местах какими-либо уравновешенными силами; однако такая система, по строению подобная взвешенному в пространстве рою, не м. б. названа твердым телом в собственном смысле и практически обычно встречается в виде скопления непосредственно соприкасающихся друг с другом, хотя и не связанных в одно целое отдельных; таковы пыль, песок, гравий и т. д. Вероятно таковы же многие геологич. образования, но при значительных размерах их отдельных. Подобное строение в литературе было предложено называть *пылеобразным*. Классификация С. по величине скважин м. б. проведена лишь б. или м. условно, т. к. основанием деления здесь служит не естественное распределение скважин по величине, а наличные способы испытывать С. и отчасти явления, вызываемые скважинами того или другого размера; классификация по величине (табл. 1) может представлять особый интерес как сводка ха-

Табл. 1.—Размеры скважин различных фильтров.

Род фильтра	Размер скважин в μ
Фильтр Беркфелда	8—12
»	3—4
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 1450 (с тканевой подкладкой)	4,8
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 5,8 (плотная)	3,3
Обыкновенная толстая фильтровальная бумага	ок. 3,3
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 597 (средняя)	ок. 2,9
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 602 (жесткая)	2,2
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 566	1,7
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 602 (очень жесткая)	1,5
Фильтровальная бумага Шлехера и Шюлли № 602 (наиболее тонкая)	1
Фильтр Чемберлена	1,18—7,0
»	0,19—0,7
Фильтр Гейхеля	0,16—0,18
Скважины в стекловидном желе кремнекислоты	0,005

рактерных примеров тонкой С. В известных случаях может потребоваться классификация по плотности распределения скважин. В виду чрезвычайного разнообразия видов С. дать общую классификацию в этом направлении было бы затруднительно. В качестве же примера специальной классификации этого рода может быть дана (табл. 2) классификация горных по-

Табл. 2.—Классификация пород по значению трещиноватости.

Расстановка трещин	Границы числа трещиноватости
Часто поставленные	$K > 5,0$
Очень тесно поставленные	$K > 2,5$
Тесно поставленные	$K > 1,67$
Средне поставленные	$K > 1,25$
Широко поставленные	$K > 0,833$
Очень широко поставленные	K

род по значению т. н. трещиноватости K , т. е. по числу (*K*lüftigkeitsziffer), к-рое указывает, сколько раз встречается на *n. m* каменной породе отдельно, ограниченная трещинами; это число получают как среднее из большого количества измерений, напр. на длине, к-рая превосходит расстояния трещин между собою по крайней мере в 20 раз. Число трещиноватости в различных направлениях м. б. весьма различно, и потому при нем необходимо отмечать то пространственное направление, для к-рого дается степень трещиноватости. Классификация по значению С., т. е. по количественному содержанию совокупного объема полостей в объеме тела, тоже носит условный характер, поскольку границы между отдельными значениями пористости м. б. не произвольными лишь при обсуждении того или другого определенного класса тел. Как пример специального применения подобной классификации м. б. дана классификация горных пород по значению С. (табл. 3). С. L , или *коэф. пористости*, выражается в объемных процентах. Наряду с коэф-том L вводится иногда сотая доля его (U), называемая *степенью неплотности* породы, и другая величина—*степень плотности*, численно равная $1-U$.

Табл. 3.—Классификация пород по значению скважности.

Номер вида	Вид породы	Значение скважности	Характер скважин
I	Очень плотно сложенная . . .	0,5 > L	В первых двух видах преобладают скважины в виде волосных трубок и весьма малых зазоров между минеральными зернами
II	Плотно сложенная . . .	1,5 > L > 0,5	
III	Умеренно плотно сложенная . . .	2,5 > L > 1,5	
IV	Умеренно скважная . . .	5 > L > 2,5	
V	Скважная . . .	10 > L > 5	
VI	Очень скважная . . .	30 > L > 10	
	Ноздреватая . . .	L > 30	

Так например, известняковый песчаник из Аффенца, обладающий С. 34,70, характеризуется степенью неплотности 0,347 и степенью плотности 0,653. В сторону нижних значений С. ограничена пределом 0%, верхним же ее пределом служит 100%. К верхнему пределу можно подходить достаточно близко, создавая пениты с структуры с все более и более тонкими стенками; таковы напр. вспененные в расплавленном состоянии и затем застывшие смолы, к-рые могут дать тела с содержанием пор, весьма мало отличающимся от 100%, и тем не менее относиться к телам твердым. С. тел с пенитой структурой возрастает с утончением стенок отдельных ячеек и с уменьшением удельной поверхности тела. Тонкость стенок принципиально ограничена размерами молекул, образующих пленку, и для сохранения устойчивости и прочности пленка должна содержать в своей толщине по крайней мере одну молекулу у углеводородов и две молекулы у жирных к-т. Так, по данным В. Г. Брэгга черное пятно на мыльном пузыре соответствует двойному слою молекул толщиной в 12 μ , а чернейшее пятно, появляющееся на черном,—единичному слою толщиной в 6 μ , причем этот единичный слой отличается наибольшей устойчивостью; по Перрену толщина единичного слоя 5,2 μ , а по Уэльсу—4,2 μ . При последовательном утолщении мыльной пленки кратными от единичного слоя она проходит через серый, затем чисто белый, соломенно-желтый, оранжево-красный, темнокрасный и наконец фиолетовый цвета; этот последний соответствует 37—38 элементарным слоям, т. е. толщине 210 μ . Единичные слои состоят из двух молекул олеиновой к-ты, получающейся вследствие гидролиза олеата натрия или калия. В твердых пленках длина двойной молекулы олеиновой к-ты равна приблизительно 3,6 μ . Уменьшение удельной поверхности пленочных перегородок принципиально безгранично, т. к. для этого требуется лишь соответственное увеличение размеров отдельных ячеек. Понятно, что с возрастанием С. уд. в. пористого тела (каждый из которых построено тело, убывает и м. б. доведен до чрезвычайно малого значения; так например, нетрудно получить твердую пену уд. в. до 0,0001 и ниже, если ячейки ее будут размерами порядка 2 см. Подобные тела однако пока не получены достаточно прочными и потому не нашли себе практич. применения как материалы. Из материалов же промышленного значения наименьшим уд. в., а именно 0,03, в сочетании с непроницаемостью для жидкостей, пока оказывается вспененная резина. Список некоторых наиболее легких твердых материалов

Табл. 4.—Наиболее легкие твердые материалы.

Материал	Уд. в.
Пемза	1,0—2,2
Резиновая губка	ок. 0,4
Бозенге (бокобо, африканское флотовое дерево)	0,295
Пробка (обычных сортов)	0,24—0,25
Мраморная пробка	0,228
Бальза (вестиндское пробковое дерево)	0,070—0,117
Заменитель бальзы из отходов кукурузы	ок. 0,11
Пробковый кирпич «экспансит»	0,061
Звукоизоляционные доски из отходов кукурузы	0,048—0,056
Сердцевина бузины	
Вспененная резина	0,03

дан в табл. 4. Эти легкие материалы относятся преимущественно к пробке и композициям из нее (см. Пробка), а также к различным искусственным материалам из отходов кукурузы, выделяваемым в последнее время в США на основании работ Винфрея и Свиная. На другом конце ряда С. стоят каменные породы и металлы, считающиеся особенно компактными. Однако ни у тех ни у других С. не равна нулю; у металлов, лишенных грубых или даже микроскопич. скважин, ультрамикроскопич. С. тем не менее составляет несколько десятых процента; а у каменных пород от значений того же порядка она доходит до 1½—2% в случае кажущейся полной компактности (мрамор, гранит, плотный песчаник, сиенит) и до нескольких десятков процентов, напр. до 20—35 при наличии более крупных пор. В табл. 5 и 6 даны в качестве примера сведения о С.

Табл. 5.—Скважность некоторых горных пород Австрии (по Ганшу).

Порода	Пункт	Скважность (объемный %)
Известняковый песчаник	Аффенц, возле Вильдо-на (Штейермарк)	34,70
	Бранцоль (Тироль)	3,10—2,47
	Эйнаидель, близ Мариенбада (Богемия)	0,85
Гранит	Грасштейн (Тироль)	1,53
	Гюттельдорф (Нижняя Австрия)	4,57
Венский песчаник	Нейбург (Нижняя Австрия)	0,33
Мрамор	Лаас (Тироль)	1,33
Гранит	Литберг (Нижняя Австрия)	1,61
	Маугаузен (Верхняя Австрия)	1,63
Плотный песчаник	Мори (Южный Тироль)	1,47
Плотный песчаник	Нагс (Южный Тироль)	0,87
Сиенит	План (Богемия)	1,54
Конгломерат	Перниц (Нижняя Австрия)	7,40
	Шницберг, возле Перна (Богемия)	12,39
Трахит	Вишковиц, возле Мариенбада (Богемия)	0,59
Диорит		

некоторых горных пород. Все перечисленные группы материалов обладают строением одного из первых четырех типов, приведенных в классификации (ст. 75); четыре типа объединяются тем общим признаком, что С. соответственных тел не ограничена принципиально ни снизу ни сверху. Напротив, тела со строением согласно пятому типу, т. е. состоящие из отдельных не связанных между собою зерен (пылевидные),

Табл. 6.—Скважность некоторых пород (по Гари).

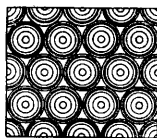
Порода	Пункт	Скважность (объемный %)
Мрамор	Фюрстенберг, возле Шварценберга (Саксония)	6,3
Раковистый известняк	Линия Мюльгаузен—Треффург (Тюрингия)	8,9
Роговообманково-ботитовый гранит	Таубенберг, возле Сендорфа (Австрийская Силезия)	0,7
Гранитит	Киндиш (Саксония)	1,4
»	Штерлен	1,2—2,2
»	Дешниц (Силезия)	0,7—0,8
»	Гассероде—Вернигероде (Гари)	0,8
»	Шварцвальд	1,3
Кварцевый порфир	Мокрешна	0,4
Кварцевый порфир	Оберреферсдорф	3,3
Кварцевый порфир	Шмальвассерgrund, возле Дитгарца (Тюрингия)	9,3
Кварцевый порфир	Лебейюн	3,7
Кварцевый порфир	Радаутале, возле Гарпбурга	3,0
Габбро	Гогенберг (округ Шмалькальден)	0,5
Диабаз	Лихтенау	0,4
Лимбургит (базальт)	Локопф, возле Ремагена	0,6
Полевошпатовый базальт	Нидердрессельдорф	0,4
Полевошпатовый базальт	Габельшвердт	2,2
Известняковый песчаник	Шмалькальден	14,6
Кварцевый песчаник	Плэн, возле Шатпенэ	9,7
Вогезский песчаник	Клейн-Блумберг в Нейетале	1,9
Глинистый сланец	Тальбекке, возле Гуммерсбах (Рейн)	0,6
Грауваковский песчаник		

обладают C ., значения которой заключены в довольно узких пределах, которые могут расширяться только при существенно осложненном строении этих тел. В виду большого значения тел пылевидной структуры как для жизни природы, так и для промышленности необходимо остановиться на C .



Фиг. 1.

подобных систем особо. Простейшим примером подобных систем может служить та, в которой отдельности тождественны по форме и размерам и притом б. или м. шарообразны. Крайние случаи C ., т. е. наибольшего и наименьшего значения ее, соответствуют двум правильным или однородным распределениям шаров—ортогональному (фиг. 1) и диагональному (фиг. 2). В первом случае шары распределены по направлению каждой из трех взаимноперпендикулярных осей, т. ч. каждый из шаров находится в вершине куба с ребром, равным 2 ; при этом ортогональном расположении C составляет 47,64%. Во втором случае каждый из шаров находится в вершине тетраэдра с ребрами, равными двум; при этом диагональном расположении скважность равняется 25,95%. При распределении неоднородном и в частности при статистически беспорядочном значении C для системы из равных шаров лежит в промежутке между 25,95 и 47,64%. В нек-рых



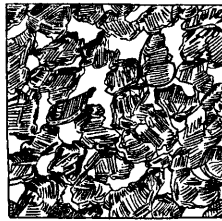
Фиг. 2.

случаях более удобно пользоваться соответственными значениями т. н. приведенной скважности, т. е. отношением объема пор к объему твердой массы; предельные значения приведенной пористости будут соответственно 0,3503 и 0,9698. С. S. Slichter (1899) нашел, что C P однородного скопления шаров выражается следующим образом:

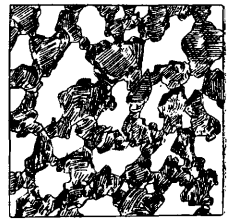
$$P = 1 - \frac{\pi}{6(1 - \cos \psi) \sqrt{1 + 2 \cos \psi}}, \quad (1)$$

где ψ —угол между сторонами параллелепипеда при правильном распределении шаров. C скопления неправильных тел приблизительно м. б. вычислена на основании предыдущих ф-л, поскольку форма их может более или менее приравняться к шарообразной. Если кроме того элементы подобного скопления между собою не равны, то вычисление C еще более затрудняется. Во всяком случае очевидна возможность понижения C при сочетании в надлежащем соотношении частиц нескольких размеров, причем самые размеры тоже д. б. в определенных соотношениях между собою. Если число калибров подобных частиц м. б. сколь угодно увеличиваемо, то, принципиально (геометрический) говоря, C м. б. приближаема к нулю, как угодно близко. О нек-рых подробностях в отношении C зернистых смесей см. *Наполнители*.

Если частицы порошкообразного или зернистого тела не слишком малы и тяжесть каждой из них достаточно велика, чтобы при сыпании или осаждении преодолеть трение и слипание с другими частицами, то они располагаются подобно рассмотренным шарам более (фиг. 3) или менее (фиг. 4) рыхло; поэтому скважность



Фиг. 3.



Фиг. 4.

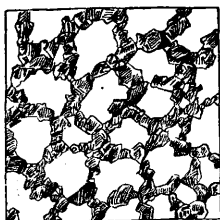
песка, гравия и подобных тел никогда не превосходит 50%, а приведенная C 1,0, т. е. наибольшего теоретически возможного значения. Наоборот, при малости сыпавшихся или осаждающихся частиц они могут удерживаться трением в тех местах, где впервые прикоснутся к частицам, осевшим раньше (фиг. 5, где 1—жидкость, 2—падающие частицы, 3—поверхность осадка); тогда строение полученного тела будет губчатым (фиг. 6) с наибольшей приведенной пористостью, как показывает опыт, ок. 4 (т. е. 80%). Наконец частицы коллоидного размера вследствие броуновского движения вовсе не осаждаются,



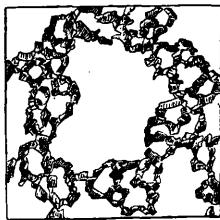
Фиг. 5.

пока тем или другим способом не вызвана их коагуляция. Тогда в коллоидной среде образуются губчатые хлопья со строением, подобным описанному; приобретая больший вес, они теперь уже осаждаются подобно отдельным зернам и образуют собою губчатое скопление (фиг. 7) с губчатым строением второго порядка.

Так как наибольшая приведенная скважность простой губчатой структуры равна 4, то приведенная *C*. такой же структуры второго порядка д. б. 4², или 16, что соответствует *C*.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

в 94%. Опыт показывает, что мелкие порошки даже при усиленном встряхивании нельзя довести до плотности, свойственной более крупнозернистым скоплениям того же вещества.

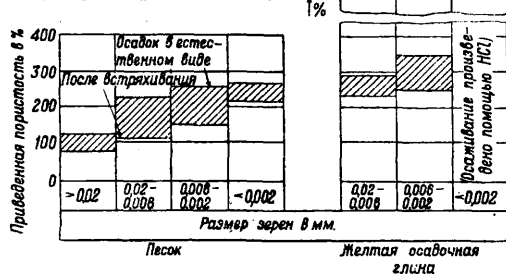
Приводим несколько характерных данных об объемной пористости (в %) некоторых грунтов в естественном состоянии: смесь песка и гравия в равных количествах 33,1—28,9; песок 35,6—40,8; гравий 38,4—40,1; суглинок 36,2—42,5; суглинок, содержащий органич. вещество, 52,7; болотистая почва с 82% органич. вещества 84,0. Согласно данным Пифе гравий из ледниковых отложений обладает пористостью 24%, крупные пески 30% и мелкие пески 33%. В табл. 7 представлена зависимость

Табл. 7.—Значение пористости для сыпучих пород разного диаметра.

Порода	Диам. зерна в мм	Объемная пористость в %	
		*1	*2
Мелкий песок	<0,3	55,5	41,87
Средний »	0,8—1,0	55,5	40,64
Крупный »	1,0—2,0	37,9	37,38
Мелкий гравий	2,0—4,0	37,9	35,47
Средний »	4,0—7,0	37,9	35,93
Крупный »	7,0—20,0	—	35,24

*1 По Ренку. *2 По Величковскому.

пористости от \varnothing зерна. На фиг. 8 показано по К. Терцаги возрастание *C*. песка и глины с уменьшением зерна. На указанном явлении основано в частности определение величины зерна различных порошков, напр. красочных пигментов, серы и т. д., с помощью сульфуриметра. Сульфуриметр Шанселя (прибор, первоначально предназначавшийся для измерения зерен серы, применяемой для опыления виноградинок) состоит из цилиндрической стеклянной трубки 23 см длиной и 15 мм диам., запаянной снизу и снабженной притертой пробкой сверху



Фиг. 8.

(фиг. 9). Начиная от основания, трубка подразделена на 100 делений, каждое по $\frac{1}{4}$ см³, причем 100 делений (25 см³) занимают длину 100 мм. Если порошкообразную серу встряхнуть с эфиром, то при оставлении взвеси в покое образуется слой, высота которого стоит в определенном отношении к тонкости помола. Для испытания серы она просивается через сито с петлями в 1 мм для освобождения от комьев. Затем 5 г взвеси помещают в сульфуриметр, наливают в него до половины эфир, безводный и по возможности при 17,5°, сильным встряхиванием разбивают комья, доливают эфиром на 1 см выше деления 100, снова встряхивают прибор и ставят

отвесно. Число делений, до которого достигает верхний край осевшей серы, дает тонкость в градусах Шанселя. Обычная размолотая сера показывает 1° 50—55°, сера более тонкого помола, т. н. Zolfo macinato, 70—75° и Zolfo ventiliato 90—95°, причем в виноградно дело требуется не менее 60° и даже до 75°. У подобного же прибора системы Грейнера длина трубки до деления 100 равна 175 мм, длина между делениями от 10 до 100° равна 154 мм, внутренний диаметр равен 12,68 мм. При испытании надлежит пользоваться эфиром, перегнанным над натрием, а прибор удерживать штативом и погружать его в воду при 17,5°. Необходимо учитывать искажающее действие всяких загрязнений. Так, 2% таннина или углекислого кальция повышают показания на 7—8°; 2% мыла снижают его на 40°; 0,4% битумена снижают на 46°.

Водопроницаемость сыпучих тел. Большинство физико-химич. явлений в скважистых телах существенно связано с нахождением в их скважинах и прохождением через таковые различных жидкостей и в особенности влаги. Вообще говоря, влага в подобных телах присутствует наряду с газами, в частности и в особенности—с воздухом, и это в связи с эффектом Жамена и эффектом Эвершеда делает возникающие здесь явления особенно сложными (см. *Волокнистые изоляционные материалы*). Проще всего обстоит дело, когда газы б. или м. отсутствуют; тут следует различать три типичных случая: 1) заполненность всех скважин неподвижной влагой, удерживаемой от полного или частичного ухода внешним препятствием; 2) поднятие влаги, засасываемой в сыпучие тела капиллярными силами; 3) протекание воды под напором через подобное тело. При пассивном пребывании в скважинах землистого тела неподвижной влаги количественное содержание ее определяется значением *C*. и легко может быть подсчитано. Физические свойства подобной системы—электрич., тепловые, акустич. и т. д.—существенно меняются. Подсчет их по соответственным свойствам твердой и жидкой фаз м. б. производим на основании ф-л смешения (см. *Пластические массы и Наполнители*). Капиллярное поднятие жидкостей м. б. вычислено в случае однородно расположенных шаров радиуса *R* по ф-ле Дж. Инабы (1928 г.):

$$h = \frac{8\pi R^2 \sigma \cos \varphi}{\delta g (3v - 4\pi R^3)} \quad (2)$$

где *h*—высота поднятия, *v*—объем, приходящийся в теле на каждый из шаров, φ —угол соприкосновения между жидкостью и поверхностью шаров, σ —поверхностное натяжение на границе жидкой и твердой фаз, δ —плотность жидкости и *g*—ускорение силы тяжести. Формула (2) м. б. представлена в виде

$$h = \frac{A \sigma \cos \varphi}{\delta g R} \quad (3)$$

где *A*=2,198 и 5,706 для ортогонального и диагонального расположения шаров соответственно. Эквивалентный радиус скважин *r*, т. е. радиус капиллярной трубки из того же вещества, что и рассматриваемые шары, м. б. выражен соотношением

$$r = \frac{3v - 4\pi R^3}{4\pi R^2} \quad (4)$$

или

$$r = \frac{3k - 4\pi}{4\pi} R, \quad (5)$$

где *k* определяется из соотношения $v = kR^3$. Указанные величины получают значения в соответствии с табл. 8. Во избежание недоразумений д. б. особо отмечено, что эквивалентный радиус капиллярности не тождествен экви-



Фиг. 9.

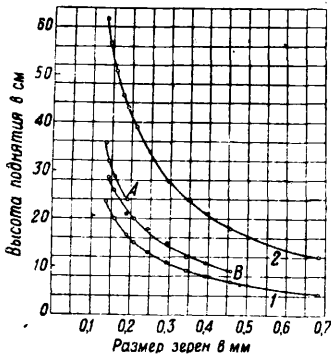
Табл. 8. — Частные значения некоторых величин в формулах.

Расположение	A	h	r
Ортогональное . . .	2,198	8	0,910
Диагональное . . .	5,706	$4\sqrt{2}$	0,351

валентному радиусу C , а также другим видам эквивалентных радиусов — водопроницаемости, воздухопроницаемости, электропроводности и т. д. При наличии равномерно перемешанных шаров различных радиусов, расположенных однородно, но уже не в смысле упорядоченности, а, напротив, в смысле статистической беспорядочности:

$$h = \frac{2F\sigma \cos \varphi}{3\delta g(1-G)}; \quad (6)$$

здесь $F = 4\pi(R_1N_1 + R_2N_2 + R_3N_3 \dots)$, а $G = \frac{4}{3}\pi(R_1^3N_1^3 + R_2^3N_2^3 + R_3^3N_3^3 \dots)$, причем N_1, N_2, N_3 и т. д. представляют собою числа содержащихся в единице объема тела шаров радиуса R_1, R_2, R_3 и т. д. соответственно. Понятно, что значения величин F и G , а потому и значение h , зависят от расположения шаров. Как показали опыты Дж. Инабы, кварцевый песок, рассеянный на фракции различных размеров зерна, дал высоту капиллярного поднятия, среднюю между теоретически вычисленной для ортогональной и для диагональной систем, при отождествлении зерен песка с шариками соответственного диам. На фиг. 10 кривая I построена по вычисленным значениям капиллярного поднятия для ортогональной шаровой системы, кривая 2 — то же для диагональной системы, а кривые A и B — экспериментальные кривые, полученные с различными фракциями корейских кварцевых песков, очищенных хромовой смесью и всыпанных в трубки единообразным механизированным приемом. Процессы капиллярного движения воды в грунте очень запутаны и до настоящего времени не

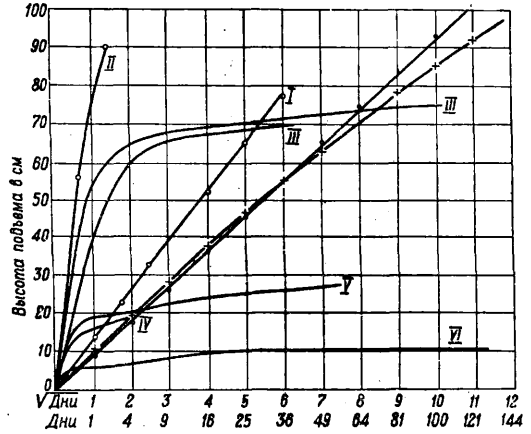


Фиг. 10.

выяснены еще даже приблизительно. Считают установленным лишь, что, чем мельче капиллярные скважины, тем выше поднимается вода и тем медленнее идет подъем (из-за внутреннего сопротивления). Особенно сильно удерживает и воспринимает воду лёсс. Наибольшая скорость в песке получается по Келлеру при величине зерен между 0,05 и 0,1 мм. Напротив, при диам. зерен 2,2—2,5 капиллярное действие прекращается. В песке из зерен < 0,3 мм (46—50%) и 1,0—0,3 мм (50—54%) высота капиллярного подъема по Гребне не превышает 33 см, а в мелком песке (зерен < 0,33 мм, 80%) не превышает 50 см. На фиг. 11 показана по данным Эдлера постепенность подъема воды для грунтов разной мелкости, причем абсциссою служат корни квадратные из времени подъема, а ординатою — высота подъема. Значения кривых таково: I — зерна диам. < 0,01 мм, II — зерна 0,01—0,05, III — зерна 0,05—

0,10, IV — зерна 0,10—0,25 мм, V — зерна 0,25—0,50 мм, VI — зерна 0,50—1,00 мм. Высота подъема зависит от t° (уменьшается с повышением t°). Кроме того она зависит также от степени наличной почвенной влажности; так напр., по Бриггсу и Лафану высота капиллярного подъема в сухом песке оказалась 37 см, а в сыром — 167 см.

Наряду с капиллярным движением по вертикали в почве наблюдается движение по горизонтальному направлению или наклонному. Су-



Фиг. 11.

ществуют различные способы измерения скорости горизонтального движения: наблюдение над естественно возникающими или искусственно созданными волнами грунтовых вод, введение в воды поваренной соли (способ Тима), введение хлористого аммония (способ Слайтера) с проверкою по проводимости воды, введение различных красящих веществ и в частности флуоресцеина, затем введение бактерий, пивных дрожжей и т. д. Числовые значения полученных скоростей весьма различны и колеблются в пределах от 0,3 до 9,3 м/сутки и даже до 15,9 м/сутки; однако наиболее обычные значения этой скорости 1—3 м/сутки. Водопроницаемость зернистых тел численно характеризуется коэф-том k в ф-ле Дарси (Darcy):

$$Q = kSE, \quad (7)$$

где Q — расход воды в ск., протекающей параллельными струями через водопроницаемое тело призматич. формы, S — площадь поперечного сечения тела и E — гидравлич. градиент, равный отношению потери напора к расстоянию (h/l). Коэф. водопроницаемости k представляет скорость просачивания через единицу площади при гидравлич. градиенте, равном единице; размерность его равна $\text{см}^3 \cdot \text{сек}^{-1}$. Закон Дарси действителен для движения воды в мелких и средних песках при средних значениях напора, но неприменим к движению воды в крупном гравии и, как полагают нек-рые, также и в глинах. Значение k зависит от плотности распределения зерен и от их размера. Слайтер теоретически вычислил k в предположении частиц шарообразных диам. R (в см) и дал ф-лу:

$$k = 3084 \frac{R^2}{c}. \quad (8)$$

Значение c зависит от расположения шаров и связано со C и вязкостью жидкости P и приведенной C , что видно из таблицы 9. Теоретическое соотношение между плотностью подобного тела и его водопроницаемостью доста-

Табл. 9.—Значение c в зависимости от расположения шаров.

Скважность P в %	Приведенная скважность	Значение c при $t^\circ 10^\circ$
26	0,352	84,30
28	0,388	65,90
30	0,428	52,50
34	0,515	34,70
38	0,612	24,10
42	0,723	17,30
46	0,850	12,80

точно хорошо подтверждается опытной проверкой А. Газена на песке. Но значение k для рыхлого песка оказывается $464R_{ef}^2$ и даже $600R_{ef}^2$, если зерна приблизительно одного радиуса (тут R_{ef} —эффективный радиус по А. Газену, т. е. радиус таких зерен, меньше которых в данном грунте по весу содержится 10%, тогда как теоретически наибольшее значение k , т. е. при 46% С., получается $241,2R_{ef}^2$. Это расхождение объясняется неоднородностью скважин в песке. Границы, в пределах k -рых эффективный радиус песка может служить мерилем коэффициента водонепроницаемости, устанавливается при помощи особой характеристики песка, называемой коэф-том неоднородности. Этот последний определяется как дробь, знаменателем которой служит эффективный диаметр песка, а числителем—диам. таких зерен, что большие из них по размерам составляют 40% данного песка. Напр., если в песке 40% зерен крупнее 0,5 мм поперечником и 10%—мельче 0,25 мм, то коэф. неоднородности будет $0,50 : 0,25 = 2,00$. Чем больше этот коэф., тем неоднороднее песок, а при коэф-те неоднородности 1 величина зерен совершенно одинакова. По А. Газену коэф. проницаемости k может выражаться через эффективный диам. при коэф-те неоднородности не выше 5. Необходимо также иметь в виду зависимость коэф-та проницаемости от характера распределения зерен и от формы их. Значение k для нек-рых сыпучих пород показано в табл. 10.

Табл. 10.—Значение коэффициента проницаемости.

Наименование сыпучей породы	Диам. зерна в мм	Коэф. проницаемости в м/сек
Дюнный песок из Голландии	—	0,0002
То же со следами глины	—	0,0008
Речной песок	0,1—0,3	0,0025
»	0,1—0,8	0,0088
Фильтровальный песок (Гамбург)	—	0,0077
Мелкий гравий	2,04—4,0	0,0330
Средний гравий	4,0—7,0	0,0351
Искусственная смесь Дарси из зерен 0,77 мм 58%, 1,10 мм 13%, 2,00 мм 12%, гравия 17%	—	0,0003

К. Терцаги дал для коэф-та водонепроницаемости полуэмпирич. ф-лу:

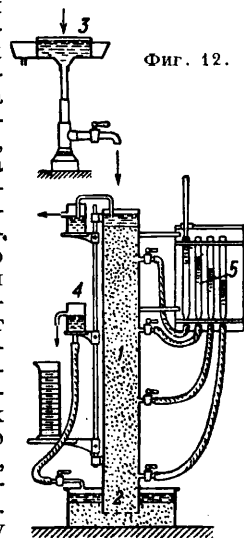
$$k = \frac{c}{\eta_0 \eta_t} \left(\frac{n-0,13}{\sqrt{1-n}} \right)^2 4R_{ef}^2, \quad (9)$$

где η_0 и η_t —значения вязкости воды при 10° и при темп-ре t соответственно; n —приведенная пористость; c —эмпирич. коэф., зависящий отчасти от степени однородности зерен песка и в особенности от их формы, значение k -рого изменяется в пределах от $800\eta_0$ (у песков с округлыми и гладкими зернами) и до $460\eta_0$ (у песков с зернами неправильной формы и шероховатыми).

При помощи ф-лы Терцаги получается приведенный коэф. водонепроницаемости, т. е. отношение k к пористости 50% (приведенная пористость 1) и к нормальной $t^\circ 10^\circ$, следовательно устанавливающий зависимость водонепроницаемости грунта от формы зерен и их однородности. Ф-ла Терцаги в промежуточные значения пористости от 26% до 47,6% (т. е. 0,352 и 0,905 приведенной пористости) дает кривую водонепроницаемости, весьма близко совпадающую с кривой Слейтера. Но необходимо иметь в виду, что ф-ла Терцаги остается действительной только для песка совершенно чистого и что даже ничтожная примесь глины делает эту формулу непригодной; равным образом результаты вычислений искажаются при наличии пузырьков воздуха. Искажающее действие глины объясняется формой ее частиц—весьма тонких и гибких минеральных чешуек, тогда как зерна песка жестки и б. или м. округлы (см. *Пластичность*); поэтому капиллярные каналы в песке обладают сечением, приближающимся к кругу, а капилляры в глине подобны щелям и притом постоянного просвета. Терцаги дал для порошков из чешуеобразных зерен ф-лу, соответствующую ф-ле (9), а именно:

$$k = \frac{c}{\eta_0 \eta_t} (e - 0,15)^3 (1 + e) 4R^2, \quad (10)$$

где e —приведенная пористость. Проверка ф-л (9) и (10) и установление их эмпирич. коэф-тов м. б. достигнута путем установления зависимости между пористостью и коэффициентом водонепроницаемости. При подобном испытании может применяться прибор Е. Принца (фиг. 12) для почвы, добытой из буровой скважины, а также приборы Терцаги (фиг. 13—для песка и фиг. 14—для глины). В приборе Принца проба загружается возможно плотно в цилиндр 1, замкнутый ситом 2. Высота фильтрующего пласта должна равняться приблизительно 1 м. Вода наливается сверху и постоянно уровнем поддерживается краном 3, сифоном и стоком 4. Фильтрующий пласт делится на 3—4 равные части, обладающие одинаковым сопротивлением. Давление в соответственных местах устанавливается по водомерным трубкам 5, снабженным миллиметровыми шкалами с нониусом. Для удаления воздуха у тубусов, к к-рым присоединяются водомерные трубки, д. б. особое приспособление, трубки д. б. предохранены от засорения песком посредством пробки из ткани или ваты. Прибор Терцаги (фиг. 13) для испытания песка представляет цилиндрич. фильтр, в к-ром песок 1 насыпается в латунную сетку. Вода может пропускаться как снизу вверх, так и наоборот; последнее особенно удобно. Потеря напора измеряется градуированной трубкой, находящейся под проволочной сеткой. При производстве опыта отмечается: площадь сечения и толщина слоя песка, способ его подготовки (рыхлый, встряхнутый, утрамбованный), пористость, средний уд. вес зерен, t , механич. анализ песка, эффективный радиус зерен, их



форма, количество профильтрованной воды и потеря напора. Прибор для испытания глины (фиг. 14) состоит из сосуда, на внутренних выступах к-рого лежит дырчатая бронзовая пластинка 1, прикрытая мелкой проволочной сеткой. На последнюю насыпается чистый кварцевый песок 2 (зерна 0,5 мм.) и затем кладется тонкий лист фильтровальной бумаги. На песок накладывается кольцо, заполненное на высоту 2,0 см пластичной жидкой глиной 3, и притягивается к сосуду с помощью другого кольца и болтов. На верхнюю поверхность глины накладывается фильтровальная бумага и затем песок 4. Заполненное водою пространство ниже дырчатой бронзовой пластинки сообщается с трубкой высотой 10 см и диам. 0,6 см. Вертикальная трубка заполняется водою, когда будет достигнуто равновесие глины и наложенного на нее груза. По скорости понижения уровня в трубке (наблюдения делаются трижды в день) вычисляется коэф. водопроницаемости. Опыты ведутся при нагрузках 0,75, 1,6 и 24 кг/см², причем на опыт требуется 28—42 дня; требуется большое постоянство температуры, подливание воды в кольцевое пространство (в виду испарения и определения влажности в каждом из образцов глины

В виду сделанного указания Терпаги дает исправленную ф-лу для коэф-та водопроницаемости глины, а именно:

$$k = \frac{c}{\eta_0} \frac{\eta_0}{\eta_t} \frac{(e-0,15)^{11} (1+e)}{\eta_t (e-0,15)^8 + \frac{c}{R_{ef}^8}} \cdot R_{ef}^2. \quad (12)$$

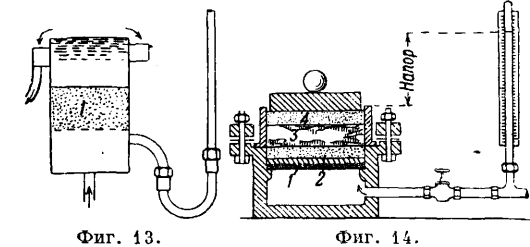
Зависимость строения глины от содержания в ней влажности (в противоположность песку, к-рый не набухает и геометрия к-рого от влажности следовательно не зависит) ведет к требованию характеризовать водопроницаемость глинистых грунтов не одним числом, а кривой, дающей водопроницаемость, как ф-ию влажности. Кроме того в отношении глин необходимо также учитывать адсорбционные явления, ведущие к сужению каналов и к постепенному снижению водопроницаемости.

Измерение С. Согласно общему определению, значение С., или пористости, как суммы всех полостей тела, отнесенной к объему тела, меняется в соответствии со способом испытания и потому у одного и того же тела м. б. оценено весьма различно. Однако существует испытание, особенно распространенное и относящееся преимущественно к грубой С., доступной непосредственному наблюдению, т. е. состоящей из макроскопич. и отчасти микроскопич. пор. Эта С. измеряется количеством жидкости, которую в состоянии воспринять в себя тело; так как в естественных условиях поглощаемую жидкостью бывает преимущественно вода, то этот вид С. называют также в лаг- или в од-емкостью (Wasseraufnahmefähigkeit). При этом д. б. сделана оговорка, что порами, или скважинами, в материалах считают те полости, возникновение которых лежит в природе материала или его переработки, а также пороки, обусловленные длительно существующими способами производства или намеренно производимые, вообще те, к-рые составляют регулярно повторяющуюся нормальную характеристику данного материала; напротив, все случайные и нерегулярно повторяющиеся полости, как напр. в керамич. черепае—от обожженных кусков серного колчедана, марказита, обломков гипса, кусочков дерева, треснувших швов, трещин обжига и т. д., не должны входить в характеристику С. Количество поглощенной воды по массе и по объему выражается одним и тем же числом, но отношение его к массе или к объему поглощающего тела даст числа не тождественные, зависящие от уд. в. самого черепа (табл. 11). Для практики важно как водопогло-

табл. 11.—Пример несоответствия объемной пористости с весовой (по Г. Людвигу).

Сопоставляемые величины	Образец керамич. черепа	
	I	II
Вес сухого образца в г	100	200
» напит. вод.й образца в г	120	240
Пористость по весу в %	20	20
Объемный вес	2	3
Объем в см ³	50	66,67
Пористость по объему в %	40	60

щение по массе (по весу) W_g , так и водопоглощение по объему W_v , причем первое особенно наглядно характеризует различные молекулярные процессы в теле, а второе—строение тела. Если объем насыщенного водою тела (так наз. кажущийся объем) обозначать через W_w , массу сухого тела—через G_t и наконец массу насыщенного водою тела через G_w , то водопо-



по окончании опыта). Как показали опыты, в пределах пластичности и в состоянии полутвердом глина подчиняется закону Дарси; напротив, полужидкие глины обнаруживают коэффициент водопроницаемости, уменьшающийся при уменьшении гидравлического градиента от 50 до 15—10 и принимающий постоянное значение лишь при малых напорах. Эта особенность стоит в связи с весьма большой рыхлостью полужидкой глины (приведенная пористость 2, тогда как для шаров она не более 0,91), т. е. с соотношением строения (фиг. 6), т. ч. средний размер капилляров значительно превышает средний диам. частиц. Эти последние удерживаются на своих положениях начальным трением (по Терпаги не менее 10⁻⁶ дин на каждое соприкосновение между двумя частицами) и потому при значительном напоре воды подвергаются упругим и неупругим деформациям и перемещениям; в соответствии с этим изменяются размеры каналов и, значит, значение коэффициента водопроницаемости; лишь при весьма малом гидростатич. давлении исчезают упругие деформации, и коэффициент водопроницаемости устанавливается. Прохождение воды через полужидкую глину можно поэтому сравнить с потоком воды через систему тонких, очень упругих резиновых трубок. При чрезвычайной тонкости каналов у глины в состоянии пластичном (порядка 0,1 м.) необходимо учитывать изменение в них вязкости воды, из η_0 в η'_0 , согласно ф-ле Терпаги:

$$\eta'_0 = \eta_0 \left(1 + \frac{a}{r^3}\right), \quad (11)$$

где r —радиус тонкого канала, а a —постоянная, содержащаяся в пределах $6 \cdot 10^{-42}$ и $2 \cdot 10^{-43}$.

глотшение по массе, т. е. число g воды в 100 g насыщенного водою тела,

$$W_g = \frac{(G_n - G_v) 100}{G_v} \% \quad (13)$$

Водопоглощение по объему, т. е. число $см^3$ воды в 100 $см^3$ тела (со включением пор),

$$W_v = \frac{(G_n - G_l) 100}{V_v} \% \quad (14)$$

Нередко вместо воды берут другие жидкости, уд. в. S_s , например: керосин, этиловый спирт, чегырехлористый углерод, минеральное масло и другие. Пусть масса насыщенного ею тела G_s и кажущийся объем после насыщения V_s , тогда водопоглощение по массе

$$W_g = \frac{(G_s - G_l) 100}{S_s \cdot G_l} \% \quad (15)$$

водопоглощение по объему

$$W_v = \frac{(G_s - G_l) 100}{S_s \cdot V_s} \% \quad (16)$$

При указанных способах испытания на учет берутся лишь открытые поры, тогда как замкнутые, во многих случаях тоже представляющие большую важность (напр. при выяснении усадки тела, его электрич. свойств и т. д.), оказываются не учтенными. Поэтому абсолютная пористость тела измеряется после обращения его в порошок пикнометрически. Если S — истинный уд. в. испытуемого тела, то истинный объем тела V будет:

$$V = \frac{G_t}{S} \quad (17)$$

Пусть далее кажущийся объем тела, т. е. с включением пор, есть V_r , тогда абсолютная пористость тела по объему будет:

$$\frac{V_r - V}{V_r} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_r}\right) \cdot 100\% \quad (18)$$

или

$$\frac{V_r - G_r}{S} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{G_r}{S \cdot V_r}\right) \cdot 100\% \quad (19)$$

И соответственно по массе:

$$\begin{aligned} \frac{V_r - V}{G_r} \cdot 100\% &= \frac{v \left(\frac{V_r}{V} - 1\right)}{G_t} \cdot 100\% = \\ &= \frac{v_r \left(1 - \frac{V}{V_r}\right)}{G_t} \cdot 100\%; \end{aligned} \quad (20)$$

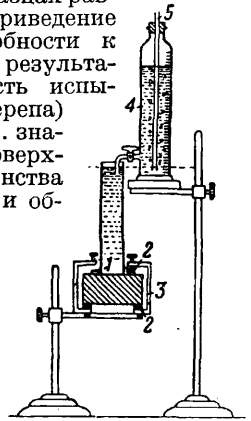
$$\begin{aligned} \frac{V_r - \frac{G_t}{S}}{G_t} \cdot 100\% &= \frac{V_r S - 1}{S} \cdot 100\% = \\ &= \left[\frac{1 - \frac{G_t}{S V_r}}{G_t} \cdot 100\% \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

При испытании на пористость необходимо учитывать, что неполное насыщение водою открытых пор необходимо поведет к выводу о ложном избытке замкнутых. Поэтому на тщательность пропитки обращается постепенно все большее внимание. Так напр., до постановления Берлинской конференции 20 сентября 1890 г. и даже после нее влагоемкость керамич. черепа определялась посредством сушки при 30°, последующего 24-часового частичного погружения в воду при комнатной t° и затем 24-часового полного погружения. По постановлению Берлинской конференции испытание должно вестись одновременно на десяти образцах. Пост (Chem. Techn. Analyse) рекомендует просушивать эти 10 образцов при 50° до постоянного веса и затем следить за весом отчасти покрытых водою образцов, а затем вполне покрытых по прошествии 24, 72, 96 и 144 суток.

Такой способ пропитки не способен удалить из образца воздух. Поэтому было предложено пропитывать

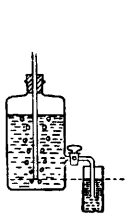
образец в течение 15—20 мин. под вакуумом. Согласно способу (применимому на Герм. ф-ке каменного товара для канализации и химической пром-сти во Фридрихс-фельде в Бадене), введенному О. Гофманом, процесс пропитки ведется так: выбивают кусок 10×10 см (притяжные осколки д. б. тщательно удалены) и просушивают при 120° до постоянного веса. Тонкие соляные глазури, примерно до 5 мм толщины черепа, не искажают результаты, т. к. масса их слишком мала сравнительно с массой черепа. При более тонких черепах, особенно с толсто наложенными глазурями, шпательными, глиняными и другими искусственными глазурями, эти последние должны быть сбиты, сошлифованы и удалены песчаной струей (у вращающихся черепов — также травлением); у неглазурованного товара с сравнительно коротким временем обжига (кирпич и т. п. материал) наружная корка обжига всегда более плотная, чем поверхностный плотный слой у товаров, изготовленных при сильном давлении (гидравлически опрессованные пластины). Подготовленные, т. е. просушенные, охлажденные в эксикаторе и взвешенные образцы погружаются примерно до половины в дистиллированную или хотя бы многократно вскипяченную бедную солями водопроводную воду и если они глазурованы, то в таком положении, чтобы глазурированная поверхность стояла вертикально (с целью устранить скопление воздуха под непроницаемым слоем глазури). Когда начавшееся сипение закончится, то практически достигнута граница свободно протекающего напитывания. Затем образец покрывается водою весь, чтобы избежать потери от испарения, вода нагревается до кипения, кипятится в течение часа и охлаждается; по прошествии 24 час. протертый полотенцем образец взвешивается, что при более точных работах делается в тарированном закрывающемся сосуде; получающаяся разность соответствует поглощению воды в g , при принятии во внимание уд. в. насыщающей жидкости (измерить t°) — также в $см^3$, т. е. объему пор. Найденное значение выражается в весовых % и в объемных %; для последнего случая д. б. определен кажущийся объем со включением объема пор — у насыщенного одним из предписанных способов водою черепа, лучше всего в волюмометре. Особенными мерами предосторожности обставляется испытание плотных керамич. масс, применяемых в электротехнике высокого напряжения (см. *Изоляторы электротехнике*).

Влаговсасывающая способность и влагопроницаемость. Под влаговсасывающей способностью (Wasseraufsaugvermögen) разумеется способность скважистых тел воспринимать при определенном напоре определенное количество влаги на единицу поверхности в единицу времени. Эта характеристика установлена в отношении керамич. материалов. Так напр., согласно постановлению Берлинской конференции 20 сентября 1890 г. водовсасывание глиняных труб и кровельной черепицы при стандартных условиях д. б. порядка 20—25 $см^3$. Значение этой характеристики зависит от толщины испытуемого образца, и потому сравнительные значения м. б. получены только при образцах равной толщины; однако приведение влаговсасывающей способности к 1 $см^3$ не дает сравнимых результатов, поскольку пористость испытуемого тела (гл. обр. черепа) во внутренних слоях м. б. значительно больше, чем у поверхности — вследствие неравенства давлений при прессовке и образования корки обжига. Наряду с влаговсасывающей способностью у скважистых тел испытывается также влагопроницаемость, т. е. способность пропускать через себя при определенном напоре определенное количество воды через единицу поверхности за единицу времени. Влаговсасывающая способность и влагопроницаемость измеряются при помощи прибора, изображенного на фиг. 15. Стекланный цилиндр ок. 10 $см^3$ поперечного сечения (35 мм диам.) герметически присоединяется

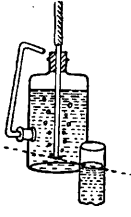


Фиг. 15.

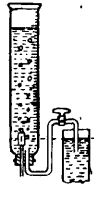
к испытываемому материалу (черепу размером $10 \times 10 \text{ см}$), просушенному при 120° и свободному от глазури, причем вне цилиндра, за исключением поверхности такого же круга с противоположной стороны, все тело делается влагонепроницаемым и укрывается так, чтобы нижняя поверхность его была доступна наблюдению. Герметичность присоединения достигается посредством примазки глицериновой мастики и водонепроницаемого лака или же помощью резинового кольца 1, прижимаемого металл. кольцами 2 и закрепляемого скобами 3. Затем в цилиндр вливается пипеткой 10 см^3 воды, измеряется время всасывания ее, снова вливается $10\text{--}15 \text{ см}^3$, причем вода выступает на нижней поверхности, и наконец еще 10 см^3 , ведущие к образованию капель, для к-рых устанавливается время просачивания и соответственное количество воды. При другом способе испытания в цилиндр сразу вливается большое количество воды и по мере снижения ее уровня подливается вновь. Еще лучше вести испытание при постоянном давлении. Для этого высота вод. столба ок. 20 см (вливается 200 см^3) поддерживается на неизменной высоте при помощи мариоттова сосуда 4 (фиг. 15, 16, 17, 18),



Фиг. 16.



Фиг. 17.

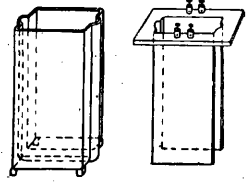


Фиг. 18.

нижнее отверстие воздухоприводной трубки 5 к-рого д. б. на одном уровне с вод. столбом в цилиндре. Определяется время до появления выпота и росы на поверхности испытываемого тела и до образования капель, а также количество воды, просочившейся за определенное время; количество просочившейся воды м. б. определено в частности отсчетом потребленного количества ее (фиг. 18). Если материал в условиях службы может находиться временами под внутренним давлением, то указанные испытания нужно вести в обоих направлениях, каждый раз на свежем или заново просушенном образце.

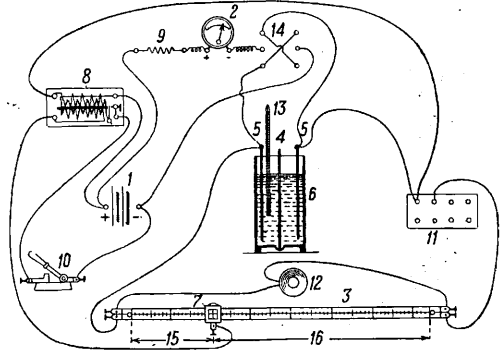
В отношении материала керамиковых труб представляет практический интерес преимущественно влагонепроницаемость водонасыщенного черепа и притом по обоим направлениям, а в отношении кровельной черепицы—водопроницаемость как сухого, так и влажного материала, но только в направлении просачивания. От нек-рых материалов проницаемость, напротив, требуется. Так напр., керамиковые диафрагмы, применяемые при электролитич. и электросинтетич. процессах, д. б. достаточно тонко пористы, чтобы обладать необходимой механич. прочностью (и притом не убывающей от электрохимич. воздействия тока) и не допускать значительного перехода электролитов или ионов из катодного пространства в анодное, и наоборот; но вместе с тем сумма поперечных сечений всех капиллярных скважин д. б. достаточно велика, чтобы электролитич. сопротивление диафрагмы было возможно малым. На практике диафрагмам приходится работать в электролитических ваннах при t° почти до 100° . Что же касается концентраций, то увеличение их ограничено отсутствием достаточно

стойких материалов (концентрация серной кислоты может доходить до 90% , а щелочи до 10%). Обычные плотности тока $1\text{--}2 \text{ А/дм}^2$ при $3,5\text{--}4,5 \text{ В}$, но в отдельных случаях $6\text{--}8 \text{ А/дм}^2$ при 6 В . Испытание диафрагм на электропроводность ведется путем измерения разности потенциалов в ванне с диафрагмой и затем без диафрагмы; при 5 мм толщины диафрагмы и плотности тока $0,15\text{--}0,20 \text{ А/см}^2$ наличие диафрагмы в ванне с $20\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ при 20° должно вызвать потребность в добавочных $0,15\text{--}0,20 \text{ В}$. После длительной службы диафрагмы стареют—в кислых электролитах весьма увеличивают свое сопротивление, а в щелочных утрачивают механич. прочность; поэтому испытанию должны подвергаться образцы как свежие, так и предварительно обработанные пропиткой и проваркой в соответственных средах, при изменении концентраций, температуры и времени. Испытание ведется в ванне $12 \times 12 \times 20 \text{ см}$, снабженной вертикальной бороздой (фиг. 19). Испытываемая диафрагма может быть быстро укреплена в



Фиг. 19.

этой борозде посредством резиновой трубки, из которой выкачан воздух, достаточно плотно закрывающей зазор по вхождению воздуха. На деревянной раме, накладываемой на ванну, укрепляют два параллельных электрода $8 \times 19 \times 0,2 \text{ см}$ во взаимном расстоянии $7,5 \text{ см}$; в случае тонкости пластинок они примазываются к стеклянным. Материал электродов: железо—в щелочных ваннах, медь—в меднокупоросных, свинец—в сернокислых. Схема установки для испытания по Кольраушу показана на фиг. 20, где 1—аккумуляторная батарея, 2—амперметр, 3—мостик Кольрауша, 4—диафрагма, 5—электроды, 6—стеклянная ванна, 7—скользящий контакт, 8—индукторий (катушка Румкорта), 9—реостат, 10—рубильник, 11—магазин сопро-



Фиг. 20.

вления, 12—телефон, 13—термометр, 14—переключатель, 15 и 16—отрезки струны, дающие минимум звука в телефоне. Перед каждым измерением первичный ток индуктория прерывается рубильником 10, а переключателем 14 пропускается через электролит, примерно в течение 3 сек. , поляризующий постоянный ток в $2\text{--}3 \text{ А}$ при $8\text{--}10 \text{ В}$. После этого дается на 3 мин. переменный ток, затем контакт реохорда устанавливается на минимум звука в телефоне и вычисляется сопротивление ванны как с диафрагмой (w_d), так и без нее (w_0). Константа d , характеризующая способность диа-

фрагмы пропускать ток, выражается по Меллеру соотношением:

$$d = \frac{h}{\frac{w_d}{w_0} L - (L-1)}, \quad (22)$$

где L —межэлектродное расстояние, а h —средняя толщина стенки диафрагмы. Соотношение это основано на указанной Лебланом пропорциональности между электропроводностью канала и его сечением (хотя жидкостепроводность пропорциональна квадрату сечения), а кроме того Меллером вводятся две предпосылки лишь приблизительной точности, а именно: приравнивается длина скважин в диафрагме к ее толщине и пористость поверхностной корки диафрагмы—к пористости внутренних слоев. На самом деле однако длина скважин превосходит толщину стенки, а поверхностная корка—плотнее внутренних слоев. Поэтому сравнимые данные м. б. получены лишь при испытании образцов одной и той же толщины. Влагопроницаемость диафрагмы измеряется помощью прибора (фиг. 21) Керди и Гюи. Испытуемый образец в виде круглой пластинки диам. в 11,5 см и толщиной 0,5—0,8 см зажимается с прокладкой уплотнительных резиновых колец между двумя большими воронками с фланцами, затем извне примазывается и заливается сплавом из 2—3 ч. канифоли и 1 ч. пчелиного воска. Затем нижняя воронка наполняется подкисленной водой, свободной от пузырьков воздуха, и после осторожного укрепления присоединяется к нижней системе труб. После этого наполняется подкисленной водой из мариоттова сосуда 1 верхняя воронка. Трубка 2 показывает верхний уровень давящего столба жидкости, а трубка 3—нижний, т. е. напор p м. б. отсчитан непосредственно по шкале. Если за время t через диафрагму толщиной h и поверхностью q протекает m см³ жидкости, то константа C материала, характеризующая его влапопроницаемость, выражается соотношением:

$$C = \frac{hm}{qpt}. \quad (23)$$

По соображениям, указанным выше, сравнимые результаты м. б. получены лишь при испытании пластинок равной толщины.

Влагоподнимающая способность. Под влагоподнимающей способностью (Wassersteigfähigkeit) разумеется способность скважистых тел к капиллярному подъему воды, к-рый служит мерою несопротивляемости соответственных материалов проникновению влаги, например из земли в стены фундамента. В отношении кирпича испытание ведется по Краце (Kraze) в плоской ванне, в которой непрерывно течет вода с такою скоростью, чтобы глубина слоя была все время 1 см (фиг. 22). В этой ванне устанавливаются на-голову целые кирпичи и затем определяется время, проходящее до появления влажности на верхней голов-



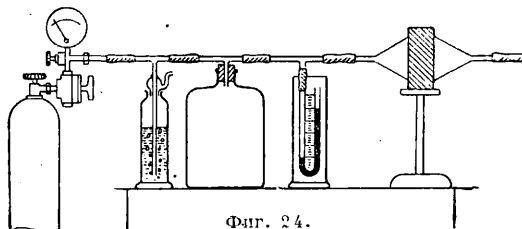
Фиг. 22.

ной стороне. Водоподнимающая способность выражается в ск. этого времени, отнесенного к объему кирпича в см³ (кажущемуся объему со включением пор). Индикатором влажности, прошедшей через кирпич, может служить насыпанная на верхнюю головную сторону кирпича кучка какого-либо порошка, при наличии влажности пристающего к пальцам при легком сжатии, вполне просушенной размолотой глины, крахмала, кремнекислоты. Пользуются и кристаллами железистосинеродистого калия или роданистокалиевой бумагой, причем в последнем случае к всасываемой воде добавляется хлорное железо.



Фиг. 23.

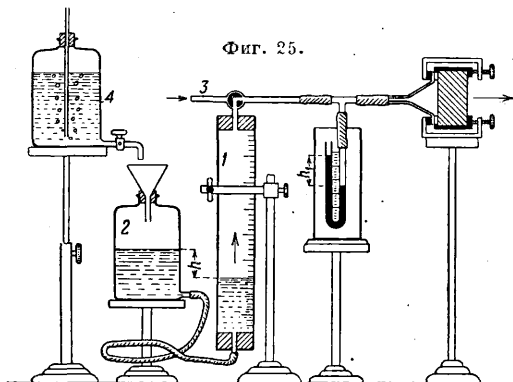
Измерение газопроницаемости. Газопроницаемость, т. е. свойство материала данной толщины пропускать в единицу времени определенное количество газа при определенном давлении и t° через единицу поверхности, измеряется при помощи установки (фиг. 23), принятой Герм. ф-кой каменных товаров для канализации и химич. пром-сти во Фридрихсфельде в Бадене. Пластинка испытуемого материала, примерно 10×10 см, покрывается несколько раз со всех сторон газонепроницаемым лаком, причем оставляют непокрытыми две точно лежащие друг против друга круглые поверхности (например 20 см² площадью, т. е. 5 см диам.); вместо покрытия лаком можно примазывать к пластине шаблон, для воздуха—к одной стороне, а для других газов—к обеим; еще целесообразнее пользоваться резиновыми уплотняющими кольцами. Затем к пластине герметически присоединяется воронка с фланцем, сообщаясь с манометром и градуированным цилиндром, содержащим воду или другую непоглощающую газ жидкость; это сообщение делается посредством бунзенового клапана—закупоренной на конце резиновой трубки, надрезанной на 1 см длины. Спуская воду из цилиндра при помощи трубки, введенной в него через пробку, устанавливают по манометру желаемое давление и затем замечают время, в к-рое объем разреженного газа возрастает на 1 000 или на 2 000 см³. По данной t° и давлению объем газа пересчитывается к нормальным условиям. Объем разреженного газа м. б. измерен также по количеству вылившейся воды, и тогда вместо цилиндра можно пользоваться большой бутылкой. Если испытание ведется с газом, отличным от воздуха, то на противоположной стороне испытуемой пластины укрепляется другая воронка, которая присоединяется к газометру или к бомбе с сжатым газом, причем необходимо включить и второй манометр (фиг. 24). В вышеописанных



Фиг. 24.

метру желаемое давление и затем замечают время, в к-рое объем разреженного газа возрастает на 1 000 или на 2 000 см³. По данной t° и давлению объем газа пересчитывается к нормальным условиям. Объем разреженного газа м. б. измерен также по количеству вылившейся воды, и тогда вместо цилиндра можно пользоваться большой бутылкой. Если испытание ведется с газом, отличным от воздуха, то на противоположной стороне испытуемой пластины укрепляется другая воронка, которая присоединяется к газометру или к бомбе с сжатым газом, причем необходимо включить и второй манометр (фиг. 24). В вышеописанных

установках измеряется количество воды и соответственное разрежение со стороны, куда направлен ток газа. Вологдиным предложено измерять количество вытесненной воды и соответственное избыточное давление со стороны при-



Фиг. 25.

тока газа (фиг. 25). Градуированный цилиндр 1 емкостью ок. 2 000 см³ соединен посредством трубки с сосудом 2, поддерживающим постоянный уровень жидкости. Тройник 3 в верхней части цилиндра присоединяется к манометру и заправленному ранее описанным способом образцу скважистого тела. Для заполнения цилиндра газом кран 3 открывается наружу, из сосуда 2 цилиндр 1 наполняется водою, затем сосуд 2 опускается, газ отсасывается в цилиндр 1 и кран 3 закрывается. Посредством подъема сосуда 2 устанавливается в цилиндре 1 желаемое манометрич. давление h_1 , для чего в сосуде 2 и цилиндре 1 д. б. разность уровней h , к-рую поддерживают неизменною мариоттовым сосудом 4. При испытании определяется время, необходимое для подъема уровня в цилиндре 1 на определенное число делений. Как и в ряде ранее упомянутых случаев, необходимо учитывать, что пересчет к единичной толщине испытываемого материала может повести к существенной ошибке, и потому испытания должны непосредственно вестись на пластинах одной толщины. Газопроницаемостью керамич. масс имеет значение как отрицательное, так и положительное,—первое в отношении керамич. материалов, служащих непроницаемыми оболочками, а второе в отношении носителей катализаторов, т. е. пористых керамич. тел, пропитанных контактным веществом. Однако и в том и в другом случае особый интерес представляет газопроницаемость при высоких t° . Соответственные испытания ведутся при помощи аппаратов, описанных выше; но части их, подвергающиеся нагреву, делают из газонепроницаемого глазурированного фарфора или из пифагорейского фарфора, а также из специальной массы Саксонской фарфоровой фабрики в Мейссене. Нагрев ведется в электрической печи. В систему газопроводов включается газонепроницаемый холодильник.

Измерение величины скважин. При наличии б. или м. крупных скважин, макро- или микроскопических, но приблизительно одной величины и притом б. или м. правильной формы—цилиндрич., сферич. и т. д., измерение их величины не представляет особых трудностей. Промер макроскопич. скважин м. б. произведен с желаемой степенью точности одним из приборов для измерения, причем особенно большая точность требуется сравнительно ред-

ко в виду редко наблюдаемого точного равенства отдельных скважин между собою. Микроскопич. поры измеряются на поверхности излома, среза или шлифа в отраженном свете или на прозрачном срезе или шлифе в проходящем свете; видимость пор м. б. повышена в одних случаях применением поляризованного света. В других—посредством пропитки шлифа или разреза окрашенным парафином, в третьих—посредством втирания в исследуемую поверхность вазелина с сажей, китайской туши и т. д. (см. *Изоляторы электрические*, испытание фарфора). Самое измерение проводится либо непосредственно над микрокартиной помощью окулярного микрометра либо измерениями помощью линейки над спроектированным на экран изображением, зарисовкою или микрофотографич. снимком. Однако прямое измерение величины скважин даже в тех случаях, когда они не слишком малы, оказывается мало целесообразным, если скважины не равны между собою, и средние известного числа измерений оказываются несколько не характеризующими действительную С. тела. Найти же функцию распределения скважин по величине бывает слишком затруднительно. Указанные средние значения величины скважин вовсе теряют свой смысл, если скважины не обладают на своем протяжении постоянной толщиной, как напр. это бывает в вате (см.), в телах войлокообразных (см. *Волокнистые изоляционные материалы*), в гравии (см.), в песке (см.) и т. д., т. е. в материалах, представляющих особенно практическое значение. Но если бы точное знание размеров подобных скважин по всему их ходу и было достигнуто, все-таки это знание принесло бы мало пользы, потому что подсчет соответственного эффекта этих скважин в отношении различных деятелей оказывается весьма затруднительным, а в большинстве случаев—и просто недоступным. Поэтому независимо от легкости или трудности непосредственного измерения подобных скважин бывает выгодно знать не их подлинные размеры, а размеры нек-рых фиктивных, равных между собою средних скважин, которые своею совокупностью могли бы в отношении обобщаемого деятеля произвести эффект, равновеликий эффекту действительной системы скважин. Величина этих эффективных, или действующих, скважин может иметь мало общего со скважинами действительными; это видно хотя бы из того, что в отношении различных деятелей величина эффективных скважин оказывается далеко не тождественной, т. ч. при сообщении размеров эффективной скважины необходимо д. б. указан и тот деятель, эффект к-рого в данном случае имеется в виду.

Измерение скважин в ультрафильтрах. В ультрафильтрационном аппарате Бехольда ультрафильтры делаются из пропускной бумаги, пропитанной раствором коллодия или желатины. Плотность ультрафильтра и соответственные размах скважин обусловлены концентрацией пропитывающего раствора; С. понижается с увеличением плотности раствора. В табл. 12 приведены два крайних случая ультрафильтров. Размер скважин может измеряться одним из трех предложенных Бехольдом способов. 1) Испытание помощью стандартных коллоидов. Список коллоидов, расположенных по возрастающей дисперсности (табл. 13), позволяет в случае прохождения через него соответствен-

Табл. 12.—Примеры ультрафильтров (по Ж. Дюкло).

Наименование данных	Скважистый фильтр	Плотный фильтр
Состав	Спирта 96° Эфира 65° Нитроцеллюлозы	250 см ³ 700 см ³ 50 г
Толщина пленки	20 г 1/3 мм	50 г 0,02 мм и более
Содержание сухого вещества	8%	40%
Вес пленки на 1 м ²	30 г	10 г
Фильтрационная способность в отношении воды через 1 дм ² за 1 час	500 см ³ *1	5 см ³ *2

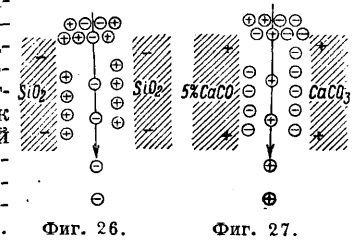
Скважистый фильтр полностью задерживает железистосинеродистую медь и сернистый мышьяк; плотный фильтр—почти все коллоиды.— *1 При давлении 50 см воды. *2 При давлении 100 см воды.

Табл. 13.—Стандартные коллоиды возрастающей дисперсности (по Г. Бехольду).

Коллоид	Размер частицы, мμ	Мол. в.
Суспензии	—	—
Берлинская лазурь	—	—
Золь платины Бредига	—	—
Гидрозоль окиси железа	—	—
Казеин	—	—
Сернистый мышьяк (Жигмонди № 4)	ок. 44	—
Бисмон (коллоиды окись висмута по Паалу)	—	—
Лизаргин (коллоиды серебро по Паалу)	—	—
Коларгол (коллоиды серебро по Гейдену)	ок. 20	—
Золь золота (Жигмонди № 0)	ок. 1—4	—
1%-ный раствор желатина	—	ок. 16000
1%-ный раствор гемоглобина	—	5 000—15000
Сывороточный альбумин	—	—
Дифтерийный токсин (протальбумоза)	—	—
Коллоидная кремневая к-та	—	—
Лизальбиновая к-та	—	—
Дейтер альбумозы А	—	—
Дейтер альбумозы В	—	ок. 2 400
Лакмус	—	—
Декстрин	—	ок. 965
Кристаллоиды	—	—

ных частиц путем фильтрации через данный ультрафильтр установив верхний предел размера его скважин. В. Оствальдом предложено испытывать ультрафильтры помощью свежеприготовленных растворов ночной голубой (или гидрозоля мастики), красной конго и коларгола (размер частиц ок. 20 мμ). Четырехпроцентный коллоидный фильтр должен давать фильтраты всех трех растворов бесцветные; 3%-ный фильтр не пропускает лишь ночную голубую, а иногда и красную конго; 2%-ный фильтр задерживает одну ночную голубую, если только стандартные растворы изготовлены не слишком слабые. Вариантом указываемых способов следует считать гемоглобинный способ Бехольда, состоящий в фильтрации 1%-ного раствора гемоглобина. Однако при этом способе испытания необходимо иметь в виду, что задержка частиц на стенках скважин не во всех случаях бывает механич., но иногда обусловлена взаимодействием электрич. зарядов частиц и стенок фильтра. Поэтому мелкопористый фильтр пропускает иногда частицы, задерживаемые фильтром с более крупными порами. Так напр., силикатные фильтры Беркефельда (фиг. 26), изготавливаемые из инфузورной земли или тре-

пела, получают отрицательный заряд, тогда как гипсовые фильтры электрически нейтральны, а углекислокальциевые заряжены положительно (фиг. 27). Смесь SiO₂ и CaCO₃ дает фильтр нейтральный, тогда как двухслойный фильтр из указанных материалов—фильтр двойкозаряженный, задерживающий как отрицательный, так и положительный заряды. 2) Испытание помощью фильтрации и воды. В этом способе



Фиг. 26. Фиг. 27.

размер скважин ультрафильтра устанавливается по скорости *q* просачивания воды через фильтр под определенным давлением *P*. На основании ф-лы Пуазейля

$$q = \frac{P \cdot s^2}{\eta \cdot h} \tag{24}$$

где *h*—длина капиллярной трубки, приравняваемая толщине стенки фильтра, *s*—площадь поперечного сечения трубки, а *η*—вязкость воды при *t*^о опыта. Отсюда м. б. определено значение диам. *D* эффективной скважины. Бехольд пользуется видоизмененным законом Пуазейля и на основании его дает соотношение:

$$D = \frac{(1 + a)qh\eta}{PSa} \tag{25}$$

где *S*—площадь фильтра, *a*—отношение пространства, содержащих воздух, к пространствам, заполненным твердым веществом; значение остальных букв то же, что и в предыдущей формуле (24). Относительно величины *a* естественно предположение, что она весьма мала; однако предположение это ошибочно: даже для столь плотного фильтра, как 5%-ный, Бехольд установил значение *a* в 0,95, т. е. весьма близкое к единице. 3) Испытание помощью продавливания воздуха. Чтобы продавить воздух через капилляр диам. *D* в пленке, заполненной водою и погруженной в жидкость, необходимо довести давление до нек-рого значения *P*. Согласно Кантору давление *P* должно удовлетворять соотношению

$$DP = 2\sigma \tag{26}$$

где *σ*—поверхностное натяжение на границе воды и воздуха, при 18° = 7,7·10 дин/см. Если *P* выражено в *atm*, то (по Кантору)

$$D = \frac{4\sigma}{P \cdot 1,033 \cdot 10^5} \tag{27}$$

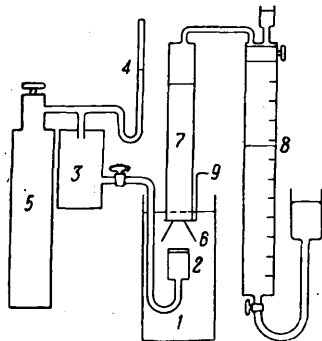
Значения *P*, соответствующие различным *D*, характеризуются данными табл. 14. Этот спо-

Табл. 14.—Давление, необходимое для продавливания воздуха через скважину ультрафильтра (по Г. Бехольду).

Давление, atm	Диам. скважины, мμ	Давление, atm	Диам. скважины, мμ
1	300	100	3
10	30	1 000	0,3

соб был более подробно разработан А. и А. Думанскими и Е. Струковой. Сконструированные ими приборы изображены на фиг. 28 и 29. Достаточно большой стеклянный сосуд 1 (фиг. 28), в к-ром находится воронка 2, дно к-рой представляет испытуемое скважистое тело; воронка присоединяется к толстостенной кол-

бе 3, сообщающейся с манометром 4 и бомбой 5 со сжатым воздухом. Над воронкой 2 помещается опрокинутая воронка 6 с обрезанным концом, направляющая пузырьки воздуха, продавливаемые через скважистое тело, в эвдиометр 7, присоединенный к газовой бюретке 8.



Фиг. 28.

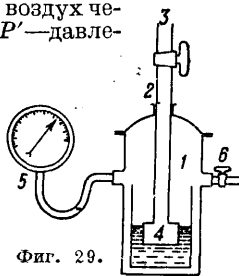
Задвижка с рукояткой 9 позволяет впускать в 7 лишь нужные порции воздуха. Прибор на фиг. 29 состоит из герметически закрытого сосуда 1, через верхний тубус которого 2 проходит трубка с крапом 3, расширенный конец которого заделан скважистым телом 4, погруженным в жидкость (напр. в воду). К сосуду 1 присоединены манометр 5 и трубка 6, идущая к разрежающему насосу. Означенные приборы позволяют на основании соотношения Кантора измерять размеры скважин как в телах с одинаковыми скважинами (и з о п о р о з н ы х), так и в телах со скважинами различной величины (г е т е р о з о р н ы х). В обоих случаях вычисление ведется по скорости и истечения газа, определяемой ур-ием Торичелли

$$u = k \sqrt{P' - P}, \quad (28)$$

где k —коэффициент пропорциональности, P —давление, продавливающее воздух через данный капилляр, а P' —давление, вызывающее ток воздуха. При равенстве скважин все поры пропускают газ при одном давлении P ; диаметр их D находится по формуле (27). Точно так же истечение газа происходит из всех пор при одном и том же давлении P' . Измерив объемную скорость этого истечения v , можно установить и число N этих пор по следующей формуле:

$$N = \frac{4v}{k\pi D^2 \sqrt{P' - P}}. \quad (29)$$

При наличии в теле скважин разного размера $D_1 > D_2 > D_3$ и т. д. в количествах N_1, N_2, N_3 и т. д. соответственно некое давление P_1 будет способно продавить газ лишь через скважины диам. D_1 , но не меньшие, и давление P_1 лишь через скважины D_1 будет давать ток газа. При возрастании давления будет наконец достигнуто значение P_2 , выдавливающее газ из скважин диам. D_1 и D_2 , но не меньшим, и давление P_1 , выделяющее газ через скважины диам. D_1 и D_2 . На основании этой постепенности участия различных скважин в процессе м. б. подсчитана кривая распределения скважин разного диам. Для удобства вычислений можно пользоваться табл. 15. Указанным способом В. Фердинандов измерил С. скорлупы и пленки куриных яиц. Скважины скорлупы обладают поперечником 6—16 μ , тогда как скважины пленки не крупнее 20—30 μ . Для примера в таблицах охарактеризованы С.: а) в табл. 16 двух образцов яичной скорлупы и



Фиг. 29.

Табл. 15.—Давление, необходимое для продавливания воздуха через скважину, заполненную водой (по А. Думанскому и Е. Струковой).

Давление, см Hg	Диаметр, μ	Давление, см Hg	Диаметр, μ
76	3,0	40	5,8
74	3,1	38	6,1
72	3,2	36	6,4
70	3,3	34	6,8
68	3,4	32	7,2
66	3,5	30	7,7
64	3,6	28	8,2
62	3,7	26	8,9
60	3,8	24	9,6
58	4,0	22	10
56	4,1	20	11
54	4,3	18	13
52	4,4	16	14
50	4,6	14	16
48	4,8	13	18
46	5,0	12	19
44	5,2	11	21
42	5,5	10	23

Табл. 16.—Распределение скважин в яичной скорлупе по их поперечнику (по В. В. Фердинандову).

Образец I		Образец II	
Диаметр скважины, μ	Численное содержание, %	Диаметр скважины, μ	Численное содержание, %
11	4,2	12	2,3
10	2,6	10	4,7
8,6	10,0	6,6	27,0
7,5	11,5	4,9	66,0
6,6	0,0	3,9	0,0
6,0	18,3		
5,2	50,0		
4,5	3,4		

б) в табл. 17—С. древесины ольхи, срезанной перпендикулярно сосудистым пучкам, и в той же табл. 17 стеклянного фильтра Шотта.

Табл. 17.—Распределение скважин в стеклянном фильтре Шотта и в древесине ольхи (по А. и А. Думанским).

Стеклянный фильтр Шотта		Древесина ольхи *	
Диаметр, μ	Численное содержание, %	Диаметр, μ	Численное содержание, %
19	0,3	55	67,8
16	0,7	61	30,6
14	1,5	74	1,6
11	6,4		
7,7	21,0		
5,8	70,1		

* Пластика толщиной 0,5 мм, вырезанная перпендикулярно сосудистым пучкам.

4) Испытание помощью фильтрации эмульсии, способ, предложенный в 1910 г. Гатчеком.

С. газовых фильтров. В первом приближении естественно принимать С. газового фильтра тем большей, чем грубее частицы тумана, проходящие через данный фильтр. Однако такое положение оправдывается лишь на частицах сравнительно крупных и может весьма нарушаться для частиц, не достигающих определенного поперечника. В табл. 18 показано в качестве примера соотношение между проницаемостью газового фильтра (т. е. величиной, обратной его активности) и радиусом частиц аэрозоля, проходящих через данный фильтр; как видно из приведенных данных, частицы

Табл. 18.—Соотношение между проникаемостью бумажного фильтра и размерами частиц аэрозоля, образованного дифенилхлорарсином (по В. Гибсу).

Диаметр, μ	Часть аэрозоля, проходящая через фильтр, %
<0,1	52,4
0,1—0,2	87,6
0,2—0,4	98,9
0,4—0,8	30,4
0,8—1,6	4,2
>1,6	—

поперечником менее 0,2 μ проходят через фильтр со значительно большей задержкою, чем частицы 0,2—0,4 μ . В еще большей степени это относится к молекулярно-дисперсным (газовым) смесям. Такая задержка более крупных частиц и газовых молекул объясняется захватами газового потока в скважинном теле. Более грубые частицы отбрасываются тогда центробежно к стенкам скважин и механически задерживаются ими, тогда как более тонкие частицы увлекаются далее возникшим завихрением. Так напр., слой древесного угля из зерен поперечником ок. 1 мм нацело извлекает из смеси с воздухом хлор, поглощая его вследствие весьма развитой внутренней поверхности, тогда как табачный дым, пары серной кислоты, а также туманы и дымы, получаемые при взрыве разных органич. жидкостей, проходят через указанный фильтр без изменения своего состава. По той же причине фильтры из войлока и бумаги оказываются более действительной защитой от дымов и тумана, чем угольный фильтр, служащий тем не менее хорошим противогазом. Точно так же бумажный фильтр из неплотной массы длинных волокон более действителен, чем плотный из волокон коротких, т. к. строение первого благоприятствует появлению длинных извивающихся каналов.

С. поглотителей. Сильно развитая система весьма мелких скважин в поглотителях (активные угли, силикагель, поглотительные глины и т. д.) ведет к большим значениям их удельной поверхности и потому к резко выраженным сорбтивным свойствам. Во всех подобных телах имеется развитая система микроскважин

(пример дан на фиг. 30—сечение активного угля, видимое под микроскопом). Однако подобные микроскопические поры в животном и др. углях, *табашире* (см.), *силикагеле* (см.) и прочих поглотительных веществах могут объяснить лишь капиллярную поглотительную способность, а не специфическую, согласно терминологии Ченей (Chaney). В силу этой способности активные вещества поглощают газы в большом количестве, но столь же легко отдают их обратно; напротив, специфич. поглощение газов менее значительно, но необратимо или труднообратимо. Это последнее связано согласно Гербсту с ультрапористостью поглотителей, существующей наряду с обыч-

ной пористостью. Существование весьма малых каналов, по крайней мере в 100 раз меньших чем объекты, доступные микроскопу, подтверждается различным поглощением газов с молекулами различной величины. Если поглощение мелких молекул (напр. CO_2) выражается числом A , а поглощение больших (напр. SO_2) числом B , то величина

$$U = \frac{A-B}{B} 100, \quad (30)$$

называемая падением ультраактивности (Гербст), характеризует относительное содержание более крупных пор. Величина ультрапор вычисляется по ф-ле Андерсона:

$$r = \frac{2\sigma \cdot \delta_0 \cdot 0,4343}{d \cdot p_0 \cdot \lg(p_0/P_1)}, \quad (31)$$

где r —средний радиус ультрапор, σ —поверхностное натяжение жидкости, пар которой поглощается (при 25° для воды 72,1 дин/см); δ_0 —плотность поглощаемого пара (для воды при 25° 22,75 · 10⁶); d —плотность жидкости (для воды при 25° 0,99707); p_0 —упругость поглощаемых паров (для воды при 25° 31,20 · 10⁴ дин/см); P_1 —упругость пара в капилляре. Вычисленные так. обр. Лаури (Е. Н. Lowry) и Гелетом (G. A. Hullet) данные об ультрамикроскопич. С. активных углей сопоставлены в табл. 19;

Табл. 19.—Данные Лаури и Гелета об ультракапиллярной С. активных углей.

Наименование угля	Диам. капиллярных ходов, m			Полная уд. поверхность		Уд. объем капилляров, cm^3/g
	наименьший	наибольший	средний	m^2/g	m^2/cm^3	
A 909	0,67	4,1	2,8	230	130	0,2728
Nela	0,67	5,5	3,7	440	200	0,4406
Английский	0,16	1,9	8,3	300	40	0,7828
Германский	0,20	1,3	2,5	160	40	0,3543

впрочем значение активной поверхности угля (160—436 m^2/g) Лемп, Вильсон и Ченей оценивают выше, до 1 000 m^2/g . Активная кремнекислота (силикагель, табашир, гидрофан, лулопал) при микроскопич. исследовании обнаруживает ячеистую структуру и скважины диаметром (по вычислению Андерсона) 1—1,5 μ . Но вместе с тем там имеются скважины диам. от 2,4 до 5,98 m .

С. растительных тканей. Растительные ткани обладают С. различных видов, биологически служащую для обмена веществ (растительных соков, влаги и выдыхаемых газов, различных секретов), а при использовании растительных тканей в качестве технич. материала обуславливающей у этих материалов особенности, с которыми необходимо считаться. Так, покровная кожица растений содержит межклеточные щели—газовые устья, число которых варьирует в весьма широких пределах и в некоторых случаях достигает 600 на 1 mm^2 поверхности кожицы и даже более. Эти устья могут раскрываться и закрываться. Размеры газовых устьиц не очень разнообразны и могут быть охарактеризованы на удачу примерами: $31 \times 7 \mu$ у листа гиацинта и $62 \times 42 \mu$ у папоротника *Aneimia*. В тех случаях, когда поверхность покрыта налетом воска (до 5 mm толщиной), к устьицам через восковой слой идут каналы, напр. у *Kloppstockia cerifera*—поперечником около 10 μ . Наряду с газовыми существуют водные устья (г и д а т о д ы), служащие для выделения капельно-жидкой воды и обладающие весьма различными размерами;



Фиг. 30.

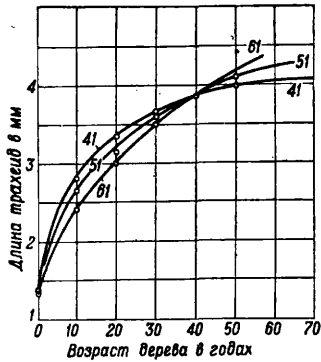
водные устья у *Troaeolum majus* обладают размерами ок. $120 \times 125 \mu$. Значение С. в строении древесины настолько велико, что морфол. классификация элементов древесины, предложенная Санио, основана на форме пор (табл. 20). С. древесины обусловлена преиму-

просов весьма отстало от потребностей промышленности, и в отношении С. древесины можно сообщить очень немногое. Л. Крисом (1928 г.) изучена длина трахеид у *Pinus banksiana* в зависимости от положения по высоте ствола для деревьев разного возраста, от 1

Табл. 20. — Классификация элементов, возникающих из камбия (по Санио).

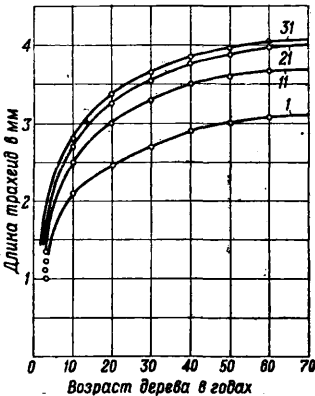
Группа	Составляющие элементы	Поры	Физиологич. функция
Паренхимная	Типичная древесная паренхима и проанхимные тонкостенные, заменяющие волокна	Простые круглые	Место скопления органич. запасных веществ
Лубовидная	Простой и перегородчатый либриформ	Щелевидные	Механич. опора
Сосудистая	Сосуды (трахеи) и сосудовидные клетки (трахеиды)	Окаймленные или со спиральным утолщением	Влагоносная система

ущественно сосудистой группой элементов, состоящей из сосудов (трахеи) и сосудовидных клеток (трахеид). Сосуды образуются слиянием продольных рядов клеток, причем поперечные перегородки, разделяющие отдельные клетки, растворяются или продырявливаются; получающиеся сплошные трубки в некоторых случаях могут равняться длине всего



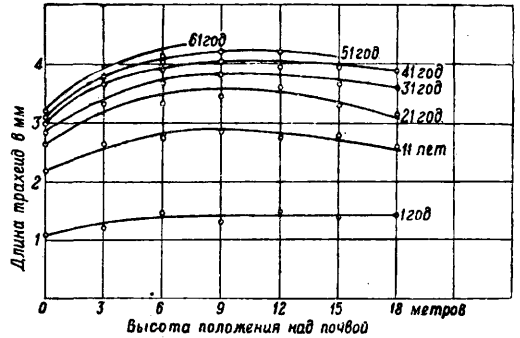
Фиг. 31а.

растения. Обычно длина сосудов не превосходит 10 см, но у дуба встречаются сосуды до 2 м длиной. Диаметр сосудов весьма различен даже у одного и того же растения; в некоторых случаях он доходит до 0,5 мм (у лиан). Сосуды в различных случаях (физиологически и патологически — на зимний сезон, при поранениях древесины и т. д.) могут закупориваться особыми выростами паренхимных клеток (тиллами) или выполняющими клетками. Сосудовидные клетки не обладают сквозным сообщением, но зато снабжены окаймленными порами. У хвойных деревьев древесина почти целиком состоит из трахеид, а у лиственных эти последние часто группируются вокруг сосудов. При технич. использовании древесины, особенно для пропитки (см.), консервации (см. Дерво, консервация Д.) и выяснения физич. свойств древесины, как аннотропного материала, весьма важно знать характер сосудистой системы древесины в зависимости от породы дерева, возраста, географич. условий произрастания и положения данного участка по высоте ствола. Систематическое изучение этих во-



Фиг. 31б.

до 61 года. Результаты непосредственного промера 12 500 трахеид даны на фиг. 31а и 31б (цифры при кривых — высота в фт. над уровнем почвы) и 32 (цифры при кривых — возраст



Фиг. 32.

дерева). Максимальная длина трахеид оказалась 5,05 мм; средняя — 3,20; минимальная — 0,75. Коэф. линейной корреляции между возрастом дерева и длиной трахеид оказался высоким, порядка 0,95; длина трахеид увеличивается как с возрастом, так и с высотой над уровнем почвы. Другие сведения в рассматриваемой древесине сопоставлены в табл. 21. А. Дж. Стеммом (1929 г.) изучена С. различных видов

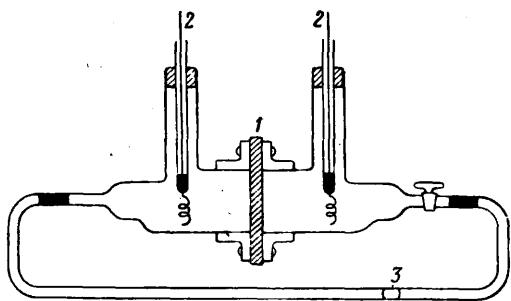
Табл. 21. — Некоторые данные, касающиеся С. древесины (по Л. Крису).

Древесина	Поперечник трахеид, μ		Толщина клеточных стенок, μ
	*1	*2	
Весенняя	34	52	2,4
Летняя	21	56	6

*1 В тангентальном направлении. *2 В радиальном направлении.

мягкой древесины в том же продольном направлении при помощи разработанных им нескольких способов. Первый способ основан на электроосмосе и приводится на аппарате Бриска, Стриклера и Мэтьюса, схематически изображенном на фиг. 33; перегородка 1 вырезывалась из испытуемой древесины толщиной от 0,04 до 1,45 см и площадью 7,76 см²; 2 и 2 — электроды из платиновой спирали в расстоянии ок. 6,5 см между собою и при разности потенциалов от 1,08 В и выше до 45 В. Прибор заполнялся дистиллированной водой уд. сопротивления 1,85 · 10⁹ Ω·см (ρН=5,4). Соедини-

тельная трубка (сечением 0,0251, 0,0550 или 0,0909 см²) содержала пузырек воздуха, слу-



Фиг. 33.

живший указателем. Вычисление производилось по формуле

$$\zeta = (300)^2 \frac{4\pi\eta v}{\epsilon I e}, \quad (32)$$

где ζ —контактный потенциал на границе древесина—вода, η —вязкость жидкости, v —объемная скорость жидкости, проходящей через перегородку, e —уд. сопротивление жидкости в перегородке, I —сила тока, а ϵ —диэлектрич. коэффициент жидкости. При соприкосновении

а E —градиент наложенного поля. Линейная зависимость v от q достаточно хорошо подтверждается для каждого среза, но лишь в определенном интервале толщины испытуемой пластины; для толщин, превосходящих верхнюю границу этого интервала, скорость v быстро убывает и затем становится близкой к нулю. Такой ход этой зависимости объясняется конечной длиной трахеид и дает возможность вычислить эту длину. В табл. 23 сопоставлены результаты подобного вычисления и данные непосредственного промера. Второй способ, использованный Стеммом, основан на применении формулы Пуазейля:

$$v = \frac{\pi r^4 P}{8\eta l} = \frac{ar^2 P}{8\eta l}, \quad (34)$$

где P —приложенное давление, r —радиус капиллярной трубки, l —ее длина, a —ее поперечное сечение, а v —скорость протекания жидкости; формула эта применима для скоростей, не дающих завихрения, т. е. примерно до $\frac{rv}{\eta} < 1,200$. При наличии N капилляров эффективного совокупного сечения

$$v = \frac{N\pi r^4 P}{8\eta l} = \frac{qr^2 P}{8\eta l}. \quad (35)$$

В случае нормального распределения поперечных сечений по кривой Гаусса радиус эффек-

Табл. 22.—Измерение эффективной S древесины электроосмотическим способом (по А. Дж. Стемму).

Вид древесины	Плотность	Поперечное сечение эффективных скважин, отнесенное к полной площади древесины, %		
		*1	*2	*3
Ель ситковая (<i>Picea sitchaensis</i>)	0,304—0,408	60,5—76,5	1,59—1,97	0,15—0,16
Кедр аляскинский (<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>)	0,442—0,503	61,7—63,6	0,67—0,73	0,12
Туйя, кедр западный красный (<i>Thuja plicata</i>)	0,290	73,6	0,41—0,46	0,11—0,12
Цуга, гемлок западный (<i>Tsuga heterophylla</i>)	0,343	75,2	0,68—0,75	0,15—0,17
Пихта дугласова (тип скалистогорный, <i>Pseudotsuga taxifolia</i>)	0,526	54,8	0,22—0,30	0,09
Сосна западная желтая (<i>Pinus ponderosa</i>)	0,410	62,8	0,46—0,58	0,15

*1 В продольном срезе. *2 В тангентальном срезе. *3 В радиальном срезе.

с чистой водой древесина получает потенциал отрицательный, т. ч. вода в приборе движется от анода к катоду, численное значение контактной разности потенциалов варьирует с видом древесины и направлением сечения, напр. в пределах 13,1—14,4 mV. Результаты измерений эффективной S сопоставлены в табл. 22. Из ф-лы (32) следует, что

$$v = k \frac{Eq}{\eta}, \quad (33)$$

где k —коэф. постоянный для данной древесины и для данной среды, q —эффективная S ,

тивного капилляра близок к среднему. По найденному экспериментально значению v и найденному ранее (электроосмотически или иначе) значению v м. б. вычислен эффективный радиус r . Вместо непосредственного измерения v Стемм предложил дифференциальный способ, при котором протеканию жидкости через деревянную перегородку противостоит такое же через калиброванную стандартную капиллярную трубку. В приборе, придуманном для этой цели (фиг. 34), эти встречные сечения продолжают до тех пор, пока не станут равны в силу

Табл. 23.—Данные о длине трахеид различных древесин (по А. Дж. Стемму).

Вид древесины	Длина трахеид, см					
	по непосредственному промеру			по вычислению из электроосмотических данных		
	наименьшая	средняя	наибольшая	наименьшая	средняя	наибольшая
Ель ситковая (<i>Picea sitchaensis</i>)	0,18—0,24	0,28—0,42	0,37—0,54	0,32	0,38	0,52
Кедр аляскинский (<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>)	—	—	—	0,31	0,35	0,46
Туйя, кедр западный красный (<i>Thuja plicata</i>)	0,31	0,38	0,45	0,33	0,38	0,53
Цуга, гемлок западный (<i>Tsuga heterophylla</i>)	0,18	0,31	0,37	0,31	0,38	0,55
Пихта дугласова (тип скалистогорный, <i>Pseudotsuga taxifolia</i>)	—	0,32	—	0,32	0,38	0,50
Сосна западная желтая (<i>Pinus ponderosa</i>)	—	—	—	0,30	0,35	0,57

изменившихся давлений P_1 и P_2 , измеряемых ртутными манометрами. Тогда

$$r_1 = \sqrt{\frac{\pi r_2^2 l_1 P_2}{4 l_2 P_1}}, \quad (36)$$

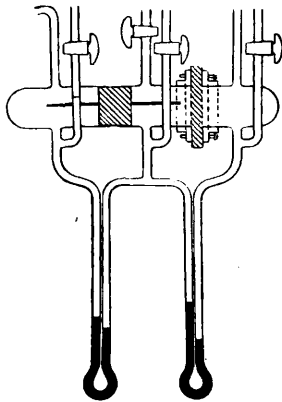
где индекс 1 относится к испытываемой пластинке дерева, а индекс 2—к капиллярной трубке. В табл. 24 сопоставлены результаты получе-

Табл. 24.—Данные по значению поперечника скважин в древесине, измеренных непосредственно с помощью продавливания жидкостей (по А. Дж. Стемму).

Вид древесины	Поперечник скважины, μ	
	*1	*2
Ель ситковая (<i>Picea sitchensis</i>)	22,1—22,8	26,3
Кедр аляскинский (<i>Cha-maecyparis nootkatensis</i>)	18,2—18,4	23,1
Туя, кедр западный красный (<i>Tuja plicata</i>)	18,8—21,2	27,6
Пихта дугласова (тип скалистогорный, <i>Pseudotsuga taxyfolia</i>)	18,5—20,2	20,6
Сосна западная желтая (<i>Pinus ponderosa</i>)	18,3—19,9	23,0

*1 Вычисленный по продавливанию воды. *2 Непосредственно измеренный.

ных измерений. Наряду со сравнительно грубою С. растительных тканей, обусловленную наличием сосудов, устьиц и других специаль-



Фиг. 34.

ных органов, растительные ткани обладают ультраскважно-стью, к-рая обусловлена междуицеллярными ходами в веществе самих волокон. Этою С. обусловлены многие свойства материалов из растительных тканей и в частности древесины—свойства, неустраняемые самой тщательной пропиткой (см. *Пропитка, Наполнители*).

С. поликристаллич. тел. Все тела, состоящие из кристаллич. многогранников, обладают скважинами, проходящими между некоторыми из соприкасающихся граней. Возникновение этих скважин объясняется темп-ными изменениями размеров, причем приложенность граней друг к другу неизбежно нарушается. Причин этого нарушения несколько: во-первых, неоднородность химич. состава поликристаллической системы с вытекающим отсюда неравенством усадки при затвердевании и коэффициента теплового расширения; во-вторых, неравенство усадки по разным направлениям для однородного кристалла и, в-третьих, неравенство коэф-та теплового расширения по разным кристаллографическим направлениям одного и того же кристалла. Микроскважины поликристаллических систем наблюдаются в частности на каменных породах. Несколько более они изучены в металлах. Попытка доказать С. металлов была сделана в 1661 г. членами Флорентийской академии, подвергнувшими полый золотой шар с водою ударам молота до выступления на поверхности шара росы. В протрав-

ленном металлическом шлифе скважины м. б. непосредственно наблюдаемы под микроскопом. Фарадей указал на существование микроскважин в тонком листовом золоте (см. *Золото сусальное*), а Физо (1862 г.) и затем Амбронн (1893 г.) наблюдали трещины и щели в тонком слое серебра, нанесенном на стекле; ширина их по Амбронну 0,4—0,1 μ и меньше. Возникновение микроскважин в металле по Г. Тамманну составляет необходимое следствие поликристаллического строения металлов, причем у граней полиэдров нет определенного кристаллографич. направления, и следовательно при затвердевании и охлаждении металла, которое сопровождается и соответственным сокращением объема, между гранями (в силу различия коэффициента расширения по различным направлениям) образуются зазоры. При слабой механической обработке металлы обычно несколько уплотняются в связи с заполнением указанных зазоров между кристаллитами; но затем, при более сильной механич. обработке, между кристаллитами и в самих кристаллитах вследствие сдвигов возникают новые пустоты, и плотность металлов начинает убывать. Подвергнутые ожигу после указанной обработки металлы вновь уплотняются, так как капиллярное натяжение сваривает пластинки, образовавшиеся на плоскостях скопления, и закрывает соответственные пустоты. В табл. 25 показаны последова-

Табл. 25.—Данные по уменьшению плотности металла при переходе его из отожженного в холоднотянутое состояние (по Г. Кальбауму и Штурму).

Металл	Уменьшение плотности при обработке, %
Сталь (фортепианная струна)	0,25
Никель	0,19
Чистая платина	0,13
Алюминий (проволока)	0,13
Иридий (платина)	0,08
Алюминий (жесть)	0,07
Кадмий	0,06
Серебро	0,06
Золото	0,05
Медь	0,00
Цинк	0,00

тельные изменения плотности платины при различных обработках, а в табл. 26—разница плотности одного и того же металла в состоянии твердом и в состоянии отожженном. В связи с подобными же процессами стоит и усталость металла. Как показали исследования Юинга и Гемфри, при напряжении, меняющем знак, на зернах металла появляются линии сдвигов, постепенно увеличивающиеся в числе и затем расширяющиеся; дальнейшее накопление подобных линий ведет к появлению трещинок, к-рые, разрастаясь, перебрасываются на соседние кристаллиты и ведут к разрушению металла.

С. к р и с т а л л о в. Наряду со сравнительно крупными (микроскопическими) скважинами поликристаллич. тел, проходящими как между гранями, так и внутри самих кристаллич. многогранников, в указанных телах существует система более тонких, но и более многочисленных скважин, систематически нарушающих целостность кристаллической решетки отдельных кристаллич. многогранников, и свойственная кристаллич. телам как таковым, хотя бы они находились в виде одиночных кристаллов, вне связи с другими. Существование подобных ультрамикроскопич. трещинок в кристаллах

Табл. 26. — Данные по изменению плотности платины при механич. и термич. обработке (по Г. Кальбауму и Штурму).

Способ обработки	Изменение плотности	Значение плотности		
		I	II	III
Исходный материал — три платиновых цилиндра	—	21,2137	21,3060	21,4144
Проволка в стержне и прокатка	Значительное увеличение	21,4314	21,4194	21,4144
Протяжка на холоду в проволоку 1 мм	Уменьшение в случае I и увеличение в случаях II и III	21,4136	21,4226	21,4233
Отжиг в течение 3 мин.	Заметное увеличение	21,4314	21,4323	21,4324
Протяжка на холоду в проволоку 0,7 мм	Уменьшение	21,4181	21,4157	—
Отжиг в течение 3 мин.	Увеличение	21,4314	21,4315	21,4332
Протяжка на холоду в проволоку 0,4 мм	Уменьшение	21,4142	21,4147	21,4134
Отжиг в течение 3 мин. при t° белого каления	Увеличение	21,4303	21,4310	21,4317

утверждается одними исследователями на основании несоответствия между электрич. и механич. прочностью обособленных кристаллов, фактически наблюдаемой и вычисленной по данным ионной решетки, а другими — как наиболее удобный способ объяснить поведение тел, в частности кристаллических, в электрич. поле. Прочность кристаллов на растяжение примерно в 500 раз меньше теоретически вычисленного значения ее. Подобным образом электрич. крепость оказывается примерно в 100 раз меньше теоретически вычисленной (для каменной соли 1 MV/cm вместо 100 MV/cm). Ряд исследователей сводит наблюдаемую недостаточную электрич. крепость к внутренним трещинкам, которые облегчают электрич. пробой. Размер трещинок Гриффитс и Вольф, а также В. Фойгт, Селла и Г. Мюллер устанавливают в 0,01—0,1 м, а другие исследователи в 0,5—0,02 м по длине и 0,001 м по ширине. В. Гевеши и многие другие полагают, что электропроводность кристалла происходит именно за счет указанных трещин, из стенок к-рых легче вырываются ионы и в зазорах к-рых могут циркулировать ионы конденсирующегося водяного пара. На основании указанных и других соображений одиночный кристалл уже не м. б. рассматриваем как состоящий из единой, нигде не нарушаемой, кристаллич. решетки, но должен считаться совокупностью б. или м. хорошо связанных обломков кристаллич. решетки, причем соответственные кристаллографич. оси во всех участках тела сохраняют свое направление, но периодичность узлов от участка к участку нарушается. Т. о. по своему строению одиночный кристалл в известном смысле м. б. сравниваем с поликристаллич. телом, но с соответственным увеличением масштаба и, если идти далее в сторону увеличения масштаба, то возможно сопоставление с горными образованиями, распадающимися на разделенные трещинами отдельности.

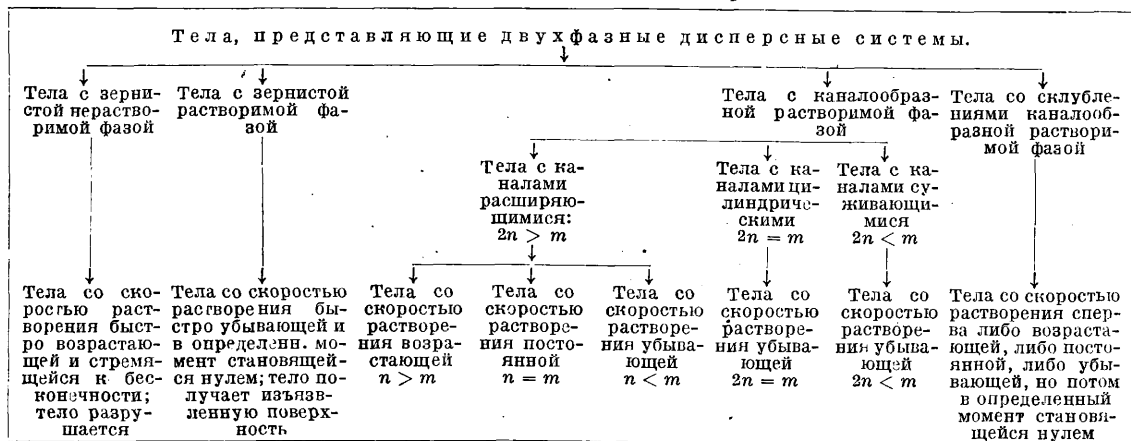
Скважность и влажность. Наличие тонких скважин во всех телах, особенно природных, ведет к особой форме равновесия между водяным паром окружающей атмосферы и заключенной или скопляющейся в этих скважинах капиллярной воды, причем эта вода содержит в себе растворенные газы и различные электролиты. При научном изучении естественных тел и при технич. использовании их нередко недостаточно учитывают эту влагу, вследствие чего возникают теоретич. и практич. ошибки, — в частности напр. при химич. анализах и при таком использовании материалов, для к-рого присутствие влаги, хотя бы и в небольшом количестве, м. б. существенно важно (например электрич. изоляция). Как указывает В. И. Вернадский, «мы не знаем в природе ни

одного твердого тела, которое не имело бы в своем составе воды». До t° ниже 100° вода удаляется из всевозможных природных тел от сотых долей % до нескольких % влаги; минералы и горные породы, представляющиеся нам сухими, содержат влаги от 0,05 до 3,5% по весу. Эта вода частью уходит при 100°, частью при более высокой t° до 300° и более. При этом полное удаление воды из многих тел происходит не раньше как при t° разложения самого тела. Капиллярную воду повидимому следует представлять в виде пленочной воды, проникающей сплошь весь минерал или горную породу, как губку. Так например, согласно опытам А. Уайтмана диффузия иодистого калия в мраморе, помещенном во влажную атмосферу, идет количественно так, как будто весь кусок мрамора представляет сплошную массу воды равных ему объема и формы. Капиллярная вода не есть вода чистая и содержит газа не меньше $n \cdot 10^{-3}$ %, а твердых компонентов не меньше $n \cdot 10^{-6}$ и до 40% и более, т. е. может быть пресной ($3 \cdot 10^{-3}$ — $1 \cdot 10^{-10}$ % примеси), соленой ($1 \cdot 10^{-1}$ — $5,0$ % примеси) и рассолом (5—40% примеси).



Значение этой конденсации влаги в скважинах еще не учтено в его полном объеме и лишь в последнее время начинают проникать в разные области познания твердого вещества (теория изоляционных материалов П. Бенинга, теория почвенных вод А. Ф. Лебедева и т. д.); однако в ближайшем будущем можно предвидеть углубление в эти всеобщие распространенные процессы. Установление формы скважин. В рассуждениях о С., проникаемой для газов

Табл. 27. — Схема двухфазных дисперсных систем.



и жидкостей, скважины обычно считаются цилиндрическими или по крайней мере в своей совокупности такими, что м. б. заменены эквивалентной системой скважин цилиндрических. Однако такое сужение вопроса о С. может стоять в противоречии с действительным строением тела, и далеко не всегда система цилиндрич. эффективных скважин м. б. подобрана. Тогда кроме вопроса об эффективных размерах и числе скважин д. б. поставлен вопрос и о форме их—не каждой скважини порознь, а об эффективной форме, или о такой средней форме всех скважин, предполагаемых одинаковыми,

нетику этого растворения, можно составить известное представление и об эффективной форме. Если опытно дана зависимость между количеством растворенного вещества Q и временем τ в виде

$$Q = \psi(\tau), \tag{37}$$

то форма канала, как тела вращения около оси, может быть выражена функцией f(h), равной

$$e^{-\int H_1 dh} \left[c - (1-q) \int H_2 e^{(1-q) \int H_1 dh} dh \right]^{1-q}, \tag{38}$$

где H₁ и H₂—φ-ни, зависящие от одного только h и получаемые простым способом. В частности, если зависимость Q от τ, как это часто оказывается в опыте, выражается функцией

$$Q = M\tau^k \tag{39}$$

(где M—любое отрицательное, а k—любое положительное число), то

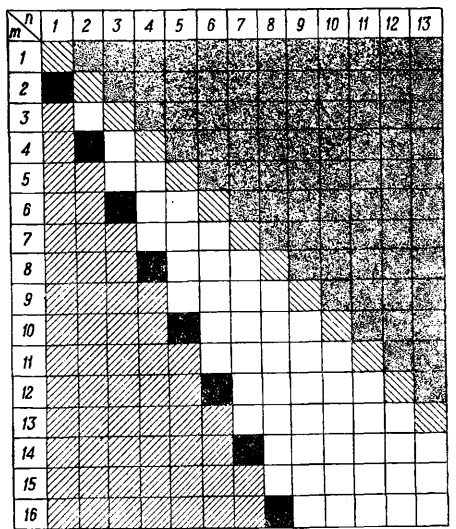
$$f(h) = \frac{1}{h} \left[C + Dh \frac{2k}{k-1} \right]^{k-1}, \tag{40}$$

где C и D—постоянные. Если k—рациональное число вида $\frac{n}{m}$, то меридианное сечение эффективной скважины выражается уравнением

$$y = Eh \frac{2n-m}{2m}, \tag{41}$$

где E—коэф., к-рый можно вычислить простым способом. Это уравнение позволяет соответственно классифицировать все скважистые тела—двухфазные дисперсные системы (табл. 27). Графически соотношение между собою различных классов представлено на фиг. 35 и 36.

Лит.: Лебедев А. Ф., Почвенные и грунтовые воды, 3 изд., М.—Л., 1931; Принц Е., Гидрогеология, пер. с нем., М.—Л., 1932; Терцаги К., Основания механики грунтов, пер. с англ., М., 1926; Наумов В. А., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Тамманн Г., Металлография, пер. с нем., М.—Л., 1931; Олин И. А., Прочность металлов, М.—Л., 1932; Кухаренко И. А., Каганов И. Н. и Крассильчиков В. Е., Антивные угли и их применение в сахарной промышленности, Киев, 1927; Флоренский П. А. и Славатинский А. С., Элементарные угли, «ВЭТЭ», М., 1929, 6, стр. 225—253; Флоренский П. А., Пористость изоляторов фарфора, «Труды госуд. экспер. электротехн. ин-та», М., 1927, вып. 19; Думанский А. В. и Струкова Е. П., Определение пористости гетеро-порозных стенок, как пример пористости яичной скорлупы, «Ж», часть хим., 1929, т. 61, вып. 3, стр. 380—391, вып. 8, стр. 124—125; Флоренский П. А. и Андриянов К. А., Кислотостойкость органич. диэлектриков, «Вестник электротехники», М.—Л., 1931, 5—6, стр. 83—118; Субботин М., Естественные строительные камни, Одесса, 1926; Горовиц Г. Е., Принцип Гриффитса и диэлектрич. прочность, «Ж», часть



Фиг. 36.

Область веществ

Виды каналов

- С цилиндрическими каналами
- С расширяющимися каналами
- ▨ С суживающимися каналами
- ▤ С расширяющимися каналами

Заведомое растворение

Растворение постоянное

Ускоряющееся растворение

к-рая могла бы дать тот же эффект, что и совокупность скважин наличных. Такой вопрос м. б. решен для того случая, когда скважины заполнены веществом, отличным от вещества исследуемого тела и способным подвергаться растворению в нек-рой жидкой среде. Изучая ки-

физич., 1927, т. 59, 3—4, стр. 369, 5—6, стр. 533; T e r z a g h i K., Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage, Lpz. u. W., 1925; L u n g e-B e r l, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B., 1924; «American Society for Testing Materials», Tentative Standards, N. Y., 1928; K r i b s D. A., Length of Tracheids in Jack Pine in Relation to Their Position in the Vertical and Horizontal Axes of the Tree, «University of Minnesota Agricultural Experiment Station»; «Techn. Bull.», 1928, 54, August; B e c h h o l d H., Kolloidstudien mit der Filtrationsmethode (Ultrafiltration), «Ztschr. f. Physikal. Chemie», Lpz., 1907, B. 60, 3; B e c h h o l d H., Ultrafiltration, «Biochemisches Ztschr.», 1906, B. 6, H. 5 u. 6; B e r t a r e l l i E., Ultrafiltration u. Ultrafilter, «Zentralblatt f. Bakteriologie», Jena, 1914, B. 42, 22 u. 23; H a t s c h e k E., Die Trennung von Emulsionen durch Filtration u. Ultrafiltration, «Ztschr. f. Chemie u. Industrie der Colloide», 1888, B. 6, H. 5; W a s h b u r n E. W., «Proceed. of the National Academy of Sciences», Wash., 1921, v. 7, p. 115 u. «The Physical Review», N. Y., 1921, v. 17, p. 280; G r i f f i t h A. A., «Proceed. of the Royal Society of London», L., 1921; W o l f f K., «Ztschr. f. technische Physik», Lpz., 1921, p. 209; W o l f f K., «Ztschr. f. angew. Mathem. u. Mechanik», B., 1924, p. 107; G r i f f i t h u. J o f f e, «Ztschr. f. Physik», B., 1924, 22, p. 286; W e i c k e r, «TZ», 1926, p. 17; G a r n e r W. E. a. K i n g m a n n E. E., «Trans. of the Parady Society», 1929, v. 25, p. 24 (внутренняя поверхность угля); R u f o., Active Kohle u. ihr Adsorptionsvermögen, «Ztschr. f. anorg. Chem.», Lpz., 1925, Jg. 38, 57, p. 1164—69; J i r o z a e m o n i n a b a, Analytical Considerations Concerning the Capillary Phenomons in Sand Strata, «Memoirs of the College of Engineering», Kyushu Imperial University, 1928, v. 5, 2, p. 93—119; S l i c h t e r C. S., Theoretical Investigation of the Motion of Ground Water, «19 Ann. Rep. of the U. S. Geological Survey», 1897—98, Part. 2, p. 295; D a r a p s k y L., Filtergeometrie, «Ztschr. f. Mathemat. Physik», 1912, p. 70; S l i c h t e r C. S., «Ann. Rep. of the U. S. Geological Survey», 1899, 19, p. 311; M e C o y, A l e x W., Some Effects of Capillarity on Oil Accumulation, «J. of Geol.», 1916, 24, p. 798; B e c h h o l d, Bestimmung d. Porengröße aus d. Durchfließgeschwindigkeit von Wasser, «Ztschr. f. physikalische Chem.», Lpz., 1909, p. 339; B i g e l o w S. L. a. B a r t e l l E. E., Size of Pores on Porcelain a. Osmotic Effects, «Journ. of the American Chemical Society», Easton, Pa., 1909, v. 31, p. 1194.

П. Флоренский.

СКИН-ЭФФЕКТ, вытеснение тока (дословно: кожное явление), неравномерное распределение плотности переменного тока по сечению проводника, причем плотность тока убывает от поверхности проводника к его середине. Ток как бы вытесняется к поверхности проводника благодаря пульсации магнитного потока. Влияние С.-э. возрастает вместе с частотой тока, проводимостью, магнитной проницаемостью и поперечными размерами проводника. Кроме того С.-э. зависит от распределения соседних токов и связанных с ними магнитных полей. Вследствие С.-э. активное сопротивление провода переменному току R_{\sim} всегда больше сопротивления постоянному току $R_{=}$. Мерой С.-э. можно считать отношение $k = \frac{R_{\sim}}{R_{=}}$.

С энергетич. точки зрения можно сл. образом уяснить себе возникновение С.-э. При передаче электр. энергии эта энергия распространяется в д о л ь п р о в о д о в. Часть электромагнитной энергии проникает в провод перпендикулярно к поверхности. Скорость распространения электромагнитной волны в меди равна ~ 6 м/сек. Энергия электромагнитной волны поглощается металлом. При проникновении на половину длины волны в толщу металла амплитуды плотности тока и напряженности магнитного поля снижаются приблизительно до 4,3% их первоначальных значений на поверхности металла. При частоте в 50 Hz длина электромагнитной волны в меди равна ~ 6 см, а при частоте 5 000 Hz эта длина волны равна 6 мм. Необходимость неравномерного распределения плотности переменного тока следует из элементарного применения закона индукции. Падение напряжения в токовых нитях, расположенных на различном расстоянии от оси провода, д. б. различным, т. к. между этими нитями пульси-

рует магнитный поток. Разность этих падений напряжения равна магнитному спаду, т. е. скорости уменьшения магнитного потока, охваченного этими токовыми линиями.

П р я м о л и н е й н ы й к р у г л ы й п р о в о д. С.-э. в уединенном цилиндрич. проводе зависит от отношения внутреннего реактивного сопротивления провода $L_i = \frac{1}{2} \mu \omega$ к его омич. сопротивлению при постоянном токе $\frac{\pi a^2}{\rho}$. Это отношение

$$\kappa^2 = \frac{\mu \pi a^2 \omega}{2\rho} = \frac{L_i \cdot \omega}{R_{=}}$$

где μ —магнитная проницаемость, ω —круговая частота тока, a —радиус провода, ρ —удельное сопротивление провода, $R_{=}$ —сопротивление постоянному току единицы длины данного провода. Одновременно с увеличением активного сопротивления уменьшается при С.-э. внутреннее реактивное сопротивление провода $L_i \cdot \omega$. На

фиг. 1 и в таблице даны значения $\frac{R_{\sim}}{R_{=}}$, $\frac{L_i \omega}{R_{=}}$ и $\frac{L_i}{L_i}$ в ф-ии κ^2 .

κ^2	$\frac{R_{\sim}}{R_{=}}$	$\frac{L_i \omega}{R_{=}}$	$\frac{L_i}{L_i}$
0,5	1,078	0,4806	0,9612
0,55	1,094	0,5216	0,9538
0,60	1,111	0,5674	0,9457
0,65	1,127	0,6092	0,9372
0,70	1,144	0,6500	0,9286
0,75	1,164	0,6897	0,9196
0,80	1,183	0,7279	0,9099
0,85	1,203	0,7653	0,9003
0,90	1,223	0,8015	0,8906
0,95	1,244	0,8365	0,8805
1,00	1,264	0,8705	0,8705
1,10	1,308	0,9351	0,8501
1,20	1,351	0,9960	0,8300
1,30	1,393	1,052	0,8092
1,40	1,437	1,106	0,7900
1,50	1,479	1,157	0,7713
1,60	1,520	1,205	0,7531
1,70	1,561	1,250	0,7353
1,80	1,601	1,293	0,7183
1,90	1,641	1,334	0,7017
2,00	1,678	1,373	0,6865
2,20	1,750	1,446	0,6573
2,40	1,820	1,516	0,6317
2,60	1,885	1,580	0,6077

Для значений $\kappa^2 \leq 0,5$ с погрешностью, меньшей 0,5%, можно написать приближенно:

$$\frac{R_{\sim}}{R_{=}} = 1 + \frac{\kappa^4}{3}, \quad \frac{L_i \omega}{R_{=}} = \kappa^2 - \frac{1}{6} \kappa^2.$$

Для значений $\kappa^2 \geq 2,5$ С.-э. выражается приближенными ф-лами (Зоммерфельд) с погрешностью < 0,5%:

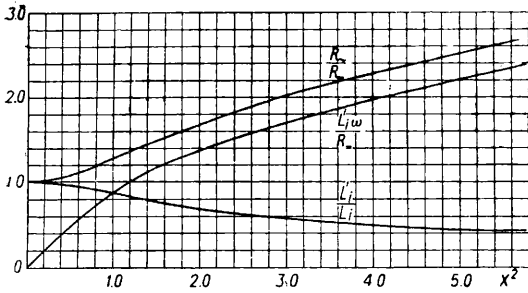
$$\frac{R_{\sim}}{R_{=}} = \kappa^2 + \frac{1}{4} + \frac{31}{61 \kappa}, \quad \frac{L_i \omega}{R_{=}} = \kappa^2 - \frac{3}{61 \kappa} - \frac{3}{128 \kappa^2}.$$

Приведем еще таблицу значений (Потье):

κ^2	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0
$\frac{R_{\sim}}{R_{=}}$	1,078	1,265	1,479	1,678	1,853	2,007
κ^2	3,5	4,0	4,5	5	8	10
$\frac{R_{\sim}}{R_{=}}$	2,146	2,274	2,394	2,507	3,095	3,415
					3,995	3,798

Следует отметить, что для одного и того же материала отношение $\frac{R_{\sim}}{R_{=}}$ не меняется, если остается постоянным ωa^2 , напр. для телефонного провода $a = 1$ мм, $\omega = 2\pi \cdot 5 000$ или для провода сильного тока $a = 10$ мм, $\omega = 314$. Для выво-

да ф-л распределения плотности тока \dot{I} и напряженности магнитного поля \dot{H} пишут закон полного тока и закон индукции, связывающий



Фиг. 1.

эти величины при установившемся синусообразном токе, и получают после преобразований дифференциальные ур-ия цилиндрич. ф-ий:

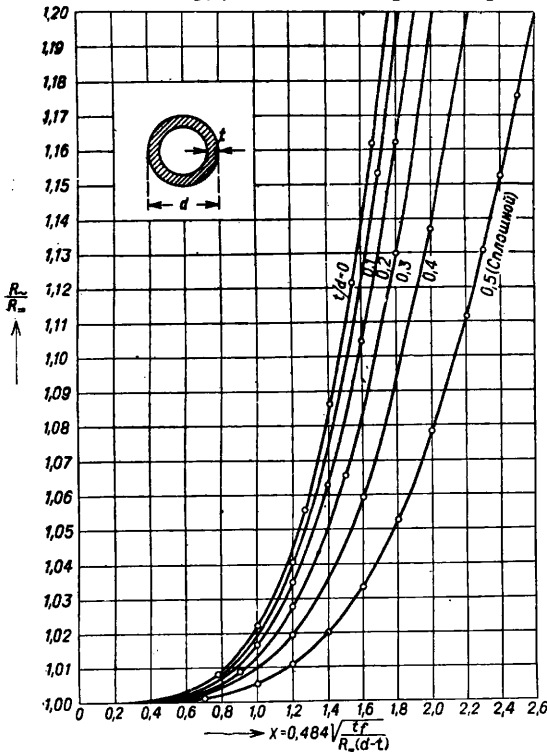
$$\frac{d^2 \dot{I}}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d \dot{I}}{dx} + \dot{I} = 0,$$

$$\frac{d^2 \dot{H}}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{d \dot{H}}{dx} + \left(1 - \frac{1}{x^2}\right) \dot{H} = 0,$$

где $x^2 = -r^2 \mu \omega \lambda$, $10^{-8} j = x_1^2$; $j = \sqrt{-1}$; r —расстояние от оси; μ —магнитная проницаемость в Ф/см (для воздуха $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-8}$ Ф/см), $\lambda = \frac{1}{\rho}$ удельная проводимость в ом-см. Интеграл этих ур-ий с учетом граничных условий дает для С.-э. выражение:

$$\frac{\dot{I}}{R_0} = \frac{R_0 + j L_{i\omega}}{R_0} = \frac{\lambda a I_0(xa)}{2 I_1(xa)},$$

где $I_0(x)$ —Бесселева ф-ия нулевого порядка первого рода, $I_1(x)$ —Бесселева ф-ия первого



Фиг. 2.

порядка первого рода. В случае полых проводов интегрирование дифференциальных

ур-ий оказывается сложнее, т. к. кроме ф-ий первого рода появляются еще ф-ии второго рода. А. W. Ewan [1] произвел подобный расчет для трубчатых проводов. На фиг. 2 дано отношение $\frac{R_0}{R}$ в ф-ии от

$$x = 0,484 \sqrt{\frac{t f}{R_0(d-t)}},$$

где t —толщина трубы, d —диам. трубы, f —частота тока в герцах, R_0 —сопротивление трубы в Ω/m . На фиг. 2 даны кривые для различных значений $\frac{t}{d}$.

Биметаллические провода. В этом случае надо интегрировать дифференциальные ур-ия отдельно для внутренней жилы и отдельно для внешнего цилиндра, а затем использовать условия непрерывности на границах. Для расчета применяют также ф-лу для отношения тока в биметаллич. проводе к току в эквивалентном сплошном проводе:

$$\frac{I_{\text{бим.}}}{I_{\text{сплошн.}}} = 1 - \frac{2}{\pi} \frac{1}{x b I_1(xb)} \varphi,$$

где

$$\varphi = \frac{I_0(xa) \frac{x}{x_1} I_1(x_1 a) - I_1(xa) \frac{\lambda}{\lambda_1} I_0(x_1 a)}{\frac{x}{x_1} I_1(x_1 a) A + \frac{\lambda}{\lambda_1} I_0(x_1 a) B};$$

$$A = I_0(xa) N_0(xb) - I_0(xb) N_0(xa);$$

$$B = I_0(xa) N_1(xa) - I_1(xa) N_0(xb);$$

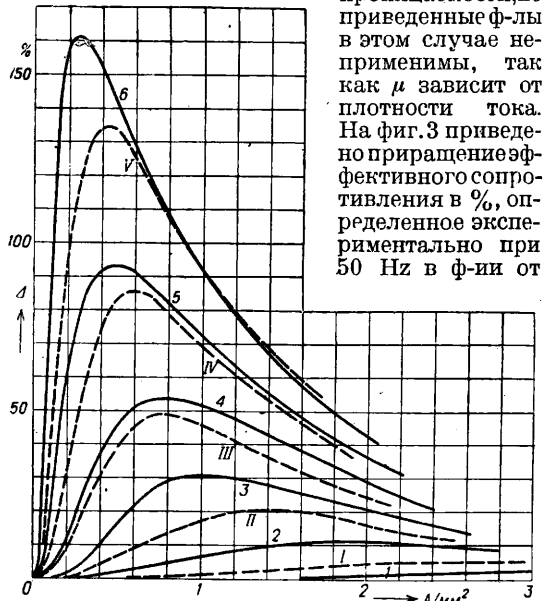
N_0, N_1 —цилиндрич. ф-ии нулевого и первого порядка второго рода, $2b$ —внешний диам. провода, $2a$ —диам. внутренней жилы, λ и λ_1 —проводимость внешнего и внутреннего металла;

$$x^2 = -j \mu \omega \lambda \cdot 10^{-8},$$

$$x_1^2 = -j \mu_1 \omega \lambda_1 \cdot 10^{-8}.$$

Расчет для биметаллич. проводов медь-железо приведен А. А. Снарским [2].

Железные провода С.-э. железных проводов весьма значителен благодаря большой проницаемости, но приведенные ф-лы в этом случае неприменимы, так как μ зависит от плотности тока. На фиг. 3 приведено приращение эффективного сопротивления в %, определенное экспериментально при 50 Гц в ф-ии от



Фиг. 3.

плотности тока для железа, обладающего удельной проводимостью 7,3 и временным сопротивлением на разрыв 70 кг/мм². Кривые 1—6 относятся соответственно к проводам диаметром

1—6 мм. Кривые I—V относятся к кабелям, свитым из 7 жил, имеющих соответственно diam. 1—5 мм. Для плоских пластин С.-э. определяется по ф-ле

$$\kappa_r = \frac{R_{\sim}}{R_{\equiv}} = \kappa d \frac{\text{sh } 2\kappa d + \sin 2\kappa d}{2\kappa d \cdot \cos 2\kappa d},$$

где d —толщина пластины, $\kappa^2 = \frac{\mu\omega\lambda}{2}$.

При малых значениях κd эта формула принимает вид

$$\kappa_r = 1 + \frac{(2\kappa d)^4}{180}.$$

Так, для меди при

$$\omega = 314, \mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-8}, \frac{1}{\lambda} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ } \Omega\text{-см};$$

$$\kappa_r = 1 + 0,11 d^4.$$

Сопротивление пластины толщиной в 1 см увеличивается на 11% из-за С.-э. При больших значениях κd приближенная ф-ла принимает вид

$$\kappa_r = \kappa d = 2\pi \sqrt{f \lambda 10^{-9}} \cdot d.$$

С.-э. в пазах электрических машин. Если в пазу электрич. машины расположено друг над другом m соединенных последовательно стержней прямоугольного сечения, то отношение потерь на нагревание в этих проводах при переменном токе к потерям при постоянном токе определяется по ф-ле:

$$\kappa = \frac{\kappa_r + a}{1 + a},$$

где $a = \frac{l_s}{l_a}$ —отношение неактивной длины к активной длине провода;

$$\kappa_r = \varphi(\xi) + \frac{m^2 - 1}{3} \psi(\xi); \xi = h \sqrt{\frac{f}{50}} \sqrt{\frac{b}{2}} \sqrt{\frac{\lambda}{50}};$$

h —высота стержня, b —ширина стержня, a —ширина паза, λ —удельная проводимость меди (при $60^\circ \lambda \approx 50$), f —частота;

$$\varphi(\xi) = \xi \frac{\text{sh } 2\xi + \sin 2\xi}{\text{ch } 2\xi - \cos 2\xi};$$

$$\psi(\xi) = 2\xi \frac{\text{sh } \xi - \sin \xi}{\text{ch } \xi + \cos \xi}.$$

Эти значения м. б. взяты из следующих данных:

ξ	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\varphi(\xi)$	1,0	1,0	1,002	1,011	1,035	1,086
$\psi(\xi)$	0	0,0005	0,0085	0,0129	0,1343	0,32
ξ	1,5	2,0	3	4	5	10
$\varphi(\xi)$	1,38	1,9	3,0	4,0	5,0	
$\psi(\xi)$	1,41	3,25	6,52	8,4	10,0	

Более сложные случаи исследованы в специальных работах.

Я. Шпильрейн.

При токах высоких частот (радиочастот) можно для нахождения $\frac{R_{\sim}}{R_{\equiv}}$ примолинейных проводов пользоваться приближенной ф-лой [2]

$$\frac{R_{\sim}}{R_{\equiv}} = p = 2,35 \frac{d}{\sqrt{\lambda}},$$

где d —diam. провода (имеющего $\mu = 1$) в мм, а λ —длина волны в км ($\lambda = \frac{c}{f}$, c —скорость света в км/сек, f —частота в Hz). В случае получения величины по расчету < 1 , следует считать $\frac{R_{\sim}}{R_{\equiv}} = 1$.

Когда провод свернут в катушку, распределение тока в части одного витка видоизменяется от действия соседних витков. Абрагам и Блохи [4] для расчета нового увеличения сопротивления, вызываемого распределением соседних токов и связанных с ними магнитных полей, дали ф-лу

$$\frac{R_{\sim \text{нам}}}{R_{\sim}} = q = 1 + (q_0 - 1) \sqrt{\frac{p-1}{p}},$$

где q_0 —параметр, зависящий от отношения шага катушки к diam. провода (в мм), определяемый графически [5] или из следующих данных:

Шаг катушки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diam. провода	3,4	1,95	1,53	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,03	1

Значения $\sqrt{\frac{p-1}{p}}$ определяются графически [5] или м. б. взяты из следующих данных:

при p	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	3	4	5	7	9	10
$\sqrt{\frac{p-1}{p}}$	0,0	0,41	0,51	0,62	0,66	0,71	0,82	0,86	0,89	0,92	0,93	0,94

По тем же источникам [4, 5] для учета увеличения сопротивления от неквазистационарности тока по всей длине провода в катушке (когда частота f близка к собственной частоте катушки f_0) следует найденное по предыдущему значению R умножить еще на коэффициент m , определяемый в ф-ии от $\frac{f}{f_0}$ графически [5] или из данных:

$\frac{f}{f_0}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
m	1	0,95	0,83	0,65	0,5

Т. о. для токов радиочастотных общее увеличение сопротивления провода вследствие С.-э. определяется в самом общем случае как

$$\frac{R_{\sim}}{R} = pqm.$$

В. Баженов.

Лит.: 1) Ewan A. W., «General Electric Review», N. Y., 1930, v. 33, p. 249; 2) Снарский А., Биметаллич. провода для воздушных линий связи, М.—Л., 1932; 3) Mesny R., Usage des cadres et radiogoniométrie, P., 1925; 4) Abraham H., Bloch L. et Bloch E., Notice № 4269 de l'Établissement Central du matériel radiotélégraphique, P., 1919; 5) Баженов В., Основы теории радиоприема, М.—Л., 1930; Жане П., Общий курс электротехники, перевод с франц., т. 2, М., 1929; Френкель Я., Теория переменных токов, М.—Л., 1928; Field A. B., «Ann. Inst. of Electr. Eng.», 1908, p. 659; Emden F., «EuM», 1908, p. 703; Rogowski W., «Arch. f. Elektrotechnik», B., 1913, H. 3; Richter R., Elektrische Maschinen, B. 1—2, B., 1924—30; Richter, «Arch. f. El.», B., 1914, H. 12, 1915, H. 1, 1916, H. 1, 2, 1917, H. 11; Spielrein, Lumière électrique, P., 1914; Miller J. M., «Bull. of the Bureau of Standards», Wash., 1915, p. 259; Ermolaev A., «Arch. f. El.», B., 1930, B. 23, p. 101; Jahnke E. u. Emden F., Funktionentafeln mit Formeln u. Kurven, 2 Aufl., B.—Mch., 1923; Stutz M., «Arch. f. Elektrotechnik», B., 1927, B. 17, p. 533—35; B. 18, p. 282, 1919. B. 8, p. 190—194; Cockcroft J., Skin Effect in Rectangular Conductors at High Frequencies, «Proceedings of the Royal Society of London», L., 1929, p. 533—542. Я. Шпильрейн.

СКИПИДАР, эфирное масло, получаемое из смолистых выделений различных пород сосны. В качестве сырья для получения С. употребляются: а) смолистые вещества, выделяющиеся из надрезов на стволе живого дерева (живица, сера, галлипот), и б) богатая смолою мертвая древесина, т. н. смолье-подсочка, и пеньвый осмол (см.). Живица (см.) дает при перегонке С. и твердую нелетучую смолу—*капифоль* (см.). На воздухе живица постепенно загустевает, теряет часть летучих веществ и превращается в полутвердую массу, называемую у нас серой, а за границей—галлипотом. Сера по сравнению с живицей дает меньшие выходы С. и, т. к. в ней составные части эфирного масла подверглись вследствие действия кислорода воздуха и света некоторым изменениям, получаемый из нее, т. н. серый, С. уступает по качеству С., получаемому непосредственно из живицы. Срубленное дерево содержит еще большое количество смолистых веществ; поэтому его также употребляют в качестве сырья, т. н. смолья-подсочки, для получения С. Остающиеся после рубки деревьев пни с течением времени сильно обогащаются смолою, которая

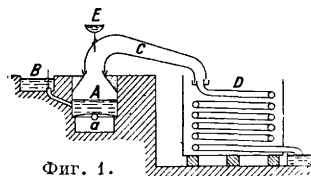
при этом подвергается глубоким химическим изменениям, и после выкорчевывания из земли (см. *Корчевание тней*) применяются в качестве сырья, т. н. пневого осмола, для получения канифоли, смолы и низких сортов С. Кроме того С. получается как побочный продукт при выработке из дерева целлюлозы и других материалов. Т. о. производство С. тесно связано с получением канифоли (см. *Скипидарно-канифольное производство*), целлюлозы, смолы (см. *Смолокурение*) и других продуктов, получаемых из соснового дерева.

Смолистые вещества, из которых получается С., в зависимости от происхождения имеют довольно разнообразный состав. Напр. различные породы сосны и даже деревья одной и той же породы в зависимости от географич. местоположения, климатич. условий, почвы, времени сбора живицы и т. д. дают живицу различного состава и свойств, поэтому получаемые из них С. значительно отличаются друг от друга; в торговле чаще всего различают С. по их происхождению (американский, французский, греческий, и др.). При различных способах технологич. получения и обработки С. происходит ряд еще недостаточно изученных химических изменений: изомеризация, полимеризация, дегидрогенизация и т. д., а также разложение смолистых веществ, в особенности при действии высокой t° . Поэтому в зависимости от происхождения сырья, получения, хранения и способа обработки различные по составу и качеству продукты.

К наиболее важным видам С. относятся следующие: 1) собственно С. (живичный С., терпентинное масло, бальзамный С., серный С.), эфирное масло, получаемое путем перегонки с водяным паром при t° ниже 180° или под вакуумом живицы, терпентина, серы и т. п. смолистых веществ, получаемых из живого дерева; 2) древесные С., получаемые: а) путем перегонки с водяным паром при t° ниже 200° богатой смолой мертвой древесины («паровой» С.), б) при экстрагировании различными растворителями, гл. обр. щелочью («щелочной» С.), в) при добытии целлюлозы по сульфитному и сульфатному способам («сульфитный» и «сульфатный» С.); 3) пеньвые С., получаемые посредством сухой перегонки на голом огне (с разложением продуктов) б. ч. пневого осмола: печные, котельные (Кienöl), смоляной С. и др. Наилучшим по качеству является живичный С. (терпентинное масло) или собственно С., наилучшим—пневый С. Древесные С. в зависимости от способа получения и очистки продукта приближаются или к живичному С. или к пневому С. В торговле под обозначением американского, французского, греческого, мексиканского, португальского и испанского С. подразумевается живичный С., в то время как немецкий, русский, польский и другие С. могут представлять продукты, относящиеся также к древесному и пневому С. По химич. составу С. состоят исключительно или гл. обр. из углеводов терпенового ряда с общей ф-лой $C_{10}H_{16}$.

Получение и состав живичных С. Получение С. из живицы или серы состоит из: 1) очистки живицы посредством плавки и 2) ее перегонки. Первая операция имеет целью удаление из живицы посторонних примесей, попадающих в нее или из дерева (напр. вода, содержащая альбуминоиды и танины) или извне (сосновая хвоя, кусочки коры, насекомые,

пыль и др.). Плавка живицы производится в чане, где она нагревается при помощи закрытого пара, после чего пропускается через фильтр из металлич. сетки и отстаивается в баках. Для лучшего отстаивания к водному слою прибавляют, напр. сернистый натрий или другую соль, а к живице—некое количество С. Очищенная т. о. живица называется терпентином. Иногда живицу подвергают перегонке в сыром виде, но в виду того что органич. примеси легко разлагаются, канифоль получается более темной и, несмотря на последующее фильтрование, более грязной. Перегонка живицы или серы имеет целью отделение летучей части—С. от нелетучей твердой смолы—канифоли. Перегонка производится по одному из следующих способов: 1) голым огнем, причем С. увлекается паром, для получения к-рого к живице прибавляют воду; 2) нагревание производится голым огнем, но пар, необходимый для перегонки, получается из другого котла; 3) нагревание и отгонка скипидара производятся исключительно паром и 4) нагревание производится паром, но для перегонки скипидара применяется вакуум. Для работы по первому способу обычно употребляется медный перегонный куб А

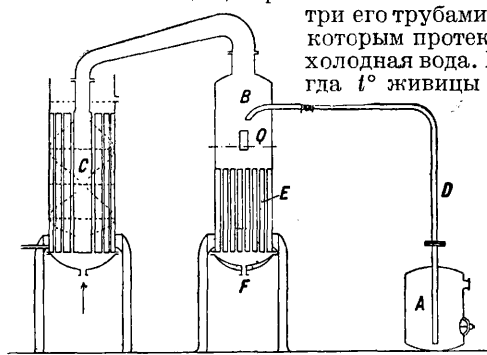


Фиг. 1.

куба имеется большое отверстие, соединяемое при помощи шлема С с холодильником Д. Последний состоит из медного змеевика, погруженного в чан с холодной водой. В нижней части куба имеется отверстие В для выпуска после отгонки С. расплавленной канифоли. Теплота отходящих газов используется для подогрева резервуара В с живицей, к-рая затем поступает по трубе непосредственно в куб. Перегонка производится следующим образом: после того как куб загружен живицей из резервуара В, t° ее поднимают до 95° ; тогда содержащаяся в живице вода испаряется и увлекает с собою С. С уменьшением количества воды t° начинает подниматься, и когда она достигнет 150° , в куб пускают из воронки Е тонкую струю воды, которая испаряется и увлекает с собою остальное количество С. Вода и С. после конденсации в холодильнике разделяются при помощи флоренских склянок (см.). Когда в дистиллате остается лишь незначительное количество С., приливание воды в куб прекращают, канифоль нагревают некое время для удаления воды (в арканифоль) и затем выпускают ее из куба в котел, пропуская по пути через металлич. сита для задержания примесей. Этот способ работы имеет много недостатков, главнейшие из которых большая огнеопасность и трудность регулирования температур, благодаря чему легко происходит подгорание смолистых веществ, приводящее к потемнению канифоли и загрязнению С. продуктами разложения смолы. Однако в виду несложного характера установки этот способ перегонки еще часто применяется и в настоящее время, гл. обр. в отдаленных лесных местностях Франции, С. Америки и других стран.

Установки, к-рые до самого последнего времени применяли в СССР для получения серного С., имели б. ч. очень примитивный харак-

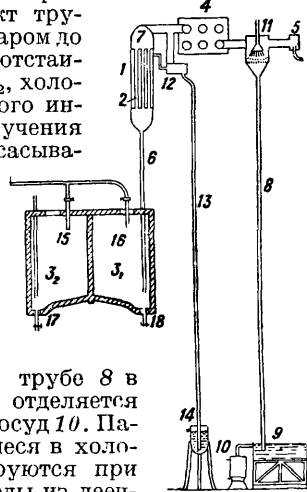
тер. Плавление серы производилось в медном кубе, в к-рый загружалось также и все необходимое количество воды (приблизительно 15% по весу серы). Шлем делался деревянный, а холодильник состоял из медной трубки, проходящей через ящик с холодной водой. В качестве приемника служил чан, в который вставлялся «обрез» (чан без дна), имевший внизу отверстие для отделения от С. воды, к-рая стекала затем через верх чана, а С. вычерпывался из обреза в другой резервуар, где он окончательно отстаивался от воды. Для очистки С. его перегоняли еще раз, пропуская пары для задержания летучих к-т и других примесей через известковое молоко. При втором способе перегонки, когда С. увлекается паром, полученным в другом котле, имеется возможность вести работу быстрее. Кроме того пар, проходя через живицу, энергично перемешивает ее и тем самым затрудняет подгорание органич. веществ. Третий способ (паровой) совершенно устраняет перегрев канифоли и позволяет легко регулировать t° и самый процесс работы, благодаря чему получается очень светлая канифоль и хорошего качества С. Первые аппараты, предложенные для этого способа, состояли из котла, имевшего паровую рубашку и внутренний змеевик для нагревания и подачи прямого пара непосредственно в котел. Однако вследствие плохой теплопроводности канифоли в настоящее время получили широкое применение за границей другие аппараты, например аппарат Тиксье (фиг. 2). Последний состоит из перегонного куба В, холодильника С и резервуара А, из к-рого живица или терпентин нагнетается по трубе D в куб В, приблизительно до высоты контрольного окна О. После этого в систему труб Е, расположенную в средней части куба, пускают из парового котла пар, давлением не более 10 atm. Выделяющаяся из живицы вода и пары С. конденсируются в холодильнике, разделенном поперечными перегородками на несколько секций, с расположенными внутри его трубами, по которым протекает холодная вода. Когда t° живицы до-



Фиг. 2.

стигнет 140° , в куб пускают открытый пар и продолжают перегонку до тех пор, пока вода, вытекающая из холодильника, будет содержать лишь незначительное количество С. После этого выпуск открытого пара прекращают, а канифоль нагревают для удаления воды до 160° и затем выпускают из аппарата по трубе F через металлическое сито в котел. В больших производствах часто применяется перегонка под уменьшенным давлением. Этот способ дает возможность при большой производительности получить большую экономию в расходе пара и рабочей силы. Кроме того канифоль и С. получаются очень светлыми и однородными, т. к. они

подвергаются нагреванию только в течение очень непродолжительного времени. Из аппаратов, работающих по этому способу, укажем на непрерывно действующий вакуум-аппарат Кастетс-Ларрана (фиг. 3). Он состоит из трубчатой колонны 1, в к-рой помещается комплект трубок 2, нагреваемых паром до $150-160^\circ$. бака для отстаивания живицы 3₁, 3₂, холодильника 4 и парового инжектора 5 для получения вакуума. Живица засасывается по трубке 6 из бака 3₁, 3₂ в колонну 1, где быстро нагревается для испарения С., пары к-рого затем поступают через головку 7 колонны в холодильник 4 и затем после сгущения по барометрич. трубе 8 в резервуар 9, где С. отделяется от воды и стекает в сосуд 10. Пары С., не сгустившиеся в холодильнике, конденсируются при помощи холодной воды из леечки 11, а остальные газы удаляются при помощи инжектора 5. Оставшаяся после отделения С. канифоль поступает в испаритель 12, где из нее окончательно выделяются пары С., после чего она по барометрической трубе 13 стекает в котел 14. Трубки 15 и 16 служат для наполнения бака 3₁, 3₂ живицей, а трубки 17 и 18—для удаления из него остатков. Выход С. при описанных выше способах перегонки зависит гл. обр. от содержания эфирного масла в живице или сере, колеблясь обычно в пределах 12—22%.



Фиг. 3.

Живичный, или серный, С. представляет собою бесцветную или с самым незначительным желтоватым оттенком легкоподвижную и приятно пахнущую жидкость. Константы его приведены в табл. 1. Главной составной частью обычного живичного С. является α -пинен; кроме него в С. часто содержится, но в значительно меньшем количестве, β -пинен (нопинен) и другие терпены (см.)—лимонен, дипентен и т. д.—иногда в довольно значительном количестве. Наиболее важными торговыми сортами живичного С. являются французский, американский, греческий и др. Французский С. добывается гл. обр. на Ю.-З. Франции из приморской сосны (*Pinus maritima*); состав его (по Дюпону): левовращающего α -пинена 62,8%, β -пинена 26,8%, D^{20} 0,855 до 0,865, удельное вращение $[\alpha]_D$ от -20 до -40° , показатель преломления $n_D^{15} = 1,470$. Американский С.—смесь различных правовращающих С., главн. обр. из длиннохвостой сосны (*P. palustris*, *P. australis*) и левовращающих, гл. обр. из *P. heterophylla*. По Лонгу у американских С. $[\alpha]_D$ от -35 до $+29,6^\circ$, D^{20} 0,860 до 0,864; состоят они гл. обр. из α - и β -пинена. В продаже встречаются большей частью С. с $[\alpha]_D$ от $+5$ до $+15^\circ$ или слабо вращающие влево. Греческий С. получается гл. обр. из алепской сосны (*P. halepensis*) и состоит почти исключительно из правовращающего α -пинена; уд. в. (по Уцу) 0,855, $n_D = 1,4643$ и $[\alpha]_D = +45,3^\circ$. Продажные сорта встречаются б. ч. с вращающей способностью от $+30$ до $+40^\circ$. Русский живичный скипидар из обыкновенной сосны

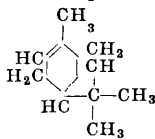
подвергаются нагреванию только в течение очень непродолжительного времени. Из аппаратов, работающих по этому способу, укажем на непрерывно действующий вакуум-аппарат Кастетс-Ларрана (фиг. 3). Он состоит из трубчатой колонны 1, в к-рой помещается комплект трубок 2, нагреваемых паром до $150-160^\circ$. бака для отстаивания живицы 3₁, 3₂, холодильника 4 и парового инжектора 5 для получения вакуума. Живица засасывается по трубке 6 из бака 3₁, 3₂ в колонну 1, где быстро нагревается для испарения С., пары к-рого затем поступают через головку 7 колонны в холодильник 4 и затем после сгущения по барометрич. трубе 8 в резервуар 9, где С. отделяется от воды и стекает в сосуд 10. Пары С., не сгустившиеся в холодильнике, конденсируются при помощи холодной воды из леечки 11, а остальные газы удаляются при помощи инжектора 5. Оставшаяся после отделения С. канифоль поступает в испаритель 12, где из нее окончательно выделяются пары С., после чего она по барометрической трубе 13 стекает в котел 14. Трубки 15 и 16 служат для наполнения бака 3₁, 3₂ живицей, а трубки 17 и 18—для удаления из него остатков. Выход С. при описанных выше способах перегонки зависит гл. обр. от содержания эфирного масла в живице или сере, колеблясь обычно в пределах 12—22%.

Табл. 1.—Константы различных видов скипидара [1].

Константы	Живичные С.	Древесные С.	Пневые С.
Уд. в. D_{40}^{20} . . .	0,855—0,872	0,860—0,880	0,865—0,875
Показатель преломления n_D^{20}	1,467—1,478	1,465—1,478	1,475—1,480
Начало кипения (760 мм) . . .	152—156°*1	150—165°	160—165°
Перегоняется до 160°	ок. 70%*2	ок. 25%	главное количество перегоняется между 170—180°; выше 185—190° не более нескольких %
Перегоняется до 165°	» 85%	» 80%	
Перегоняется до 170°	более, чем 90%	» 90%	
Конец кипения	ок. 175° но не выше 180°	б. ч. до 180°	160—200
Бромное число	не ниже 210 (210—230)	б. ч. 180—210	
Нерастворимых веществ в серной к-те . . .	> 2%	> 2,5%	—
Показатель преломления остатка	< 1,5	< 1,48	—
Остаток после испарения . .	ниже 0,5%	ок. 1,5%	не выше 1%
t° вспышки . .	30—35°	ок. 34°	40—45°

*1 В старых С. начало кипения лежит немного ниже (ок. 150°). *2 По Гольде между 155—162° перегоняется 75—80%. Конец кипения 175°.

(*P. silvestris*) содержит (по Арбузову) около 80% правовращающего α -пинена, 12—15% Δ^3 -карана и 5—8% высших фракций (сесквитерпенов, продуктов окисления и др.). Таким образом наши С. отличаются отсутствием β -пинена и значительным содержанием особого терпенового углеводорода ряда карана, Δ^4 -карана, имеющего следующее строение:



Этот углеводород был недавно обнаружен в индийском С., а также в немецком, финляндском и других С., получаемых из той же разновидности обыкновенной сосны (*P. silvestris*).

До войны 1914—18 серный С. вырабатывался у нас в незначительном количестве; в настоящее время подсобное хозяйство получило самостоятельное значение, и часть продукции уже экспортируется за границу. В зависимости от

Табл. 2.—Характеристики различных русских скипидаров [2,3].

Виды С.	Сорта С.	Средние данные		
		D_{40}^{20}	Отгоняется в % до	
			160°	170°
Серный	Бесцветный	0,863	77	96
»	Белый	0,863	73	95
»	Полубелый	0,868	65	89
Паровой	Бесцветный	0,871	67	86
Печной	Бесцветный	0,863	53	91
»	Белый	0,866	44	88
»	Полубелый	0,881	33	86
»	Лимонный	0,868	29	83
»	Оранжевый	0,876	27	78
»	Красный	0,888	20	70

применяемого сырья и степени очистки у нас различают следующие сорта серного С.: 1) серный бесцветный С. или имеющий только в толстых слоях незначительный желтоватый оттенок. Запах мягкий, приятный (другие свойства в табл. 2). 2) Серный белый С. получается подобно предыдущему, но без дополнительной перегонки и очистки известью. Цвет едва заметный желтовато-зеленоватый. Запах как у предыдущего. 3) Серный полубелый С. получается не из чистой серы, но с примесью серянки, т. е. живицы, выплавленной из смолья-подсочки при перегонке его в печах на смолу. Цвет слабо желтоватый. Запах несколько пригорелый. Вращательная способность С. $[\alpha]_D$ колеблется б. ч. от +10 до +24°.

Древесные С. получают из мертвой богатой смолой древесины: а) путем обработки ее паром (т. н. паровой С.), б) путем обработки древесины щелочью (содой, едким натром и др.) для перевода смолистых веществ в раствор, из к-рого С. во время или после обработки отгоняется при помощи пара (щелочной С.). О получении парового и щелочного С. см. Скипидарно-лигнинное производство. К древесным С. относятся также С., получаемые при обработке древесины по сульфатному и сульфитному способам. В первом случае измеленная древесина кипятится (для удаления смолистых веществ, лигнина и других примесей) с раствором щелочи, состоящей из едкого натра, сернистого натра, сульфата натрия и других соединений, во втором случае—с раствором сернистокислой соли кальция. Если в конце операции из варочного котла пустить в холодильники струю пара, то на поверхности скоденсировавшейся воды получается слой С. Сульфатный способ обработки древесины широко применяется в Швеции, Финляндии и других странах, но получаемый при этом сырой С. обладает очень неприятным запахом вследствие содержания различных сернистых соединений. Поэтому сульфатный С. даже в хорошо очищенном состоянии можно отличить по запаху от других видов С. Smith показал, что рафинированные шведские и америк. сульфатные С. содержат от 0,011 до 0,017% серы, к-рая совершенно отсутствует в живичном и других древесных С. Все древесные С. содержат кроме составных частей, кипящих до 180° (α - и β -пинена с примесью лимонена, дипентена и других углеводородов), большее или меньшее количество углеводородов и кислородсодержащих соединений с $t^\circ_{кип.}$ выше 180°: терпинолена, терпиненов, терпинеола, борнеола, фенхилового спирта, камфоры и др.; они образуются вследствие изомеризации, окисления и других процессов, происходящих при действии более высокой t° (например перегретого пара), или представляют составные части смоляных масел. Поэтому древесные С. подвергаются для удаления этих примесей б. или м. тщательному рафинированию, в зависимости от к-рого получают продукты более близкие к живичному или к пневому С. Хорошо очищенные и ректифицированные древесные С. близки по своим физич. и химич. свойствам к настоящему живичному С., в особенности если они получены из свежесрубленного дерева; однако в большинстве случаев древесные С. отличаются от живичных более высоким уд. в., менее мягким запахом, большим содержанием высококипящих фракций, более низким бромным числом и другими свойствами (табл. 1). По

исследованиям Крестинского и Солодкого паровые и щелочные С. из *P. silvestris* содержат в зависимости от сырья большее или меньшее количество α -пинена и Δ^3 -карена с примесью терпинеола, спиртов, сесквитерпенов и других еще неисследованных соединений. Так например, при перегонке старого пневого осмола было найдено у парового скипидара 42,5% α -пинена и 32,5% Δ^3 -карена, у щелочного С. 43% α -пинена и 38,5% Δ^3 -карена. У парового С. из молодых пней было найдено α -пинена 68,0%, Δ^3 -карена 19,0%, спиртов, сесквитерпенов и остатка 13%. Т. о. этот С. по своему составу приближается к настоящему живичному С. Получаемый в СССР заводским способом паровой С. имеет приятный запах и совершенно бесцветен (табл. 2). С., получаемый при сульфатной обработке древесины (Klason и Kertesz), содержит до 80% пимолола, затем дипентен, сесквитерпены и другие соединения.

Пневые С. получают путем сухой перегонки богатой смолою древесины и различных древесных отходов, гл. обр. пней. Вследствие высокой темп-ры и неравномерности при этом нагрева помимо отгонки собственно С. и других выпекющихся фракций смолы происходит также разложение смолистых веществ и самой древесины (перегонка с разложением). В виду этого получаемые продукты отличаются весьма разнородным составом и довольно низким качеством. В зависимости от способа получения их можно разбить на С., получаемые непосредственно из дерева до отгонки из него смолы, и на С., получаемые из смолы путем отгонки с помощью пара. Первая группа С. представляет продукты, занимающие по своим свойствам промежуточное положение между древесными и собственно пневыми С., в то время как вторая группа, т. н. смолы пней С., представляет продукты, подвергнутые сухой перегонке, благодаря чему химические изменения выражены у них в более сильной степени. В СССР б. ч. применяется первый способ работы, причем С. в зависимости от рода установки называются печными, котельными, ретортными и т. д. (см. *Дерево, сухая перегонка*). Наилучшим из этих сортов является печной С., наихудшим — котельный. К последнему С. близко подходит по качеству т. н. пековой С., получаемый из древесной смолы. Производство пневых С. тесно связано со *смолокурением* (см.).

По исследованиям Б. А. Арбузова очищенный печной С. «Всеколеса», полученный на кустарных установках области Мари, состоит из 58,3% α -пинена, 20,5% Δ^3 -карена, 10,6% дипентена и 10,6% спиртов, сесквитерпенов и остатка. Хорошо рафинированный пневый С. — бесцветная с характерным резким запахом жидкость, отличающаяся от собственно б. ч. более высоким уд. в., большим содержанием высококипящих фракций и другими свойствами (см. табл. 1 и 2).

Свойства и применение С. С. легко смешивается с большим числом растворителей (бензином, бензолом, хлороформом, сероуглеродом, хлорированными углеводородами и т. д.), а также с большим числом жирных масел и металлич. солей жирных и смоляных к-т. Благодаря большой растворяющей способности, приятному запаху и другим свойствам С. часто применяется как растворитель для сикативов, скипидарных лаков, в производстве ваксы, кремов, половой мастики и тому подобных веществ. Дымящей серной или азотной кислотой

С. растворяется почти полностью. На этом свойстве основаны методы определения скипидара в смеси с бензином, бензолом и другими углеводородами. Растворимость в разбавленном спирте зависит в значительной степени от возраста масла и крепости спирта. Нитро-ацетил-целлюлоза и другие эфиры клетчатки в С. не растворяются. При действии света и воздуха С. легко окисляется, в особенности в нагретом состоянии, приобретая желтый цвет и своеобразный запах. При этом уд. в. его, показатель преломления и кислотное число повышаются. В особенности склонны к окислению и осмолению пневые С. Поэтому при исследовании С. определяют также кислотное число и остаток после испарения. При окислении С. образуются соединения типа перекисей, к-рые при стоянии, и быстрее при нагревании, снова отщепляют кислород, благодаря чему С. действует как окислитель, напр. переводит сернистую к-ту в серную, выделяет из иодистого калия иод и т. д. Окисляющее действие С. очень ценно при употреблении его в качестве растворителя или разбавителя для жирных лаков и масляных красок, т. к. способствует более быстрому высыханию их после нанесения на поверхность. Помимо этого С. обладает большой диспергирующей способностью по отношению к сикативам, лакам и жирным маслам, а также способностью до нек-рой степени размягчать ранее нанесенные слои краски или лака, благодаря чему у последних получают более прочные и однородные пленки. С. легко присоединяет бром и хлор. На этом свойстве основан один из методов испытания С. — определение бромного числа, т. е. количества брома, присоединяемого 1 см³ масла. С. легко реагирует с другими химич. соединениями. С. соляной к-той он образует хлористый борнил, с органич. к-тами — эфиры борнеола и изоборнеола, к-рые являются главными исходными материалами для получения искусственной камфоры. Другими синтетич. производными С. являются терпин и терпинеол. Первый получается путем обработки С. серной (или азотной) к-той и употребляется в виде терпингидрата в медицине, а также служит для приготовления терпинеола, применяемого в парфюмерии. С. — один из наименее ядовитых растворителей, обладает антисептич. свойствами и часто применяется при различных наружных и внутренних заболеваниях и для дезинфекции. Область применения древесных и пневых С. значительно уже и ограничивается гл. обр. употреблением их в качестве разбавителей или растворителей для масляных красок, лаков, ваксы, мастики и тому подобных составов.

В виду сравнительно дорогой цены С. в настоящее время появилось в продаже очень много заменителей его, к-рые по своему составу м. б. разбиты на следующие две группы: 1) продукты, содержащие терпеновые углеводороды, к-рые по своим свойствам близки к настоящему С., напр. остатки С., получаемые в производстве искусственной камфоры и других синтетич. производных, лишенные б. ч. содержащегося в С. пинена, затем дипентен, пинолин, камфорное масло, гидротерпин и др.; 2) продукты, не имеющие по составу ничего общего с С.: уайт-спирит, сангайол, декалин, тетралин и др. (см. *Растворители*).

Лит.: ¹) Wolff H., Die Lösungsmittel der Fette, Öle, Wachse und Harze, 2 Aufl., Stg., 1927 (ест. русский перевод); ²) Н о г и н К., Камифольно-скипидарное производство, Л., 1929, ИХТИ; ³) е г о ж е, Сухая перегонка

дерева лиственных и хвойных пород, 2 изд., Л., 1931, ГНТИ; Арбузов Б., О составе живицы из *Pinus silvestris*, «ЖРФХО», 1927, т. 59, стр. 247 и 1929, т. 61, стр. 255; Крестинский В. и Солодкий И., О составе скипидаров из осмола *Pinus silvestris*, «Журн. прикладной химии», 1929, т. 2, стр. 336 и 1930, т. 3, стр. 533; Дюпон Г., Терпентинные масла (скипидары), пер. с франц., Л., 1931; Демьянов Н., Нилов В., Вильямс В., Эфирные масла, их состав и анализ, М.—Л., 1930; Смирнов Б., Русские скипидары, их происхождение, качество и рациональная номенклатура, 1923; Тищенко В., Канифоль и скипидар, СПб., 1895; Нордстрем Э. и Семенов А., Смоло-скипидарное производство, М., 1930; Арбузов Б., К вопросу о составе печных скипидаров, «Журн. прикл. химии», 1930, т. 3, стр. 867; е го же, По поводу схемы Е. И. Любарского о происхождении скипидаров различного состава, там же, 1930, стр. 874; Dupont G., Distillation du bois, P., 1924; Vèzes M. et Dupont G., Résines et térébenthines, P., 1924. П Черенин

СКИПИДАРНО-КАНИФОЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО (канифольно-скипидарное, канифольно-экстракционное). Скипидар и канифоль в пром-сти получают двумя путями: путем переработки живицы, являющейся продуктом прижизненного использования сосны (см. *Живица*, *Скипидар*) и путем переработки раздробленной смолистой древесины, гл. обр. пневого осмола (см. *Смолокурение*).

Существует два способа заводской переработки пневого осмола (см.). Один способ, канифольно-экстракционный, заключается в обработке дробленого осмола каким-либо растворителем, напр. бензином. Другой способ, т. н. канифольно-мыльный, или щелочной, сводится к обработке дробленого осмола раствором щелочи, причем канифоль получается в виде канифольного мыла. Скипидар как при экстракционном способе, так и при щелочном м. б. получен предварительной отгонкой путем пуска открытого пара. Скипидар, полученный таким способом, называется паровым. В случае работы без предварительной отгонки, при экстракционном способе скипидар выделяется из полученных растворов; при щелочном способе выделение производят отгонкой с одновременной обработкой щелочью при кипячении. Возможно также отнести оба указанных способа переработки осмола к канифольно-экстракционным, различая в данном случае: 1) экстракцию органич. растворителями и 2) экстракцию щелочью. В дальнейшем изложении мы придерживаемся первой приведенной классификации.

При обоих упомянутых способах переработки первой технологической операцией является измельчение (дробление) осмола в щепу (стружка, дробина) на особых машинах. Измельчение—важная технологич. операция, так как от правильной постановки ее в значительной степени зависит успех дальнейшей переработки. Наиболее удовлетворяющим размером щепы надлежит считать 5—8 мм в направлении вертикальных смоляных ходов. Этот размер гарантирует достаточно полное извлечение смолистых веществ и устраняет опасность слеживания щепы в экстракторе. При измельчении часть карчей, размер которых больше приемного жолоба машины, предварительно распиливается на круглой пиле. Самое измельчение осуществляется на измельчительных машинах, рубилках, гак-машинах. Применяются рубильные машины двух типов: дисковые и барабанные. И та и другая система машин обладает достаточно простым устройством и достаточно надежной конструкцией. Производительность рубильной машины зависит от очень многих условий: от толщины рубки, числа ножей, числа оборотов, производимых машиною в минуту, сече-

ния древесины, идущей в рубку, длины поленьев, качества сырья и квалификации рубщика. Производительность рубильных машин при рубке на 5 мм до 8 м³ в час. Расход энергии на м³ 5—8 kWh. При работе на осмоле наблюдается довольно быстрое затупление ножей, смену к-рых производят через каждые 40—60 мин.; ножи оттачивают на автоматич. точильном станке. Иногда щепа, вышедшая из машины, пропускается в *дезинтегратор* (см.) для дополнительного измельчения более крупных кусков. Оборудование измельчительного отделения состоит из: рубильных машин, дезинтеграторов (иногда), кругопильных станков, автоматических точильных станков для ножей, станка для точки круглых пил, транспортных и вентиляционных устройств. Полученная щепа занимает больший объем, чем осмол до измельчения. Коэф. увеличения объема 1,3—1,5. В случае если желательно придать щепе большую однородность, ее можно пропустить через сортировку, но этого обычно не делают. Полученная в измельчительном отделении щепа транспортируется для дальнейшей переработки в экстракционное отделение, что может хорошо осуществляться посредством ленточных (резиновых) транспортеров. Щепа обычно передается в бункеры, расположенные либо в отдельной бункерной башне либо над экстракционными аппаратами. В первом случае щепа подается в аппарат ленточным транспортером, снабженным сбрасывающей тележкой; во втором случае загрузка аппаратов производится непосредственно из бункеров путем открывания задвижек.

При канифольно-экстракционном способе применяют различные растворители (канифоль растворяется в эфире, нефтяных погонах, хлороформе, ацетоне, сероуглероде, метилом и этиловом спиртах, четыреххлористом углероде, уксусной кислоте, трихлорэтилене, бензоле, толуоле, ксилоле); на з-дах применяют гл. обр. легкие нефтяные погоны (фракции 100—130°). Экстракцию можно вести как на холоду, так и при подогреве (теплая экстракция). Изменение температурного режима оказывает влияние на выходы продукции, цвет канифоли и на расход тепла. При прочих равных условиях ведения экстракции повышение температуры увеличивает выходы и дает канифоль более темную, чем при экстракции на холоду, и обратно. Иногда при работе применяют комбинированный способ, состоящий из ряда холодных и горячих экстракций. Существенное значение имеет влажность осмола, которая отрицательно влияет на успех переработки. В работу пускают осмол, выдержанный на складе, с влажностью не выше 20—25%. В среднем, при достаточной полноте извлечения выхода продукции, с 1 м³ пневого осмола считают 40—42 кг канифоли, 6—10 кг скипидара, 3 кг масел. Работа ведется сл. обр.: из щепы, загруженной в экстрактор, отгоняют скипидар путем пуска открытого насыщенного пара, после чего на щепу заливается растворитель и проводится экстракция. Полученные канифольные растворы сливают из аппарата, на щепу вновь пускается открытый пар и производится отдувка (отгон бензина), а затем щепа выгружается из аппарата и выводится из экстракционного корпуса. Полученные канифольные растворы, слитые в отстойники, переводятся в испарители, по дороге пройдя фильтры, и от них отгоняется бензин глущим паром. Далее, уже доведенный до определенной концентрации раствор переводится в увариватели, где

осуществляется отгонка тяжелых хвостовых погонов растворителя и масел, после чего готовая канифоль сливается. В случае же если процесс ведется без предварительной отгонки скипидара, скипидар отгоняется при процессе уваривания канифоли из уваривателя. Полученный скипидар подвергается очистке со щелочью и затем перегонке в перегонных устройствах, снабженных ректификационной колонкой. Такой же очистке рекомендуется подвергать и полученные масла. При данном процессе истраченный растворитель все время регенерируется и вновь пускается в работу. Потери растворителя происходят при различных стадиях процесса по причине его летучести и неполноты отделения, например от отработанной щепы. Чтобы уменьшить потери, стремятся вести улавливание на различных установках. В производстве, согласно указанной схеме, применяют следующие главнейшие аппараты.

Экстракционный аппарат, или **экстрактор**, представляет собою железный клепаный вертикальный поставленный аппарат цилиндрической формы со сферич. днищами, снабженный верхним загрузочным и нижним разгрузочным люками, а в подрешеточной части — змеевиком для глухого пара и барботирующим приспособлением для открытого пара, а также всеми необходимыми штуцерами и арматурой. Емкость экстрактора колеблется в зависимости от производительности з-да и количества аппаратов в установке; встречаются аппараты в 1,6 м³; 4,5 м³; 23,5 м³ и 34,5 м³ полезной емкости. В аппарате производятся следующие операции: 1) загрузка свежей щепой; 2) отгонка скипидара паром; 3) экстрагирование; при экстрагировании аппарат заливают растворителем; последний заполняет подрешеточную часть (10—15% емкости аппарата), промежутки между щепой (0,4% объема, занимаемого щепой), а также пропитывает щепу, что составляет 0,27% объема щепы; 4) отгонка растворителя; 5) выгрузка щепы. Затрата времени на указанные выше операции при аппарате ~ 25 м³ емкости примерно такая: загрузка 30 мин., отгонка скипидара 2 ч., экстракция 6 ч., отгонка растворителя 2 ч., выгрузка 1,5 ч. Различают экстракционные аппараты: 1) периодические и 2) батарейные. Способ работы в батарее дает большие преимущества (более полное извлечение и более однородная продукция). В этом случае работа ведется по принципу противотока. Расход пара: на 1 кг отгоняемого скипидара 15 кг, на экстракцию — в зависимости от принятого метода работы, на отгонку 1 кг растворителя 1 кг (по бензину). Выгруженная щепка содержит нек-рую остаточную смолистость, к-рая тем меньше, чем совершеннее извлечение; обычно она равна 2—3%. Фильтр для канифольного раствора применяют железный цилиндр сферич. формы, внутри к-рого помещен выемной патрон из красной меди, заряженный сружкой. Расход стружки для фильтрации на 1 м³ перерабатываемого осмола 0,0033 кипы. **Бензиоулавливающий аппарат (испаритель)** простейшего устройства представляет собою перегонный куб, снабженный змеевиками. Были предложены аппараты более совершенных конструкций, состоящие из нескольких секций, в к-рых прогрев раствора ведется пучками стальных труб (по трубам пропускается пар). В аппарате такого устройства достигается более экономное расходование тепла. На 1 кг отгоняемого бензина в среднем расходуется 0,3 кг

пара. Увариватель канифоли по конструкции подобен простому перегонному кубу из красной меди; снабжен змеевиками для насыщенного пара и барботером для перегретого пара ($t^{\circ} = 180—200^{\circ}$). Бензиоулавливательная система состоит из трубопроводов (воздушных линий), по которым воздух, насыщенный парами бензина, подводится к улавливателю-скрубберу. Скруббер — железный аппарат колоннообразной формы, заполненный внутри насадкой (кольца Рашига, битое стекло, консервные банки и пр.). Вверху аппарата находится водяной душ, во все время работы подающий воду навстречу поступающему воздуху, содержащему пары бензина. Способ улавливания несовершенный. Потери бензина на 1 м³ перерабатываемого осмола должны быть не выше 6 кг. Практически эта цифра часто бывает больше.

В скипидароочистительном отделении производится очистка скипидара сыра 2—3%-ным раствором NaOH при перемешивании с последующей промывкой водой; обычно применяют вигтовые мешалки (см. *Размешивание материалов*, фиг. 4). Расход каустика на 1 м³ осмола 0,9 кг. Очищенный скипидар поступает на перегонку с водяным паром. Перегонная установка состоит из куба с дефлегматором и ректификационной колонной. Последняя особенно желательна в случае «экстракционного» скипидара, т. е. такого, который получен без предварительной отгонки. Расход пара на 1 кг скипидара: без колонны 1 кг, с колонной 3—4 кг.

Прочая аппаратура экстракционного з-да состоит из различных промежуточных резервуаров (для бензина, скипидара, масел), напорных баков, баков для щелочи, холодильников (трубчатых и змеевиковых), отделителей типа *флорентинских* склянок (см.) для бензина, скипидара, контрольных фонарей и пр. При з-де д. б. устроено бензиохранилище для хранения бензина (запас на 2—3 мес.). Устраиваются бензиохранилища обычно вне экстракционного цеха с соблюдением различных противопожарных мероприятий. Наиболее безопасные хранилища устраиваются по способу хранения под давлением инертного газа, хотя последнее обходится дороже. При канифольно-экстракционном производстве на 1 м³ расход пара 1—1,5 т, расход электроэнергии 12—15 kWh, расход воды 15—20 м³.

Канифольно-мыльный, или щелочной, способ в последнее время начинает развиваться; раньше развитие его тормозилось тем обстоятельством, что представлял затруднение вопрос обратного выделения канифоли из канифольного мыла. Как только выяснилось, что канифольное мыло может найти себе применение как таковое, щелочная обработка получила данные для своего развития. Сущность способа заключается в выщелачивании канифоли из щепы пневого осмола раствором щелочи (каустическая сода или углекислые соли). В зависимости от количества щелочи можно получить кислое, нейтральное или щелочное мыло. При щелочной обработке влажность осмола роли не играет; нек-рое преимущество заключается также в том, что потребляемая щелочь не теряется, т. к. в мыле поступает на дальнейшее производство. Кроме этого данное производство относительно не огнеопасно, напр. по сравнению с экстракцией бензином. Главнейшие технологич. операции при щелоч-

ной обработке: отгонка скипидара паром, извлечение смоляных к-т действием щелочи (путем перевода их в растворимые в воде соли), высаливание и отстаивание полученного мыла, сгущение его и розлив в тару. Как и в канифольно-экстракционном способе, в щелочном способе можно работать и без предварительной отгонки скипидара. Выходы продукции с 1 м³ осмола в среднем: канифоли (в мыле) 40 кг, скипидара 6—10 кг.

Главнейшая аппаратура, применяемая в производстве, следующая. Экстрактор, по устройству своему такой же, как в канифольно-экстракционной пром-сти. В данном аппарате проводятся следующие операции: 1) загрузка аппарата щепой, 2) отгонка скипидара, 3) выщелачивание, 4) промывка щепы водой и 5) выгрузка щепы. Работа по более совершенному способу ведется в батарее, состоящей из ряда аппаратов (напр. 8), с применением принципа противотока. В случае работы с NaOH применяется 2—3%-ная концентрация при подогреве. При заливе аппарата количество щелочи на пропитку щепы составляет 0,25% от объема, занимаемого щепой, а количество щелочи на заполнение промежутков—0,4%. Отсоляник, в к-ром производится высаливание раствором поваренной соли, железный клепаный цилиндр, формы, вертикально поставленный аппарат, снабженный каким-либо переменно-приспособлением, а также змеевиком для охлаждения холодной водой. Расход соли на 1 м³ перерабатываемого осмола 10—12 кг. Мылоотделитель, в к-ром происходит отстой и слив щелока—железный аппарат с конич. дном. Продолжительность отстоя каждой порции мыла равна 24 часам. Следующей операцией производства является уплотнение, т. е. сгущение мыла до большей концентрации. Для данной операции предложен деревянный аппарат, состоящий из ряда камер: мыло переходит самотеком (вследствие того, что дну аппарата придан некоторый уклон) из камеры в камеру, причем из каждой камеры можно осуществить слив щелока с уровня, наблюдаемого в смотровом стекле. В указанном аппарате процесс уплотнения идет медленно (в течение нескольких суток). В выходящем мыле содержится около 40% влаги. Было также предложено проводить мылоуплотнение в отжимном вращающемся барабане через холст. Полученный скипидар подвергается очистке и перегонке. Скипидароочистительное отделение оборудуется аналогично таковому же в канифольно-экстракционном производстве. Прочая аппаратура состоит из напорных баков, приемных чанов, баков для растворения щелочи, холодильников, отделителей, контрольных фонарей и пр.

Канифольно-мыльное производство начало развиваться в СССР лишь с весьма недавних пор; в виду этого целый ряд вопросов производства ждет своего разрешения. Сюда можно отнести вопросы получения светлого мыла, а также доведение полученного мыла до стадии сухого продукта. Впервые экстракционный способ испытан проф. Рудневым, применившим в качестве растворителя скипидар. В 1910 г. способ экстракции начал впервые применяться в заводском масштабе. В 1927 г. был построен и пущен первый более крупный з-д «Вахтан», работающий на растворителе—бензине. Кроме этого з-да в СССР работает небольшой экстракционный з-д в БССР (Ново-Белица). Первый з-д, осуществленный по канифольно-мыльному способу, был переоборудован из экстракционного з-да на ст. Плещеецкая (если не считать мелких з-дов в Сибири).

Пропускная способность всех существующих в СССР з-дов ок. 100 000 м³ пневого осмола в год. Сырьевые возможности для развития данной отрасли промышленности весьма велики. По ориентировочным подсчетам количество осмола, ежегодно остающегося в лесах, равно

10 млн. м³. Потребность в канифоли и скипидаре (не считая живичного) во вторую пятилетку округленно (в т):

	1933	1934	1935	1936	1937
Канифоли . . .	113 000	148 000	148 000	175 000	200 000
Скипидара . . .	21 000	24 000	29 000	35 000	41 000

В покpытии этой потребности на долю экстракционной канифоли, канифольного мыла и скипидара от данных производств приходится (в т):

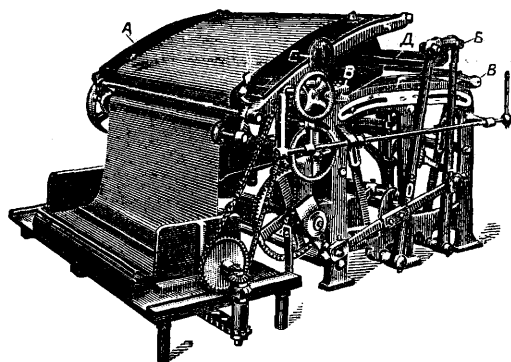
	1933	1934	1935	1936	1937
Экстракционная канифоль . . .	2 500	2 500	33 000	57 000	81 000
Канифольное мыло (считая на канифоль) . . .	1 500	1 500	9 000	12 000	16 000
Скипидар	700	2 000	8 500	14 000	20 000

Т. о. пром-сть по переработке соснового пня, существующая в настоящее время в небольших масштабах, должна к концу пятилетки вырасти в крупную отрасль лесохимии с продукцией в десятки тыс. т. Представляет также большой интерес вопрос утилизации отработанной щепы. Как показали изыскания, отработанная щепка может служить ценным сырьем для получения целого ряда материалов. Среди них можно назвать бумагу (типа обертки), картон, ряд изоляционных, искусственных строительных материалов и пр. Страной с наиболее развитой экстракционной пром-стью является теперь Сев. Америка, в к-рой ок. 20% всей канифольной продукции вырабатывается на з-дах, перерабатывающих пневый осмол. Несомненно, что СССР, располагающий самыми крупными сырьевыми ресурсами в мире, имеет все шансы на развитие самой крупной в мире лесохимии пром-сти.

Лит.: Любарский Е., Живой и мертвый терпентин. Способы и продукты его переработки, ч. 1—2. Владивосток, 1925; Тищенко В., Канифоль и скипидар, Петербург, 1895; Ногин К., Канифольно-скипидарное производство, Л., 1929; Аустервейль и Рост, Добывание живичных хвойных и подпочный промысел, пер. с нем., Новосибирск, 1928; Лесохимическая пром-сть СССР, под редакцией П. Дубова и И. Филиппова, М., 1930; Никитин Н., Химическая переработка древесины, Л., 1924; Ланговой С., Продукты сухой перегонки, канифоль и скипидар, Товароведение, под ред. П. Петрова и Ф. Черевитинова, т. 2, М.—Л., 1926; Егоров И., Переработка смол, Тропа на завод, под ред. В. Шапошникова, вып. 4, М.—Л., 1927; Карманов С., Химическая переработка дерева, Свердловск, 1925; Филиппович И. Р., Лесохимия, «Лесопромышленное дело», 1931, 2; е го же, К вопросу об индустриализации лесохимпромышленности, «Химия и хозяйство», 1930, 6; е го же, К вопросу производства канифоли и скипидара по экстракционному способу, «Химическая промышленность», 1925, 8; Филиппович И. и Выходская В., К вопросу расширения и свойствах смолотных веществ, там же, 1927, 12; Филиппович И. и Туховичкий Н., Свойства подпочных и экстракционных канифольей и наши критерии для суждения о них, там же, 1927, 11; Поставский И. и Титов Е., Исследование щелочного способа получения канифоли из осмола, там же, 1929, 2; Hawley L., Wood Distillation, N. Y., 1923; Sieber R., Über Harz der Nadelhölzer u. die Enthärzung von Zellstoffen, В., 1925. С. Качурин.

СКИПЫ, см. Рудничный подъем.

СКЛАДАЛЬНАЯ МАШИНА, машина для укладывания ткани петлями определенной длины. Операция совершается в складальном отделении перед или во время промеривания и окончательного просмотра ткани. Ткань протягивают по неподвижному столу А (см. фигуру) (причем ее просматривают), затем она проходит



между двумя линейками Д, соединенными с качающимися рычагами В. При движении ры-

чагов *Б* вправо и влево линейки раскладывают ткань на столе *Г*, подсовывая перегибы петель под неподвижные выступы *В—В*; стол *Г* при этом понемногу опускается вниз, не будучи закрепленным неподвижно, а лишь упруго прижат к выступам *В* системой рычагов и грузов. *С. м.* снабжается счетчиком *Е* для указания длины куска товара; т. о. *С. м.* применяется часто как мерильная машина. Длину размаха качания рычага *Б* можно регулировать, изменяя т. о. длину петли ткани. Производительность *С. м.* 60—70 кусков в час, расход силы 1—1,5 *HP*. При непрерывном процессе отделки (ходовом) *С. м.* устанавливают в конце агрегата, напр. после отдувки, ширилки и компенсатора.

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химическая технология волокнистых веществ, стр. 406—408, 413—415, Иванов-Вознесенск, 1928; Буров Н. Ф., Аппретура и отделка хлопчатобумажных тканей, стр. 52, М., 1924; Холл А. Ж., Аппаратура для белия, крашения, печатания и отделки в текстильной промышленности, стр. 190, 1929. **З. Фукс.**

СКЛАДСКОЕ ДЕЛО, см. Холодильники.

СКЛАДЫ-ХОЛОДИЛЬНИКИ для хранения скоропортящихся пищевых продуктов, см. Холодильники.

СКЛЕРОМЕТРИЯ, отдел измерительной физики, количественно устанавливающий степень твердости физич. тел. Наибольшее практич. значение *С.* получила при испытании металлов и металлич. сплавов, минералов и горных пород, а также древесины и различных искусственных твердых материалов, относящихся к пластинкам. *С.* близка к *малакометрии* (*см.*), но в отличие от последней имеет дело преимущественно с телами значительной твердости, тогда как *малакометрич.* испытаниям подвергаются тела, степень твердости к-рых чрезвычайно мала. *Склерометрич.* испытание принадлежит к числу важнейших в материаловедении и без *С.* не обходится ни одна металлведческая или металлотехнологич. работа, как равным образом не обходится ни одно минералогич. исследование. В связи с этим понятно обилие литературы по физич. основаниям, способам и приемам испытания и аппаратуре в области *С.* Тем не менее важнейшие вопросы *С.* не получили еще достаточного разъяснения, и самое понятие твердости как характеристики материала—физической величины, подлежащей измерению,—остается смутным, многозначным и даже просто пестрым; мало того, рядом исследователей самое существование твердости как свойства, составляющего непротиворечивое содержание имеющегося или хотя бы возможного понятия, отрицается. В результате в литературе появлялись статьи, даже заголовки которых приводили термин «твердость» в кавычках: в самых же статьях предлагалось вовсе устранить этот термин. Провести подобную меру было бы конечно весьма не легко, поскольку в общественном сознании слово «твердость» несет службу едва ли не наиболее обычного характеризования материалов, и м. б. именно ветвистость этого термина делает его особенно приемлемым в практич. жизни и в технике. С другой стороны, справедливые указания на многозначность и внутреннюю неотчетливость термина «твердость» свидетельствуют не столько о его недостатках, сколько о его рабочей ценности, ведущей к широкому многообразному употреблению, и о пристальном внимании исследователей; как известно всем, занимавшимся анализом терминов и понятий, всякий термин оказывается при внимательном исследовании многосложным, многозначным и даже

содержащим противоречия, т. е. находящимся во внутреннем (диалектическом) движении. Чем теснее связан термин с практикой, тем ярче выступают эти его свойства. Т. о. отмеченная исследователями многозначность термина твердость должна считаться достаточным основанием вовсе не к вычеркиванию этого термина, а напротив, к поддержке, и не к уничтожению *С.*, а к дальнейшему развитию ее.

Согласно наиболее широко принятому определению под твердостью разумют сопротивление, которое оказывает тело внедрению в него другого тела. Это сопротивление зависит от формы и размеров внедряющегося тела, от скорости его внедрения и наконец от свойств окружающей среды, если предположить все прочие условия, t° и другие, во всех случаях жесткоэластичными. Отсюда понятно, что в соответствии с родом того или другого из указанных факторов сопротивление, оказываемое телом, может получать характеристики твердости, различающиеся не только количественно, но и качественно, по самому смыслу. Т. о. многозначность термина твердость объясняется тем, что соответственное свойство тел не может рассматриваться как абсолютное, безотносительное к чему бы то ни было, но, наоборот, соотносено с тем воздействием на тело, при к-ром твердость обнаруживается. Механич. внедрение тела в другое тело идет на пограничной поверхности этого тела и в течение всего процесса остается на границе, вновь образующейся взамен разрушенной. Именно через эту границу происходит деформация тела, дающего в себе место внедряющемуся. Эта последняя м. б. либо упругой либо пластической. Третий вид деформации, т. е. разрыв тела, относится к уже указанному моменту—образованию новой поверхности. Следовательно при внедрении тела в другое необходимо учитывать работу образования новой поверхности, т. е., иначе говоря, энергетич. зарядки поверхности и измельчением тела, затем работу упругой деформации тела, т. е. энергетич. зарядки его объема, далее работу пластич. деформации, по существу родственной раздроблению тела и энергетич. зарядке внутренних поверхностей (см. *Пластичность*); наконец в отдельных случаях сюда м. б. присоединены затраты работы на особые процессы—полиморфные превращения (сахар, сера и т. д.), свечение (сахар, слюда, мел, стекло и т. д.), электризацию, звук и т. д. наряду с неизбежным во всех случаях нагреванием. В зависимости от условий процесса внедрения наиболее выступает та или другая статья энергетич. расхода и в соответствии с нею—тот или другой из моментов в понятии твердости; отсюда идут различные и повидимому ничего общего не имеющие между собою направления *С.* Однако во всех способах испытания на твердость обнаруживается существенное отличие твердости от жесткости, характерно выступающее в резине: не обладая жесткостью, резина тверда (не царапается, не получает бринельского отпечатка и дает число Шора 40, тогда как у железа оно равно 38).

Разрушение поверхности. Способность тела выносить действие механических усилий, направленных на разрушение его поверхности, издавна признавалась наиболее важной характеристикой его твердости. В соответствии с этим возникли различные житейские приемы испытания тел на твердость, к-рые получили затем

б. или м. отчетливую технич. формулировку. Это именно царапание, сошлифовывание, истирание, сверление, резание, измельчение поверхности.

Ц а р а п а н и е. Простейший из приемов — царапание ногтем, острым ребром камня, металлич. острием и т. д. Среди техников и до настоящего времени живет деление лаковых смол и пленок на царапающиеся ногтем и нецарапающиеся. Дальнейшим усовершенствованием этого приема была общеизвестная десятичная шкала твердости, введенная в минералогия в 1822 г. Мосом (табл. 1).

Табл. 1.—Шкала твердости по Мосу.

Число твердости	Эталон твердости	Химическая формула	Характеристика
1	Тальк	4SiO ₂ ·3MgO·H ₂ O	Легко скоблится ногтем
2	Гипс	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Скоблится ногтем только на ребрах
3	Кальцит (известковый шпат)	CaCO ₃	Не скоблится ногтем, но легко скоблится ножом
4	Флюорит (плавиновый шпат)	CaF ₂	Скоблится лишь с трудом, но легко царапается
5	Апатит	(PO ₄)Ca ₅ F	Не скоблится и с трудом царапается
6	Ортоклаз	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	Стальные острие внедряется лишь при сильном давлении
7	Кварц	SiO ₂	(Царапают сталь; при черчении их сталью остается серая черта с металлич. блеском)
8	Топаз	SiO ₄ Al ₂ F ₂	
9	Корунд	Al ₂ O ₃	
10	Алмаз	C	

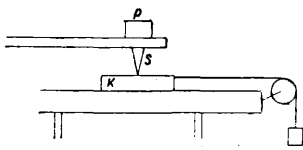
Испытание состоит в том, что гладкую поверхность испытуемого тела пробуют царапать острым ребром или углом одного из минералов шкалы и, сдувая частицы образовавшейся пыли, смотрят, образовалась ли на испытуемом теле царапина. Если она образовалась, то берется минерал шкалы менее твердый, если же царапина не образовалась, то берется минерал более твердый. Этими последовательными пробами устанавливаются те два рядом стоящие минерала, из которых один царапает данное тело, а другой нет; числом твердости данного минерала считается тогда число, промежуточное между числами твердости означенных минералов. Может случиться, что один из минералов царапает испытуемое тело, но и сам царапается им; тогда балл твердости испытуемого тела признают равным ранговому числу минерала в шкале Моса. Чтобы не слишком портить мягкие эталоны шкалы, следует идти от более твердых к более мягким. В шкале Моса известные степени, или скорее ступени твердости, закрепляются в качестве неизменного свойства определенных 10 минералов, причем самые эталоны твердости допускают проверку лишь посредством отождествления данного образца минерала с известным минералогич. видом. Однако очевидно, что отождествление лишь приблизительное и для него остаются неуловимыми более тонкие минералогич. различия, а также особенности сложения минерала. Твердость каждого из эталонов Моса, что бы ни разуметь под понятием твердости, не может считаться однозначно связанной не только с данным минералом, но даже и с данным образцом его, т. к. значение твердости тела несколько меняется с положением поверхности и направлением линии на ней и даже со смыслом движения по этой линии. Кроме того при испытании твердости царапанием может полу-

Табл. 2.—Данные о значении твердости царапанием для некоторых минералов и металлов.

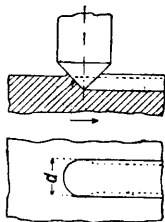
Характеризуемое тело	Балл по шкале Моса	Характеризуемое тело	Балл по шкале Моса
Воск (при 0°)	0,2	Мусковит, K ₂ O·3Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2H ₂ O	2—2,5
Глина	0,3	Висмут, Bi	2—2,5
Графит (условное значение), C	0,5—1	Полибазит, 8Ag ₂ S·Sb ₂ S ₃	2—2,5
Каолин	1	Галит (каменная соль), NaCl	2,5
Тальк, 3MgO·4SiO ₂ ·H ₂ O	1	Аргентин, Ag ₂ S	2—2,5
Горшечный камень	1	Халькитит, CuSO ₄ ·5H ₂ O	2,5
Кераргирит, AgCl	1	Свинцовый блеск, PbS	2,5
Молибденит, MoS ₂	1—1,5	Серебро, Ag	2,5—3
Свинец, Pb	1,5	Янтарь	2,5—3
Литое олово	1,5	Менный блеск, Cu ₂ S	2,5—3
Озокерит	1—2	Биотит (K, H) ₂ (Mg, Fe) ₂ (Al, Fe) ₂ (SiO ₄) ₃	2,5—3
Резальгар, AsS	1,5—2	Медь, Cu	2,5—3
Вивинит, 3FeO·P ₂ O ₅ ·8H ₂ O	1,5—2	Золото, Au	2,5—3
Аурпигмент, As ₂ S ₃	1,5—2	Известковый шпат (кальциевый), CaCO ₃	3
Натровая селитра, NaNO ₃	1,5—2	Мрамор	3
Сильвин, KCl	2	Борнит, FeS·2Cu ₂ S·Cu	3
Калиевая селитра, KNO ₃	2	Тяжелый шпат, BaSO ₄	3,3
Железный купорос	2	Сурьма, Sb	3—3,5
Гипс, CaSO ₄ ·2H ₂ O	1,6—2	Сфалерит, ZnS	3,5
Сера, S	1,5—2,5	Арагонит, CaCO ₃	3,5
Антрацит, C	2,2	Мышьяк, As	3,5
Алюминий, Al	2	Миметезит, Pb ₅ -S[AsO ₄] ₃	3,5
Квасцы	2—2,25	Латуны	3,5
Бурый уголь, лигнит	2—2,5	Гематит, Fe ₂ O ₃	5,5—6,5
Кироварь, HgS	2—2,5	Хорошая сталь	6
Витерит, BaCO ₃	3—3,7	Адуляр	6
Малахит, 2CuO·CO ₂ ·H ₂ O	3,5—4	Авгит	6
Пироморфит, Pb ₃ Cl[PO ₄] ₃	3,5—4	Полевой шпат	6
Азурит, 2CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂	3,5—4	Железный блеск	6
Халькопирит, CuFeS ₂	3,5—4	Иридий, Ir	6
Куприт, Cu ₂ O	3,5—4	Вирзуа, 3Al ₂ O ₃ ·CuO·2P ₂ O ₅ ·9H ₂ O	6
Доломит, CaO·MgO·2CO ₂	3,8—4	Шпирит, FeS ₂	6—6,5
Стронцианит, SrCO ₃	4	Рутил, TiO ₂	6—6,5
Арагонит, CaCO ₃	4	Иридийская платина	6,5
Плавиновый шпат, CaF ₂	4	Сперицит, Pt-As ₂	6,5
Барит, BaSO ₄	4	Марказит, FeS ₂	6,5
Манганит, Mn ₂ O ₃ ·H ₂ O	4,2—4,4	Гематит, Fe ₂ O ₃	6,5
Платина, Pt	4,3	Франклинит (Zn, Fe, Mn)O·(Fe, Mn)O ₂	6,5—7
Железо, Fe	4,5	Хризолит	7
Лейкофан, NaF·CaO·BeO·2SiO ₂	4—5	Кремень, SiO ₂	7
Палладий, Pd	4,8	Горный хрусталь, SiO ₂	7
Галмей, 2ZnO·SiO ₂ ·H ₂ O	5	Кощачий глаз, SiO ₂	7
Мягкая сталь	5	Яшма, SiO ₂	7
Оконное стекло	5	Агат, SiO ₂	7
Асбест	5	Грават	7
Апатит, 3Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·CaFCl	5	Турмалин	7,5
Анаказ, TiO ₂	5—5,5	Лаурит (RuO ₃) ₂ S ₃	7,5
Магнетит, Fe ₃ O ₄	5—5,5	Циркон, ZrO ₂ ·SiO ₂	7,5
Лепидокроцит, Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O	5,5	Андалузит, Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	7,5
Роговая обманка	5,5	Берилл, 3BeO·Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂	7,8
Шмальтин	5,5	Изумруд	7,5—8
Лаурит, 3Na ₂ O·3Al ₂ O ₃ ·6SiO ₂ ·2Na ₂ S	5,5	Фенакит, Be ₂ -SiO ₄	7,5—8
Брукиит, TiO ₂	5,5—6	Топаз, 2(AlF)O·SiO ₂	8
Благородный опал	5,5—6	Сапфир	9
Шпинель, MgO·Al ₂ O ₃	8	Рубин	9
Хризоберилл, BeO·Al ₂ O ₃	8,5	Алмаз, C	10
Твердая сталь	8,5	Черный алмаз	10
Корунд, Al ₂ O ₃	9		

чаться ошибочный вывод из-за плоскостей спайности, когда минерал собственно не сдвигается, а сдвигается по плоскости спайности; при весьма хорошо развитых плоскостях спайности, напр. у графита, суждение о твердости нередко высказывается существенно ошибочное. Наконец самый выбор эталонов твердости не вполне удачен, поскольку последовательные ступени твердости не равны между собою, и именно сравнительно малы в промежутках между баллами 3—4 и 4—5; т. о. за шкалою твердости Моса можно признать лишь ранговый порядок твердости, но и то условно, потому что не всегда удается расположить потвердистела в один беспорядный ряд даже по числам Моса. Доказательством этого могут служить многочисленные учебники и справочники минералогии с их расходящимися сведениями о твердости различных минералов. Тем не менее шкала Моса, дающая определение чрезвычайно быстро, без приборов, вычислений и даже навыков, распространена чрезвычайно широко и едва ли м. б. оставлена. В виду ее практич. незаменимости делались и делаются различные дополнения и усовершенствования ее, позволяющие устанавливать более точно ранговое место испытуемого материала. Одна из попыток приведена в табл. 2. Затем был предложен в качестве шкалы твердости набор стальных брусочков разной закалки. Другая шкала твердости, более рациональная по замыслу, но трудно осуществимая практически, была предложена еще в 1722 г. Реомором; шкала состояла из стандартного бруска, твердость к-рого изменялась от одного конца к другому и могла быть однозначно связана с расстоянием вдоль бруска. Стандартный брусок царапался испытуемым телом.

Потребность выразить твердость на царапание количественно привела к изобретению новых приборов, называемых склерометрами. Склерометр Зеебека (1833 г.) состоит из равноплечего рычага, на одном конце к-рого сверху укреплен чашка для груза p , а снизу—вертикальное стальное или алмазное острие s (фиг. 1). Пластина k испытуемого тела устанавливается горизонтально на подвижную пластинку прямо под острием. Подставка может двигаться в разных направлениях и кроме того может сдвигаться параллельно себе. На чашку кладут груз до появления царапины, когда пластинка движется. Твердость тела выражается нагрузкою чашки.



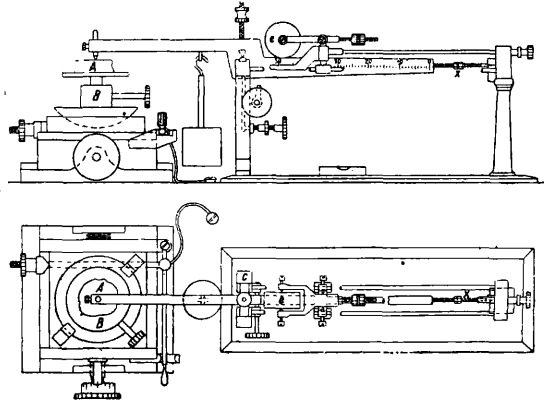
Фиг. 1.



Фиг. 2.

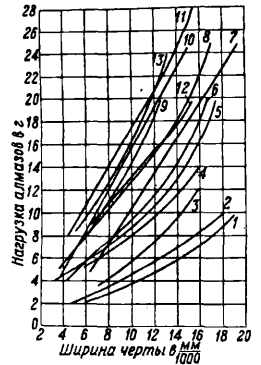
Процесс царапания, сопровождаемый некоторым внедрением острия в испытуемое тело (фиг. 2), дает реакцию тела, нормальную к поверхности острия, и т. о. возникает наряду с вертикальной слагающей, выталкивающей острие из тела и равной нагрузке на острие, также горизонтальная слагающая, тормозящая относительное движение острия тела. Р. Франц (1850 г.) измерял обе слагающие. Прибор, подобный склерометру Зеебека, построил Тернер (1887 г.), причем твердость измерялась минимальной нагрузкой ($в г$) на алмаз,

к-рый производил заметную царапину на поверхности испытуемого тела. Из более новых склерометров распространением пользуется прибор



Фиг. 3.

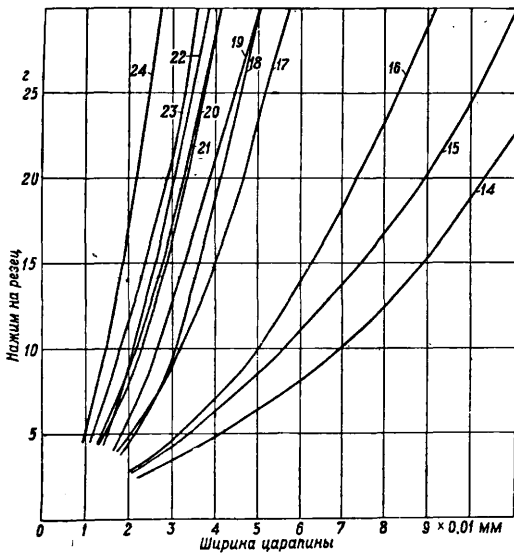
А. Мартенса (1888 г.) (фиг. 3). На доске с уравнительными винтами помещено на призме коромысло, снабженное на одном конце алмазом, вершина которого отшлифована под углом 90° , а на другом—указателем, позволяющим проверить горизонтальность коромысла. С помощью противовеса e и перемещающейся гайки x груз m б. уравновешен; перемещением же груза c вдоль рычага дается различная нагрузка алмазу. Испытуемое тело A укрепляется (воском или менделеевской мастикой) на платформе B , допускающей перемещение по вертикали и параллельно себе, перпендикулярно к направлению рычага, а кроме того скользящей под действием пружины. Метрою твердости принимается или нагрузка, дающая черту шириною $0,01$ мм (Мартенс) или еле заметную черту (Тернер). В некоторых случаях при ускоренных испытаниях измеряется ширина d черты, соответствующая нек-рой определенной нагрузке P , и за меру твердости принимается $\frac{1}{d}$ или $\frac{1}{d^2}$ или число R_M (Е. Мейер, 1908 г.). Если число твердости по Мейеру, как и число твердости по Мартенсу найдены при одной и той же ширине черты $0,01$ мм, а R_M измерено в $кг/мм^2$, то число Мейера равно $25,5$ числа Мартенса. Нахождение чисел Мартенса и Мейера довольно кропотливо, т. к. заранее неизвестно, при какой нагрузке ширина черты будет $0,01$ мм, то поэтому сперва вычерчивается кривая зависимости между шириною черты и соответствующей нагрузкой, а затем по этой кривой интерполяцией находят искомую нагрузку. Вид подобных кривых показан на фиг. 4 (по Е. Мейеру) для металлов и на фиг. 5 (по П. А. Флоренскому) для пластич. масс. Значение кривых: 1—прокатанная медь, 2 и 3—алюминиевые сплавы, 4—литое железо (Flusseisen), 5—11—железо-никелевые сплавы, 12—литой чугун, 13—литой белый чугун, 14 и 15—битумыны из торфа, 16—биту-



Фиг. 4.

за меру твердости принимается $\frac{1}{d}$ или $\frac{1}{d^2}$ или число R_M (Е. Мейер, 1908 г.). Если число твердости по Мейеру, как и число твердости по Мартенсу найдены при одной и той же ширине черты $0,01$ мм, а R_M измерено в $кг/мм^2$, то число Мейера равно $25,5$ числа Мартенса. Нахождение чисел Мартенса и Мейера довольно кропотливо, т. к. заранее неизвестно, при какой нагрузке ширина черты будет $0,01$ мм, то поэтому сперва вычерчивается кривая зависимости между шириною черты и соответствующей нагрузкой, а затем по этой кривой интерполяцией находят искомую нагрузку. Вид подобных кривых показан на фиг. 4 (по Е. Мейеру) для металлов и на фиг. 5 (по П. А. Флоренскому) для пластич. масс. Значение кривых: 1—прокатанная медь, 2 и 3—алюминиевые сплавы, 4—литое железо (Flusseisen), 5—11—железо-никелевые сплавы, 12—литой чугун, 13—литой белый чугун, 14 и 15—битумыны из торфа, 16—биту-

мен из сапропеля, 17—асфальт джунгарский, 18—смолка для заливки элементов, 19—карболит К, 20—карболит Ф, 21—карболит Шж, 22—



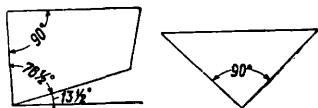
Фиг. 5.

карболит Пр, 23—карболит Ж, 24—сежеит. Как выяснено П. А. Флоренским, нагрузка P связана с шириной черты x ф-ией вида $P = Ae^{ad}$, где A и a —постоянные вещества (значение их приведено в табл. 3, причем P д. б. выражено в г,

Табл. 3.—Значение параметров мартенсовской кривой царапания.

Вещ-во	A	a
Карболит Ф	10,67	0,091629
» К	8,03	0,018053
» Ж	20,01	0,075583
» Фур	7,6	0,015006
» Пр	9,78	0,103282
» Шж	10,67	0,091629
Сежеит	14,9	0,115418
Джунгарский асфальт	9,85	0,068934
Битумен из сапропеля	11,12	0,040347
» торфа	19,01	0,029305
»	15,04	0,024477
Смола «магма»	4,455	0,018909

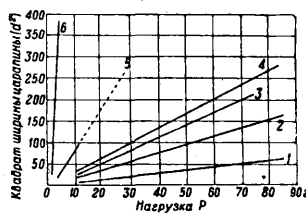
а d —в 0,01 мм). Изогнутость кривых Мартенса обусловлена формой царапающего алмаза. Применяя алмазы других типов, а именно трех, из к-рых один представлен на фиг. 6, Генкинс получил прямолинейную зависимость между нагрузкой и квадратом ширины царапины; на фиг. 7 показана означенная зависимость для такого случая (1—закаленная хромовая сталь, 2—отпущенная инструментальная сталь, 3—никель, 4—мягкая сталь, 5—медь, 6—свинец). Продолжения всех прямых сходятся в точке с координатами q и p , близкой к началу координат, но с ним не совпадающей. Генкинс предложил характеризовать твердость как постоянную вещества величиною k , где $k = \frac{P-p}{d^2-q}$.



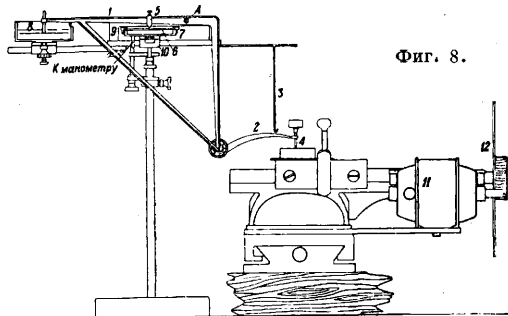
Фиг. 6.

В. Д. Кузнецовым и Ю. В. Грдиной построен склерометр, позволяющий измерять как верти-

кальную, так и горизонтальную слагающую царапающего усилия (фиг. 8). Легкий (6 г) алюминиевый рычаг 1, изогнутый под прямым углом, может вращаться около точки А. С нижним концом этого вертикального колена рычага 1 посредством шарикового подшипника соединен второй рычаг 2, подвешиваемый на крючок 3 и снабженный нагруженным резцом 4. На горизонтальном колене рычага 1 зажимается в желаемом месте острие 5; оно касается мембраны 6, служащей крышкой цилиндрич. коробки 7. Жидкость, содержащаяся в указанной коробке, соединена с узкой капиллярной трубкой, по к-рой может отсчитываться уровень жидкости. Алюминиевый диск 8, помещенный в масле, служит демпфером. Изменение чувствительности прибора производится с помощью перемещения скоб 9 в прорезах неподвижной поперечины 10: т. о. изменяется расстояние между центром мембраны и осью рычага. Перемещение испытуемого образца производится по-

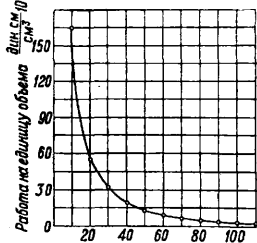


Фиг. 7.



Фиг. 8.

средством электродвигателя 11 с фрикционной передачей 12. Прибор градуируется с помощью нагрузки рычага рядом определенных грузов. Царапающим органом служит стальной резец в виде круглого конуса с углом при вершине ок. 90°. На этом приборе Кузнецовым и Грдиной найдена для связи между шириною черты h и нагрузкою P зависимость $h = kP^{1,5} + c$. Для опытов с каменной солью найдено $k = 0,795 \cdot 10^{-5}$ и $c = 2,8 \cdot 10^{-4}$. Наличие c объясняется плоским срезом острия и соответствует диаметру этого притупления. Работа r удаления объема выражается соотношением $r = \frac{4mP}{b^2 + c^2}$, где m —угловой коэф. прямой, выражающий зависимость горизонтального усилия от нагрузки P , а b и c —поперечники верхнего и нижнего оснований царапины. На фиг. 9 показана зависимость удельной работы царапания от нагрузки для каменной соли.



Фиг. 9.

Точность измерений со всеми склерометрами, даже наиболее совершенными, весьма невелика, и это связано гл. обр. с затруднительностью точно измерить ширину царапины h . В самом деле, ошибка в 1 μ при измерении величин h уже

соответствует ошибке в 10—14% от значения твердости по Мартенсу и то при измерении царапины на металле и пластич. теле, обладающей ровными краями. При царапании же более крупнозернистых тел, и в особенности кристаллов, острое склерометра нередко издает характерный поющий звук и дает черту с зазубренными краями, т. е. не представляется никакой возможности установить, идет ли край царапины по выступающим или по вдающимся углам этих зубцов; в этом случае ошибка достигает 100 и 200% измеряемой величины. Но кроме того опыт показывает значительную неоднородность многих тел, и в том числе кристаллических, так что ширина царапины даже при ровности их краев может существенно расходиться в разных местах одной и той же поверхности. Во всяком случае получить б. или м. надежные результаты склерометрически можно лишь при пользовании микроскопом с значительным увеличением и снабженным окулярным нитяным микрометром и притом производя измерения во многих местах черты. Соответствие восходящего ряда твердости по Мартенсу ряду твердости по Мосу получается устойчивое, как это показано примером табл. 4. По своему общему смыслу

Табл. 4.—Сопоставление данных о твердости царапанием по Мартенсу и по Мосу.

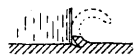
Материал	Тв. по Мартенсу, нагрузка в г, дающая черту в 0,01 мм	Тв. по Мосу
Свинец	17	1,5
Олово	23—28	1,8
Медь	31—40	3
Цинк	43	2—2,5
Латунь	41—53	—
Никель	56	4—5
Сталь мягкая	70—76	—
Стекло	135	5—5,5
Сталь твердая	137—141	6—6,5

испытание тел на твердость царапанием характеризует поверхностную энергию тела. Однако кроме количественной разницы в отношении условий царапания тела различаются между собой также и с качественной стороны, по характеру самого процесса царапания, поскольку он сопровождается также упругими и пластическими деформациями. О. Леман (1888 г.) различает пять видов означенного процесса:

- 1) Продавливание борозды: перед царапающим острием подымается валик вещества, тем более высокий, чем глубже входит испытываемую поверхность острие. Этот валик расходится по обе стороны образующейся борозды (фиг. 10).
- 2) Если движение острия слишком быстро или тело недостаточно пластично, то в валике по направлению наибольшего усилия возникают трещины, не идущие далеко, валик задирается и постепенно образует сгибающуюся стружку в виде кольца, как показано пунктиром (фиг. 11);



Фиг. 10.



Фиг. 11.

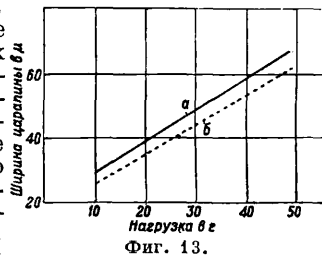


Фиг. 12.

при движении, перпендикулярном к передней поверхности острия, стружка получается спиральной. 3) Если испытываемое тело не обладает заметной пластичностью или растяжимостью и потому весьма хрупко, то трещина, образовав-

шаяся в валике, распространяется далеко, сначала углубляясь в тело, затем вновь подымаясь к поверхности. Т. о. возникает раковинистый обломок, оставляющий в теле соответственное углубление (фиг. 12). 4) Тело настолько хрупко, что все трещины обратных поверхностей соединяются в одну, идущую б. или м. вглубь тела, и уже не заворачивают наружу. В этом случае бороздки в собственном смысле слова не образуются вовсе или, точнее, почти не образуются; таков случай резания алмазом стекла. 5) Если острие немногим тверже испытываемой поверхности и движется медленно, то оно вовсе не производит трещины, а только выламывает мелкие кусочки испытываемого тела, оставляя за собою след в виде порошкообразной черты. Перечисленные виды царапания переходят друг в друга в зависимости от ряда условий царапания: t° , давления на острие, скорости движения острия, наклона острия, направления процарапанной линии, наконец от среды, соприкасающейся с испытываемой поверхностью.

Все эти обстоятельства делают результаты царапания довольно условными, и потому не удивительно, что данные различных исследователей стоят в противоречии между собой вероятно в связи с какими-либо неотмеченными особыми обстоятельствами опыта. Зависимость твердости от кристаллографического направления была указана уже давно на ряде минералов, у которых твердость по Мосу по разным граням оказалась различной; наиболее выпуклый пример представляет минерал дистен, или кианит ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) с твердостью по Мосу 4—5 на грани (100) и твердостью 7 на грани (010). Точно так же на одной и той же грани твердость изменяется с направлением и потому оказываются различны мартеновские характеристики. На фиг. 13 показаны такие кривые, полученные П. А. Флоренским для флогопита со Слюдянки: линия *a* получена при царапании параллельно главной оси, а линия *b*—при царапании по биссектрисе осей. В табл. 5 приводятся данные Пешля о твердости царапания (определяемой как $\frac{P}{dv}$) для ряда материалов, и в том числе для

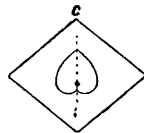


Фиг. 13.

неких кристаллов, по разным направлениям. Р. Франц (1850 г.) с помощью своего прибора установил на примере известкового шпата тензорный и даже векторный характер твердости, измеряемой способом царапания. Если при одной и той же нагрузке острие описывает на плоскости спайности кальцита окружность, то ширина черты этой окружности оказывается существенно зависящей как от направления касательной к этой окружности, так и от смысла этой касательной. На фиг. 14 показано это изменение толщины окружности противоложного смысла; на основании его Франц составил векторную диаграмму твердости (фиг. 15). Более тщательно подобные же диаграммы для кальцита получены А. Рейсом и Л. Циммерма-



Фиг. 14.



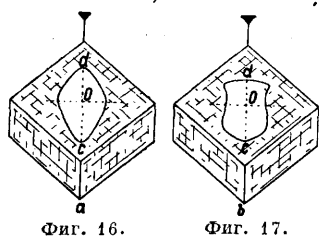
Фиг. 15.

же нагрузке острие описывает на плоскости спайности кальцита окружность, то ширина черты этой окружности оказывается существенно зависящей как от направления касательной к этой окружности, так и от смысла этой касательной. На фиг. 14 показано это изменение толщины окружности противоложного смысла; на основании его Франц составил векторную диаграмму твердости (фиг. 15). Более тщательно подобные же диаграммы для кальцита получены А. Рейсом и Л. Циммерма-

Табл. 5.—Данные Пешля о твердости царапания, определяемой как $P: d^2$.

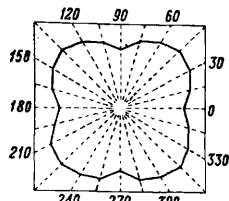
Материал	Условия царапания	Значение твердости при различных нагрузках, кг/мм ²						
		100 г	50 г	20 г	10 г	5 г	2 г	Среднее
Тальк	По спайности	—	—	—	5,7	8,7	8,9	7,8
Алюминий	Полированная пластинка	—	—	—	21	15	20	18
Каменная соль	По спайности:							
»	ребру куба	—	—	—	13,7	12,5	10,2	12,1
»	90° от предл. направления	—	—	—	17,4	17,3	20,0	18,2
»	ребру куба на др. плоскости	—	—	—	22,1	18,9	31,3	21,9
»	ребру куба, третья плоскость	—	—	—	22,6	15,4	21,7	20,9
Медь	Полированная пластинка	—	—	41	35	25	—	34,7
Кальцит	Спайный кусок:							
»	ребру ромбоэдра	—	—	50	41,5	50	41	46,1
»	⊥ короткой диагонали	—	—	61,5	41,5	139,0	—	81,7
Апатит	Призматич. грань	148	114	89	100	—	—	113
Платина		226	196	200	276	—	—	225
Пирит	Со штриховкой:							
»	ребру куба, ⊥ к штриховке	276	255	217	—	—	—	259
»	⊥ ребру куба, к штриховке	111	125	111	100	—	—	112

ном (фиг. 16, 17). Наконiec на фиг. 18, 19, 20 даны подобные же диаграммы Экснера для каменной соли, называемые этим исследователем

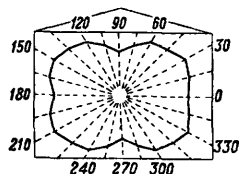


розеткой твердости; радиус-вектор здесь пропорционален нагрузке на острие при царапании поверхности в данном направлении. Фиг. 18 дает диаграмму на грани (100) куба каменной соли, фиг.

19—на грани (110) и наконец фиг. 20—на грани (111), причем сплошная кривая характеризует процесс царапания при движении острия от центра, тогда как пунктирная соответствует средним значениям при движении от центра и к центру. Подобные исследования произведены и другим наблюдателем. Зависимость



Фиг. 18.

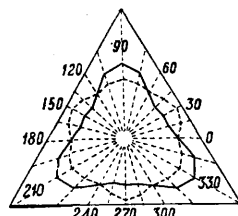


Фиг. 19.

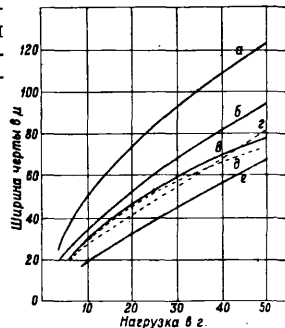
твердости от смысла движения поясняется ими сравнениями: в одном случае острие движется по ворсу, а в другом—против ворса; если резцом выбирать наискось срезанную древесину, то усилие при движении, задирающем волокна, будет конечно иное, чем при движении, скользящем по волокнам. В частности различие твердости по кристаллографич. направлениям было обнаружено для ряда кристаллов и П. А. Флоренский (1925—26 гг.). Напротив, в опытах В. Д. Кузнецова (1929 г.) никакой зависимости от направления при испытании каменной соли и слюды не обнаружилось,—обстоятельство, пока не получившее объяснения.

Царапание тела слагается, как указано выше, из деформации тела, упругой и пластической, и раздробления его, выражающегося в появлении трещин и отделении частиц (стружка, опилки, порошок). Процесс раздробления энергетически представляет работу внешних сил против сил сцепления, связывающих разделяемые части по плоскости раздела, и потому по-

вышает потенциальную энергию означенных сил; иными словами, раздробление тела сопровождается энергетич. зарядкой вновь образовавшихся поверхностей. Со стороны же физич. механизма раздробление тела ведет к удвоению молекулярных связей поверхностных частиц, так как все связи, бывшие ранее обращены вовне от мысленной поверхности, ставшей поверхностью раздела, после раздробления становятся свободными, направляются внутрь и тем укрепляют поверхностный слой. Адсорбция этой поверхности какого-либо активного вещества, т. е. удержание ею ионов или диполей последнего, происходит за счет вышеуказанных дополнительных связей поверхностных частиц тела, т. е. расслабляет этот слой и следовательно делает его легче царапаемым и потому менее твердым (П. А. Ребиндер). Энергетически указанный процесс выражается уравнением Гибса; согласно этому ур-ию вещества с положительной адсорбцией понижают поверхностное натяжение тела, а вещества с отрицательной адсорбцией увеличивают его. Твердость может изменяться не только при адсорбции, но также и при действии среды с диэлектрич. коэф-том, отличным от диэлектрич. коэф-та тела: вовлекая в себя силовой поток электрич. связей между частицами тела, внешняя среда меняет прочность этих связей, а потому и твердость тела. Изменение твердости в этих случаях было доказано рядом наблюдений (П. А. Флоренский). Как пример такого повышения твердости на фиг. 21 даны характеристики Мартенса зеленоватого би-



Фиг. 20.



Фиг. 21.

русского мусковита при смачивании царапаемой поверхности слюды различными жидкостями (а—сухая слюда, б—смоченная анилином, в—цитронеллолом, г—водой, д—вазелиновым маслом, е—ксилолом). Как видно из этих данных, при одной и той же нагрузке на острие царапины эти при одних условиях м. б. вдвое ши-

ре, чем при других. Разрушающее усилие P при царапании поверхности складается из величины, пропорциональной нормальному сечению разрушенного поверхностного слоя толщиной δ , и нормального сечения разрушенного объемного слоя. На основании этого м. б. вычислены коэф-ты l_1 и l_2 твердости поверхностной и объемной, определяемые как удельная работа разрушения единицы объема поверхностной и внутренней частей тела соответственно. А именно, если разрушающие усилия P_1 и P_2 дают ширины царапины H_1 и H_2 соответственно, то

$$l_2 = \frac{4(P_1 H_2 - P_2 H_1)}{H_2 - H_1 H_2^2}; \quad l_1 - l_2 = \frac{4P_1 - k_2 H_1^2}{4\delta H_1 a} = \frac{4P_2 - k_2 H_2^2}{4\delta H_2 a}$$

где a и k_2 — нек-рые числовые коэф-ты. В наших опытах для мусковита объемная твердость l_2 оказалась 40—50 кг/мм² независимо от среды, бывшей на поверхности слюды, и вдвое большей, чем коэф. объемной прочности при испытании слюды на разрыв. Значение поверхностной твердости l_1 для зеленоватого мусковита дано в табл. 6. Т. о. поверхностная твердость —

Табл. 6.—Поверхностная прочность l_1 на царапание для мусковита. *

Состояние поверхности слюды	Нагрузка при царапании, кг			Среднее для трех нагрузок, кг/мм ²
	7,5	20	50	
	l_1 , кг/мм ²			
Сухая	0,91·10 ³	0,13·10 ³	0,08·10 ³	0,37·10 ³
Смоленная вазелиновым маслом	1,7·10 ³	2,2·10 ³	3,4·10 ³	2,4·10 ³
Смоленная цитронеллолом	2,1·10 ³	2,4·10 ³	3,2·10 ³	2,6·10 ³
Смоленная водой	2,0·10 ³	2,66·10 ³	2,7·10 ³	2,45·10 ³
» анилином	1,7·10 ³	1,87·10 ³	1,73·10 ³	1,77·10 ³
» ксилолом	4,2·10 ³	4,18·10 ³	4,21·10 ³	4,2·10 ³

* Принято $\delta=10^{-5}$ см.

порядка 10³ кг/мм² и примерно в 50 раз превосходит твердость объемную l_2 ; при смачивании же слюды ксилолом поверхностная твердость увеличивается еще примерно в 11 раз.

И с т р а и е. Различные виды процесса истирания тела можно рассматривать как одновременное царапание во многих местах, причем эти царапины обычно не получают какого-либо преобладающего направления. Поэтому характеристика тел пробой на истирание должна иметь приблизительно тот же смысл, что и характеристика пробой на царапание. Этот способ испытания на твердость был введен Тула. Образец водился вперед и назад под нек-рым давлением по основанию, на к-рое было насыпано определенное количество порошка; трение продолжалось, пока порошок не становился недействительным. За меру твердости минерала принималась потеря его веса (собственно обратная величина). Розиваль (1896 г.) помещал 50—100 мг шлифовального порошка на стеклянную или металлич. плоскость и тер непосредственно рукою минерал о порошок в течение 5—6 мин.; потеря веса пересчитывалась на объем, к-рый и служил характеристикой твердости. Боргстрем (1919 г.) установил на образцах в 3 см³ и 50 мг порошка, что разница в характеристиках твердости возрастает с длительностью истирания. Подтверждающие данные в относительных числах (истираемость кальцита принята за 100) приводятся в табл. 7. Далее Боргстром установлено при помощи шлифовки минералами

Табл. 7.—Зависимость относительной истираемости от времени истирания и истирающего зерна (по Боргстрему).

Истираемый материал	Наждак, зерно <0,1 мм		Корунд, зерно 0,2—0,4 мм		
	Время истирания, минуты				
	4	10	18	4	10
Кальцит	100	100	100	100	100
Плавиковый шпат	—	—	—	90	45
Апатит	42	30	20	80	28
Стекло	10	8	7	—	—
Кварц	3	2	—	2,6	1,2

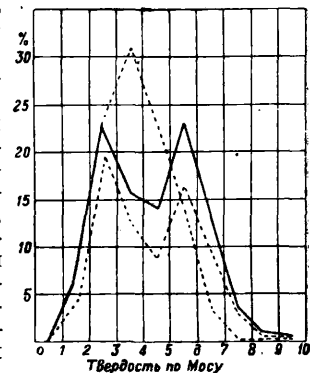
шкалы Моса, что относительные числа твердости расходятся между собою тем больше, чем ближе по твердости истирающий порошок к истираемому минералу. Примеры приведены в табл. 8. На основании этих и других данных

Табл. 8.—Отношение истираемости минералов в зависимости от истирающего порошка.

Порошок	Отношение истираемости	
	*1	*2
Алмазный	2,8	1
Корундовый	5,4	1,6
Топазовый	5,8	—
Кварцевый	4	1,7
Полевшпатыый	—	2

*1 Полевого шпата и апатита. *2 Апатита и плавикового шпата.

Боргстрема м. б. охарактеризована истирающая способность различных абразивов; так, для полевого шпата, шлифованного кварцем, топазом, корундом и алмазом, значения истирающей способности относятся как 1 : 1,6 : 1,7 : 11,0, а для кальцита — как 1 : 1,5 : 1,6 : 2,9. При испытании на истираемость необходимо учитывать вышеуказанные выводы и применять абразивы достаточно твердые. В частности Гольмквистом (1911, 1914, 1916 годы) установлена большая близость твердостей апатита и плавикового шпата, вследствие чего из 767 минералов лишь 8,61% оказываются в промежутке 4—5 шкалы Моса, и кривая статистич. распределения минералов обнаруживает между 3 и 5 минимум. Напротив, при соединении ступеней 3—4 и 4—5 шкалы Моса в одну, минералов средней твердости получалось бы свыше 30%, и кривая распределения имела бы для средних твердостей максимум (фиг. 22).



Фиг. 22.

Как испытание царапанием, так и испытание шлифованием складываются из двух различных процессов: разрушения поверхности тангенциальными силами, действующими на острие, и внедрения этого острия в поверхность силами нормальными; но в первом случае преобладают тангенциальные силы, а во втором, особенно при твердости абразива и мелкости его зерна, —

силы нормальные. Этим различием объясняется по Боргстрему неполный параллелизм результатов испытаний тем и другим способом, особенно при твердом и мелкозернистом абразиве; тем не менее известный параллелизм между испытанием царапанием и испытанием шлифованием все-таки имеется, как показывает табл. 9 (Боргстрем). Подобное же соответствие

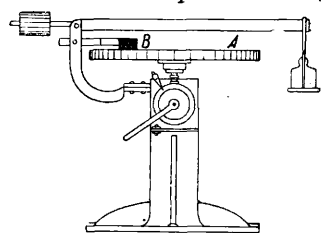
Табл. 9.—Соответствие твердости царапания с твердостью внедрения.

Тв. царапания по Мосу	Тв. внедрения (примерное значение), кг/мм ²	Тв. царапания по Мосу	Тв. внедрения (примерное значение), кг/мм ²
1	10	6	250—300
2	20	7	300—500
3	100	8	500—750 ?
4	150	9	1 000 ?
5	200	10	—

Табл. 10.—Соответствие твердости царапания с твердостью шлифования.

Тв. царапания по Мосу	Минерал	Тв. сошлифовывания, кг/см ²
1	Тальк	49,6
2	Каменная соль	109
3	Известковый шпат (среднее значение)	202
4	Плавленый шпат	210
5	Апатит	322
6	Ортоклаз (на конечных гранях)	947
6	Ортоклаз (на длинных гранях)	1 395
7	Кварц	5 950

дано (по Розивалю) в табл. 10, причем твердость выражается в км работы, необходимой для сошлифования 1 см³ испытуемого материала. Для испытания твердости истиранием служат различные специальные приборы, общее представление о к-рых может дать круг стирания



Фиг. 23.

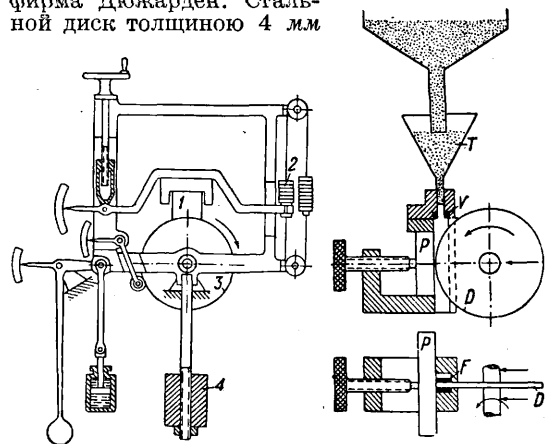
Баушингера. Схема его дана на фиг. 23. Это—горизонтальный чугунный круг *A* диам. 1,5 м, приводимый во вращение вокруг вертикальной оси с помощью зубчатых колес и шкивов со скоростью 22 об/мин. Испытуемый образец *B* в виде плитки или кубика закрепляется в особой рамке и прижимается к кругу рычагом, нагрузка к-рого может меняться так, чтобы давление было всякий раз одно и то же. При вращении круг посыпается нормированным наждачным порошком (Накосский наждак №3) в определенном количестве (20 г). О твердости породы судят по потере массы *p* образца с поверхностью истирания в 50 см², и именно твердость *H* определяется по формуле $H = \frac{\delta}{p}$, где δ —плотность. Обыкновенно взвешивание производят 5—10 раз, через каждые 100 оборотов и находят среднюю потерю массы на 100 оборотов. Для примера м. б. указано, что при поверхности истирания в 50 см² и нагрузке 10—30 кг после 200 оборотов круга твердые породы (базальты, порфиры, граниты) теряют 8—20 г своей массы, а мягкие (известняки и песчаники)—20—80 г, т. е. в 3—4 раза больше. Испытание на твердость способом шлифования может вестись, как пред-

ложено Робеном (1911 г.), при помощи наждачной бумаги, наклеиваемой на вращающийся круг. Скорость вращения, род применяемого наждака и распределение его по диску могут менять результаты и поэтому должны быть нормированы.

Приборы, подобные кругу стирания Баушингера, построены различными фирмами, в частности Амслер-Лафона; схема такого прибора дана на фиг. 24: 1—испытательный диск, 2—прижимающая пружина. Из других установок д. б. упомянуты машины Деригона, Шпинделя (фиг. 25: 1—образец, 2—нагрузка, 3—истирающий диск, 4—груз для уравнивания рамы) и др. Бринель предложил вариант, представленный в разрезе на фиг. 26; прибор этот выпускает фирма Дюжарден. Стальной диск толщиной 4 мм



Фиг. 24.

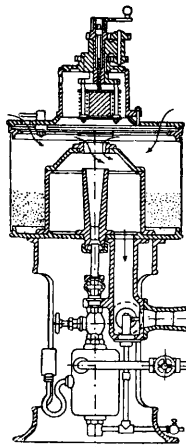


Фиг. 25.

Фиг. 26.

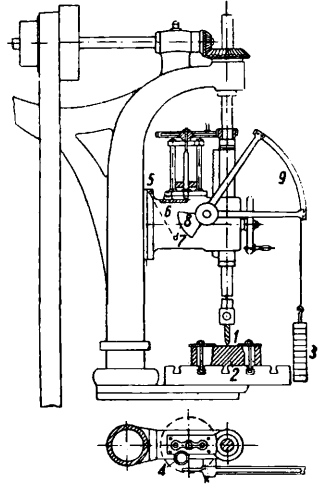
вращается около горизонтальной оси. К нему прижимается с определенным давлением образец *P*. Между образцом и диском проходит равномерная струя кварцевого песка, спускающегося из воронки *T* через вентиль *V*, причем направляющие канала *F* не позволяют песку разлетаться в стороны. О твердости материала судят по времени, к-рое необходимо, чтобы вышлифовать в материале определенную выемку, или по углублению ее, достигаемому за определенное время. Этот способ испытания применяется как к металлам, так и к другим материалам, напр. дереву, коже и т. д. Испытание сошлифованием может производиться также посредством песчаной струи, выбрасываемой сжатым (3 atm) воздухом или сухим водяным паром; в последнем случае пар просушивается, прежде чем соприкоснется с песком, и отсасывается, чтобы не попасть на поверхность образца. Песок д. б. нормирован и проходить через сито в 120 отверстий. Примененный песок не м. б. использован для испытания вторично. Сравнимость результатов зависит от однородности и характера песка, давления воздуха и т. д. Испытание песчаной струей было разработано М. Гари (1901—1910 гг.), Н. Абрамовым (1913 г.), Нойманом (1926 г.). Испытуемая поверхность была в виде круга диаметром 6 см, а время испытания поверхности — 2 мин. Для испытания песчаной струей существует специальный аппарат, устройство которого показано ниже на фиг. 27.

Испытанию твердости истиранием можно считать родственным то, к-рое производится в шаровой мельнице и других подобных приборах. В этом случае ряд мелких ударов изъязвляет поверхность, в силу чего испытуемый материал постепенно измельчается. Один из таких приборов, предназначенный гл. обр. для дорожно-строительных целей, и именно для испытания щебня,—это барабан Деваля. Он состоит из двух вращающихся около диагонали барабанов (фиг. 28), снабженных плотными крышками. В один из барабанов насыпается 5 кг испытуемого щебня, а в другой—5 кг принятого для сравнения; щебень должен быть промыт, высушен и взвешен. После определенного числа оборотов щебни промываются на сите, высушиваются и взвешиваются; по потере массы определяется твердость соответственной породы и сравнивается с твердостью породы нормальной. Приборы, подобные барабану Деваля, предложены Ваврциниоком, Гренком и другими. При всех вышеуказанных процессах испытания разрушается поверхностный слой тела, и потому можно заранее предвидеть, что прочность на истирание должна стоять в зависимости от среды, в которой происходит испытание, и в частности от адсорбированных истираемой поверхностью веществ (хотя и не только от них). Опыты подтверждают такой вывод. Так, уже в 1879 году З. Лудвиг, отмечая трудность растирания слюды в агатовой ступке, указывает, что это истирание идет легко под слоем воды, а В. Куниц предложил делать это под слоем спирта. Опыты



Фиг. 27.

характеризовали твердость глубиной высверленного при равных условиях (нагрузка, скорость и т. д.) отверстия. Кесснер приспособил к сверлильной машине записывающий аппарат, вычерчивающий кривую зависимости между числом оборотов и глубиной отверстия (фиг. 29). Сверло 1 прижимается к испытуемому образцу 2 с помощью постоянного груза 3, опускание сверла во время работы фиксируется поворотом барабана 4, связанного при помощи гибкой нити 5, 6, 7 с рычагом 8—9. Движение карандаша по вертикали вычерчивает на вращающемся барабане 4 кривую, по виду к-рой можно судить о твердости различных слоев материала (фиг. 30). Кривая 7—нормальная, а изгиб в А указывает на работу сверла не по всей кромке. Кривая 6 относится к материалу с наружной мягкой коркой, тогда как кривая 5—с жесткой. Наконец переломы кривых 3 и 4 указывают на неоднородность материала (w—твердая жила, а h—мягкая).



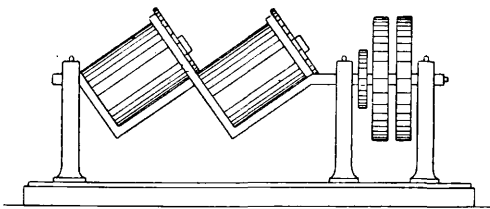
Фиг. 29.



Фиг. 30.

Зависимость скорости сверления от среды, смачивающей обрабатываемый материал, и в особенности от присутствия поверхностно-активных тел подтверждает, что этот способ обработки направлен на поверхность тела. Поэтому понятно отсутствие соответствия между обрабатываемостью сверлением и твердостью по Бринелю, что наглядно показано на диаграмме фиг. 31.

Торможение колебания. Учет работы, идущей на разрушение поверхности тела, особенно удобно может производиться по затуханию колебаний маятника, своим движением производящего это разрушение. Чем тверже тело, тем меньше будет разрушение его поверхности и следовательно тем слабее будет этим телом тормозиться колебание маятника. Разработанный на этом начале способ за-



Фиг. 28.

П. А. Флоренского над помолом мусковита в шаровой мельнице показали, что смачиванием слюды водою процесс помола ускоряется сравнительно мало, но ксилол оказывается в этом отношении весьма активным (табл. 11).

Табл. 11.—Размол зеленоватого мусковита в зависимости от условий опыта.

№ опыта	Условия опыта	Продол- жит. по- мола в часах	Общий вес размолотой слюды, г	Размер петель сита, мм						
				>3	3	2	1 1/2	1	1/2	1/4
				Вес размолотой слюды, г						
1	Слюда сухая	135	246,4	—	0,1	1,0	5,5	15,5	46,3	178,0
2	Слюда, смоченная ксилолом	135	249,9	0,1	0,1	0,2	0,8	1,2	32,2	215,3
3	Слюда, смоченная ксилолом	159	251,0	—	—	—	0,2	0,5	1,8	218,5
4	Слюда сухая	159	250,8	—	0,9	2,9	3,5	1,9	33,5	208,1
5	Слюда, смоченная водою	159	246,7	15,0	4,5	5,5	5,5	1,5	18,0	196,7
6	Слюда сухая	159	249,3	4,0	4,3	2,7	4,2	3,7	32,8	197,7

Сверление. Попытки применить сверление к испытанию твердости делались неоднократно. А. Леон (1912 г.) и П. Лудвиг (1918 г.)

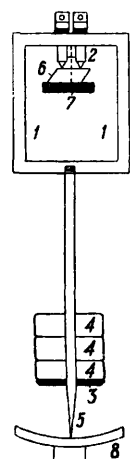
тухающих колебаний (В. Д. Кузнецов, 1929 г.) весьма удобен и чувствителен, а кроме того требует сравнительно простой аппаратуры. Схема

прибора представлена на фиг. 32: железная рамка 1 снабжена на одном конце двумя конусообразными остриями или призмами 2 из закаленной стали; угол при вершине конуса 90°. На другом конце прикреплен стержень с диском 3 для помещения гирь 4; стержень оканчивается

Твердость по Бринеллю	Металл	Обрабатываемость по Кеснеру								
		0	1	2	3	4	5			
300										
250										
150										
50										
259,2	Сталь В.0.5.				2,0					
249,1	Литейный чугун НБ.2								4,59	
243,5	Никелист. сталь Е.220.				2,34					
225,2	Литейный чугун НБ.1.								4,18	
205,0	Сталь А.3.				1,4					
189,7	Сталь А.2.				1,76					
173,5	Сталь В.0.3.				2,01					
172,7	Латунь М.19.				1,26					
169,4	Томпак Т.2.				1,095					
143,0	Сталь В.0.1.				1,68					
141,6	Дельта-металл Д.1.								3,84	
128,0	Сталь А.1.				1,17					
124,5	Сталь В.Р.Е.1.								3,09	
120,7	Латунь М.Р.Ф.1.								3,70	
120,7	Латунь М.Р.Н.1.								4,45	
110,0	Медь К.3.				1,27					
102,2	Латунь М.Р.Д.1.								5,19	

Фиг. 31.

иглою 5; испытуемый образец 6 помещается на кронштейне или перекладине 7. Под иглой помещается диск 8 с нанесенными окружностями различных радиусов; его можно подымать, опускать и перемещать в стороны. Вес прибора 174,5 г и расстояние от острия 2 до конца иглы 5 равно 27,8 см. Испытание с маятником ведется в следующем порядке: испытуемый образец устанавливается на перекладину 7 или зажимается так, чтобы испытуемая поверхность была горизонтальна. Затем на образец подвешивается маятник и устанавливается диск 8 центром против острия 5. Маятник отклоняется нитью, привязанной к диску 3, до определенной окружности диска 8 и отпускается для качания.



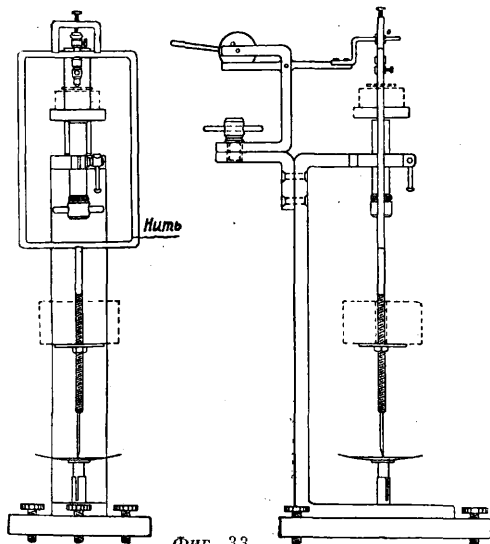
Фиг. 32.

При помощи секундомера наблюдают время, в течение которого от амплитуды A_1 качание дошло до амплитуды A_2 . Тогда энергия $U = a(A_1^2 - A_2^2)$; a — постоянная, равная работе разрушения поверхности тела. Время колебаний этого маятника (ок. 1 сек.) не зависит от материала, находящегося под острием. Чертеж прибора Кузнецова показан на фиг. 33. Опыт показывает, что время затухания от A_1 до A_2 соответствует твердости, определяемой карандашом; пример дан в табл. 12. Ценность способа затухания колебания — в его очень большой чувствительности и в возможности определять твердость в данной точке по данному направлению. Поэтому для испытания не только не требуется крупных образцов, но даже и в малых образцах возможно охарактеризовать определенную точку, напр. зернышко поликристаллич. систем. Чувствительность способа повышается с уменьшением начальной амплитуды и нагрузки. Заставляя маятник колебаться в определенном направлении, можно охарактеризовать твердость по данному направлению; пример тензорной

Табл. 12.— Значение времени затухания маятника от амплитуды 3,0 см до амплитуды 2,0 см (по В. Д. Кузнецову).

Испытуемое тело	Время затухания маятника, сек.	
	1,125 кг	2,00 кг
Свинец	15,8	12,0
Висмут	19,0	17,1
Кадмий	25,8	21,1
Алюминий	33,0	30,2
Цинк	51,6	35,7
Медь	56,2	39,0
Железо	116	79,3
Сталь незакаленная	—	84,3
Стекло	—	511

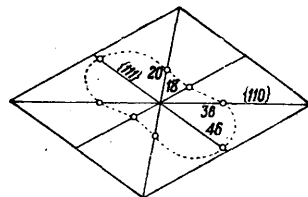
диаграммы, получающейся при этом, показан на фиг. 34, относящийся к плоскости пинакоида (010) гипса. Однако при подобных испыта-



Фиг. 33.

ниях необходимо иметь в виду, что маятник сам собой вращается к направлению наименьшей твердости и потому д. б. искусственно удерживаем в той плоскости, для которой ищется характеристика твердости.

Абсолютная твердость Г. Герц (1882 г.) определил твердость как наибольшее давление, выдерживаемое телом без образования трещины. Для измерения этой характеристики он предложил прижимать к плоской поверхности тела сферич. чечевицу радиуса R из практически недеформируемого материала; т. к. давление возрастает от краев чечевицы к центру и именно пропорционально величине



Фиг. 34.

$\sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$, где r — расстояние от вершины чечевицы до данной точки, то по диаметру D круга касания радиуса r и прижимающему усилию P можно вычислить среднее давление на эту площадь. Тогда давление в середине составляет $\frac{3}{2}$ от среднего давления

$$p = \frac{4P}{\pi D^2}$$

Если при нек-ром нажимающем усилии P возникла трещина, то абсолютная твердость по Герцу определяется как $H_H = \frac{6P}{\pi D^2}$. При этом Герц предполагает усилие статическим, т. е. накладываемым достаточно медленно, а H — независимым от радиуса кривизны R чечевицы. Ф. Ауэрбах (1891—1900 гг.) пытался воспользоваться определением Герца для практич. целей, причем делал чечевицу из того же материала, что и испытываемая плоская поверхность. При этом обнаружилось, что твердость на самом деле зависит от кривизны чечевицы, а именно убывает с возрастанием R ; поэтому абсолютная твердость по Ауэрбаху определяется как

$$H_A = \frac{6P}{\pi D^2} \sqrt[3]{\frac{P}{e}}$$

Предельное значение для H получается при бесконечном возрастании кривизны, т. е. при соприкосновении плоскости не со сферой, а с острием; следовательно предельное значение абсолютной твердости по Ауэрбаху равносильно твердости внедрения. Бенедикс подтвердил выводы Ауэрбаха. В табл. 13 даны значения

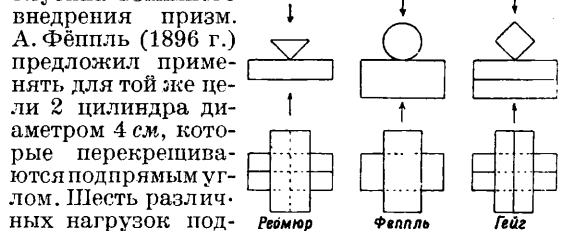
Табл. 13. — Сопоставление данных Боргстрема и Пешлю о значении твердости, измеренной различными способами.

Материал	Твердость по Мосу	Объем борозды по Пешлю	Твердость по Пешлю	Тв. по Пешлю как $\frac{P}{d^2}$	Абсолютная тв. по Ауэрбаху как $\frac{6P}{\pi D^2} \sqrt[3]{\frac{P}{e}}$	Тв. по Боргстрему как $\frac{P}{d}$
Тальк	1	1 225	5	8	5	—
Алюминий	2	—	—	17	52	—
Каменная соль	2	289	21	20	20	21—33
Гипс	1,6—2	—	—	21	14	13—20
Свинцовый блеск	2,5	—	—	32	—	—
Антимонит	2	—	—	32	—	—
Медь	2,5—3	—	—	34	95	105
Латунь	3—4	—	—	43	107	156
Реальгар	2	—	—	44	—	—
Кальцит	3	121	50	56	96	48—65
Варит	3,3	—	—	56	—	—
Апатит	5	49	122	131	237	200—325
Плавиновый шпат	4	36	167	160	110	128—235
Полевой шпат	6	25	240	216	253	450—550
Платина	4,3	—	—	221	—	—
Шпирт	6,3	—	—	259	—	—
Опал	4—6	—	—	271	113	—
Кварц	7	9	667	625	308	560—1 080
Топаз	8	6	1 000	1 240	525	625
Корунд	9	—	—	—	1 250	—
Алмаз	10	—	—	—	(3 500)	—

абсолютной твердости по Ауэрбаху, сопоставленные с баллами твердости по Мосу и значениями твердости царапания. Из таблицы видно, что различные ряды твердости по своему ходу соответствуют друг другу. Однако необходимо иметь в виду, что способ Герца-Ауэрбаха применим лишь к хрупким телам, дающим трещину, и неприменим к телам пластичным, внедрению в которые происходит с постоянной скоростью. Измерение абсолютной твердости не вошло в практику; равным образом не были усвоены предложения Круллы (1921 г.) за меру твердости считать предел упругости или предел пропорциональности при испытании на сжатие и предложение Кикка (1890—1891 г.) и Ш. Фремона (1909 г.) принять за эту меру прочность на срез. В технике восторжествовало измерение твердости по значению остаточной деформации; наиболее известна из испытаний этого рода шариковая проба.

В д а в л и в а н и е. Существуют испытания твердости материала посредством вдавливания

образца определенной формы, изготовленного из того же материала (фиг. 35). Реомюр (1722 г.) применял для этой цели две прямоугольные призмы, пересекающиеся накрест под прямым углом, причем за меру твердости принималась глубина взаимного внедрения призм.



Фиг. 35.

А. Фейшль (1896 г.) предложил применять для той же цели 2 цилиндра диаметром 4 см, которые перекрещиваются подпрямым углом. Шесть различных нагрузок подбираются так, чтобы диаметр наибольшего отпечатка был 3—4 мм; за меру твердости принимают арифметическую среднюю из частных от деления нагрузки на площадь отпечатка. Способ Фейшля удобен, как указано Руделлофом (1920 г.), для испытания тонких проволок. Гейг (1920—22 гг.) применил для той же цели призмы квадратного сечения; призматич. твер-

достью (Prism hardness Ph) Гейг называет число $\frac{P}{x^2}$, где P — нагрузка в m , а x — длина деформированного ребра призмы. Наконец Штрибек (1907 г.) пользовался для измерения твердости двумя шарами из испытываемого вещества диам. D (в мм); прижимая их с силою $P = 5D^2$ (P в кг) и измеряя диаметр отпечатка d , он определяет твердость как величину $\frac{4P}{\pi d^2}$. Преимущество

перечисленных способов — в независимости испытания от постороннего материала, а потому и в отсутствии ограничения, представляемого в большинстве других способов слишком большой твердостью; однако необходимость в двух одинаковых образцах для испытания препятствует широкому распространению этого способа. Последнее обстоятельство повело к распространению таких способов испытания, при которых вдавливается тело, отличное от испытываемого и весьма твердое сравнительно с ним. Кальверт и Джонсон, а также Кириш (1891 г.)

пользовались стальным штемпелем и определяли давление, необходимое для внедрения его на определенную глубину; первые применяли цилиндр 5 мм диам., заканчивающийся усеченным конусом с высотой 7 мм и диам. нижнего основания 1,25 мм. Требовалось определить нагрузку, при к-рой усеченный конус входит за полчаса в тело на 3,5 мм. Штемпель Кирша представлял цилиндр диам. 5 мм, укрепленный на усеченном конусе, в свой черед примыкающим к цилиндру диаметром 20 мм. Испытуемый образец представляет собой цилиндр 30 мм высотой и 20 мм в диаметре; определяется нагрузка, необходимая для неизменяющегося далее вдавливания тонкого цилиндра на 0,01 мм. Гюени (1885 г.) для измерения твердости измеряет нагрузку, необходимую для вдавливания острого конуса на 0,1 мм. Подобным же приспособлением пользуется Керпели (1888, 1891 гг.), измеряющий диаметр отверстия, проделанного конусом при определенной нагрузке. Американский Ordnance Department (1856 г.) стал характеризовать твердость металлов на основании объема, выдавленного пирамидальным концом штемпеля под нагрузкою 4 500 кг (10 000 фн.); за единицу твердости был принят объем в 0,5 дм³. Миддельберг (1885—86 г.) применил для подобных же целей долото шириною 20 мм с гранями режущего конца, наклонными друг к другу под углом в 30°; режущее ребро было изогнуто дугою радиуса 25 мм; за меру твердости принималась длина линзообразного отпечатка при нагрузке на долото в 292 кг. Унвин (1897 г.) пользовался для подобной же цели штемпелем прямоугольного сечения и определял твердость как отношение нагрузки к глубине внедрения пирамидального острия в образец размерами $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2}$.

Испытание шариком. Все описанные выше способы получили второстепенное значение сравнительно с опубликованным в 1901 году способом шведского инж. Бринеля. В этом способе в поверхность испытуемого тела вдавливающее усилие, отнесенное к площади отпечатка—лунки; эта площадь вычисляется по ф-ле:

$$\pi D h = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \approx 1,57 D (D - \sqrt{D^2 - d^2}).$$

Т. о. твердость по Бринелю H_{Br} выражается ф-лой:

$$H_{Br} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Для быстрого вычисления значений H_{Br} при разных значениях диам. D шарика и нагрузки P существуют специальные таблицы. Как пример приводится табл. 14 для $D = 10$ мм и $P = 3000$ и 500 кг. Пересчет подобных таблиц от одной нагрузки к другой не составляет затруднения. Ряд исследователей (Боргстрем 1919 г., Бенедикс 1904 г., Мейер 1908 г.) полагают, что более естественно число твердости определить

Табл. 14.—Числа твердости для различных диаметров отпечатка шарика $\varnothing 10$ мм.

Диам. отпечатка, мм	Число твердости для нагрузки		Диам. отпечатка, мм	Число твердости для нагрузки	
	3 000 кг	500 кг		3 000 кг	500 кг
2,00	916	158	4,50	179	29,7
2,05	898	150	4,55	174	29,1
2,10	857	143	4,60	170	28,4
2,15	817	136	4,65	166	27,8
2,20	782	130	4,70	163	27,2
2,25	744	124	4,75	159	26,6
2,30	713	119	4,80	156	25,9
2,35	683	114	4,85	153	25,4
2,40	652	109	4,90	149	24,9
2,45	627	105	4,95	146	24,4
2,50	600	100	5,00	143	23,8
2,55	578	96	5,05	140	23,3
2,60	555	93	5,10	137	22,8
2,65	532	89	5,15	134	22,3
2,70	512	86	5,20	131	21,8
2,75	495	83	5,25	128	21,5
2,80	477	80	5,30	126	21,0
2,85	460	77	5,35	124	20,6
2,90	444	74	5,40	121	20,1
2,95	430	73	5,45	118	19,7
3,00	418	70	5,50	116	19,3
3,05	402	67	5,55	114	19,0
3,10	387	65	5,60	112	18,6
3,15	375	63	5,65	109	18,2
3,20	364	61	5,70	107	17,8
3,25	351	59	5,75	105	17,5
3,30	340	57	5,80	103	17,2
3,35	332	55	5,85	101	16,9
3,40	321	54	5,90	99	16,6
3,45	311	52	5,95	97	16,2
3,50	302	50	6,00	95	15,9
3,55	293	49	6,05	94	15,6
3,60	286	48	6,10	92	15,3
3,65	277	46	6,15	90	15,1
3,70	269	45	6,20	89	14,8
3,75	262	44	6,25	87	14,5
3,80	255	43	6,30	86	14,3
3,85	248	41	6,35	84	14,0
3,90	241	40	6,40	82	13,8
3,95	235	39	6,45	81	13,5
4,00	228	38	6,50	80	13,3
4,05	223	37	6,55	79	13,1
4,10	217	36	6,60	77	12,8
4,15	212	35	6,65	76	12,6
4,20	207	34,5	6,70	74	12,4
4,25	202	33,6	6,75	73	12,2
4,30	196	32,6	6,80	71,5	11,9
4,35	192	32	6,85	70	11,7
4,40	187	31,2	6,90	69	11,5
4,45	183	30,4	6,95	68	11,3

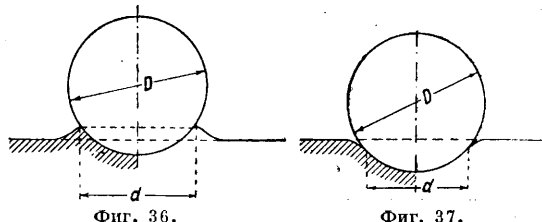
как среднее давление P_M , т. е. отнесенное к вдавливающему усилию к проекции отпечатка; в таком случае эта твердость по Мейеру

$$H_M = \frac{4P}{\pi D^2}$$

Числа твердости по Мейеру H_M и по Бринелю H_{Br} связаны между собою соотношением:

$$\frac{H_M}{H_{Br}} = 2 \left(\frac{D^2}{d^2} - \frac{D}{d} \sqrt{\frac{D^2}{d^2}} \right)$$

Вычисление площади лунки или ее проекции удобно производить по диаметру отпечатка. Однако определение диаметра отпечатка затрудняется искажениями краев—либо закруг-



Фиг. 36.

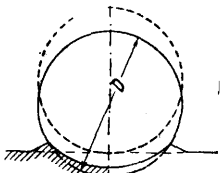
Фиг. 37.

лением (фиг. 36) либо выпучиванием (фиг. 37), когда вместо истинного диам. d берется либо преуменьшенный либо преувеличенный диам. d' . Как показано Девризом и Р. Г. Бетсоном

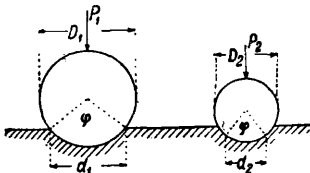
(1923 г.), более точные результаты получаются, если исходить из глубины h , а не от диам. d отпечатка. Однако это измерение должно производиться такими приборами, к-рые берут глубину отпечатка от первоначальной поверхности образца. Число твердости по Бетсону H_{Bat} вычисляется для $D = 10$ мм по ф-ле

$$H_{Bat} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{P}{31,416 h}$$

Кроме указанных побочных деформаций в образце необходимо считаться также и с побочными явлениями в самом шарике, а именно с его уплощением, упругим и пластическим, которое ведет к преуменьшенному значению глубины (фиг. 38), меньшему, чем смещение центра шарика. Это уплощение тем больше, чем тверже испытуемый материал сравнительно с твердостью шарика. Ошибка, как это установлено Р. Г. Бетсоном (1923 г.), А. Гультренем (1924 г.), Р. Майлендером (1925 г.) и др., делается заметной при твердостях образца, превышающих 400—500 бринелей. Возникновение пластич. деформации шарика д. б. время от времени проверяемо с помощью стандартных пластинок, твердость к-рых известна. Для наиболее твер-



Фиг. 38.



Фиг. 39.

дых материалов применяются специальные шарики—алмазные или карбид-вольфрамовые. Несмотря на свою крайнюю простоту шариковая проба по Бринелю требует соблюдения ряда предосторожностей, без чего она может повести к недопустимым ошибкам. Прежде всего обсуждаемое испытание сопровождается пластич. деформацией и как таковое должно зависеть от времени. Однако это естественное опасение м. б. рассеяно опытными данными, согласно к-рым происходящая деформация образца весьма быстро подходит к своему асимптотич. значению, и дальнейшая нагрузка уже не увеличивает диаметра отпечатка. Как показал Майн (1918 г.), число твердости различных сталей не меняется в зависимости от времени испытания, к-рое изменялось от 10 до 120 сек. При более мягких материалах асимптотич. значение достигается в срок, больший 2 сек. Согласно Комиссии по нормам герм. пром-сти (DIN) испытание должно производиться на чистой плоской поверхности. Нагрузка должна подыматься равномерно без толчков в течение 15 сек. и своей конечной величины должна достигать через 30 сек. Для сталей с твердостью ≥ 140 достаточно 10 сек. Второй существенный вопрос—о самом образце. Поверхность его д. б. плоская, гладкая. Площадь д. б. достаточно велика и именно такова, чтобы расстояние l центра отпечатка от края образца удовлетворяло неравенству $l \geq 2,5d$ и во всяком случае никак не менее диаметра шарика; наименьшее взаимное расстояние многих отпечатков д. б. не менее 13 мм. Толщина образца a при недостаточно твердой подкладке под образцом д. б. значительна; если же подкладка достаточно твердая, то a должно удовлетворять неравенству $a \geq 7h$.

Испытание тонких образцов должно вестись согласно нормам Германского союза для испы-

тания технич. материалов (1918 г.) с шариками меньших размеров. Для сравнимости чисел твердости испытание должно производиться так, чтобы лунки во всех случаях были геометрически подобны между собою (фиг. 39), а это достигается, если соблюдено соотношение

$$d = D \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

При этом условии

$$H_{Br} = \frac{2P}{\pi D^2 \left(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}\right)}$$

$$H_M = \frac{4P}{\pi D^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}$$

Поэтому значения твердости одного и того же материала при шариках разных диам. D_1 и D_2 будут тождественны, если подобрать соответственные нагрузки P_1 и P_2 , причем

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{D_1^3}{D_2^3} = \frac{d_1^3}{d_2^3}$$

Твердость материала не должна зависеть от диам. шарика. Отсюда следует, что для каждого диам. шарика существует определенная нагрузка, соответствующая нормированной нагрузке на шариках-эталонах диам. в 10 мм. Бетсон (1923 г.) на шариках диам. до 50,8 мм подтвердил правило геометр. подобия и установил, что соотношение $\frac{P}{L^3} = \text{Const}$ достаточно для

самых точных испытаний практики. В табл. 15 Табл. 15.—Нормальная нагрузка для шариков разного диаметра (по Бетсону).

Диам. шарика, мм	Нормальная нагрузка	
	3 000 кг	500 кг
1	30	5
2	120	20
5	750	125
10	3 000	500
15	6 750	1 125
20	12 000	2 000

показано соответствие диаметров и нагрузок, соответствующих нагрузке нормальной. На основании этого соотношения Германским союзом для испытания материалов предложены нормы нагрузок (1925 г.), соответствующих определенному диам. шарика и определенной толщине образца при данной его твердости (табл. 16); значения ошибки, получающейся при раз-

Табл. 16.—Нормы DIN для проведения шариковой пробы.

Диам. шарика, мм	Нагрузка P , кг			S , толщина образца, мм
	30 *1	10 *2	2,5 *3	
10	3 000	1 000	250	> 6
5	750	250	62,5	$6 \sim 3$
2,5	187,5	62,5	15,6	—

*1 Литая сталь. *2 Сталь, медь, латунь, бронза и др. *3 Более мягкие металлы.

ных твердостях при измерении той или иной твердости соответственными нагрузками на шарик нормированного диаметра, сопоставлены в табл. 17. Как видно из данных этой таблицы, применение эталонных шариков в наиболее благоприятном случае дает ошибку 0,3%, но с весьма малыми шариками при больших твердостях ошибка оказывается значительной и дохо-

Табл. 17. — Сводка данных об ошибках шариковой пробы.

Диам. шарика, мм	Нагрузка, кг	Твердость	Ошибка, %	Твердость	Ошибка, %
10	3 000	70	0,3	300	0,9
5	750	70	0,7	300	1,9
2,5	189,5	70	1,4	800	3,8
1	30	70	3	800	9
10	1 000	22	0,3	270	0,9
10	250	6	0,3	70	0,9

дит до 0,9%. Зависимость числа твердости от диам. шарика D м. б. исключена на основании наблюдения К. Бенедикса (1904 г.) о постоянстве выражения $\frac{P\sqrt[5]{D}}{A}$, где A —площадь луночки; поэтому число Бринеля при шарике диам. D и нагрузке в 100 кг будет

$$\frac{P\sqrt[5]{0,1D_1}}{A}$$

А. Лешателье (1906 г.) предложил другую ф-лу для пересчета, тоже эмпирическую и приближительную:

$$H_{Br} = \frac{P_1}{A_1} \cdot \sqrt[5]{0,1D_1} \cdot \frac{20000}{17000 + P_1}$$

(индекс 1 относится к результатам испытания при данных условиях). Для одного и того же шарика, как доказано Мейером (1908 г.), между нагрузкой P и диаметром d отпечатка существует соотношение: $P = ad^n$, где a и n —постоянные величины. Значения коэф-тов a и n приведены в табл. 18. Постоянная n в соотношении

Табл. 18.—Значения постоянных a и n (по данным Мейера).

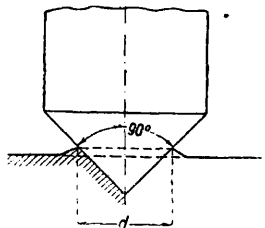
Материал	Твердость H при нагрузке 3 000 кг	a , кг/мм ²	n
Алюминий	42,4	28,5	2,07
Сплав алюминия *1	81,6	39	2,26
Сплав цинка *2	87	49,5	2,17
Медь I	68,3	45	2,09
Медь II	106,2	76	2,05
Латунь	156,7	100	2,13
Белый чугун	229,2	116	2,31
Серый чугун I	181,7	81	2,38
» II	134	92,5	2,21
Железо I	135,3	78,5	2,18
» II	145,6	80,0	2,22
» III	222	143,0	2,14
Сталь	283	171	2,20
Никелевая сталь *3	121	67	2,22
» *4	145	76	2,22
» *5	291	174	2,22
» *6	338	186	2,30
» *7	338	230	2,32
» *8	461	258	2,32

*1 85% Al, 8% Cu, 5% Sn, 2% Ni
 *2 86% Zn, 9% Sn, 5% Cu, 0,4% Al
 *3 0,04% NiO, 0,16% CO, 0,07% MnO, 0,06% SiO₂
 *4 3,01% » 0,05% » 0,11% » 0,02% »
 *5 3,15% » 0,48% » 0,39% » 0,4% »
 *6 3,20% » 0,85% » 0,38% » 0,21% »
 *7 16,3% » 0,15% » 0,63% » 0,01% »
 *8 11,9% » 0,25% » 0,49% » 0,16% »

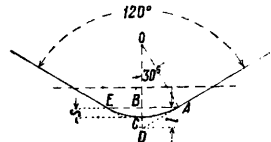
Мейера не зависит от диаметра шарика, но сильно изменяется от наклепа, напр. по Кюрю (1908 г.) от 2,52 до 2,01 при пределе текучести меди 1,25÷28,10 кг/мм² соответственно. Этой зависимостью можно воспользоваться при обработке металлов с целью проверять степень

наклепа, отжиг и т. д. Постоянная a в соотношении Мейера зависит от диаметра шарика, и именно значение ее удовлетворяет соотношению $aD^{n-2} = \text{Const}$. Однако отношением Мейера можно пользоваться с осторожностью: К. Такагаси (1928 г.), изучавший его в пределах нагрузок 5—100 кг, установил непостоянство параметров a и n , причем a с давлением убывает, а n стремится к 2, если давление возрастает до бесконечности.

Испытание конусом. Условие геометрич. подобия, обеспечивающее независимость числа твердости от диам. шарика, соблюдается на практике бывает затруднительно. Лудвик (1908 г., см. фиг. 40) предложил устранить недостаток, заменив шарик прямоугольным конусом; тогда все отпечатки д. б.



Фиг. 40.



Фиг. 41.

геометрически подобны между собою. Число твердости по Лудвику H_L определяется как среднее давление на поверхности конич. отпечатка:

$$H_L = \frac{4P}{\pi D^2 \sqrt{2}} \approx 0,9 \frac{P}{D^2}$$

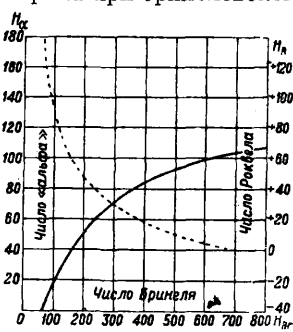
где D —опять-таки диам. отпечатка. По другому способу подсчета давление относится к проекции поверхности отпечатка:

$$H_L = \frac{4P}{\pi D^2}$$

Способ Лудвика не получил широкого распространения из-за ряда обстоятельств, искажающих на практике теоретически выгодное предложение: таковыми оказались выпучивание краев отпечатка, притупление и поломка острого конуса и т. д. В виду указанных обстоятельств Унвином (1918 г.) сделано компромиссное предложение—принять конус усеченный. Однако преимущества подобного испытания до сих пор не обнаружены и господствующим остается испытание по Мартенсу. Новейшим видоизменением конич. испытания твердости может считаться алмазный конус Роквелла с закругленным концом (фиг. 41), где $OA = r$ —радиус сферического конца, $s = BC = 0,134r$, $l = BD = 0,2887r = 2,154s$.

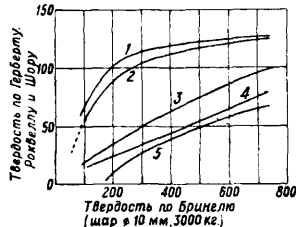
Испытание весьма твердых материалов. Деформация стального шарика при бринелевском

испытании твердых материалов ведет к значительным ошибкам; как показал Майлендер (1925 г.), пренебречь ими можно лишь при условии, что твердость шарика не менее чем в 1,7 раза больше твердости испытываемого образца. Кроме того практич. затруднительность соблюдать условия геометрич. подобия делает результаты испытания несравнимыми между собой. А. Шор (1929 г.) предложил устранить пер-



Фиг. 42.

вый недостаток применением алмазного шарика диам. 0,75 мм, а второй,—получая всегда одинаковый отпечаток определенной глубины h (стандартное $h = 45 \mu$ по Шору), причем измеряется вдавливающее усилие. Этот способ устранить геометрическое неподобие отпечатков был предложен гораздо ранее А. Мартенсом и Е. Гейном (1908 г.), которые остановились на $D = 5 \text{ мм}$ и $h = 50 \mu$. Однако Шор показал, что неустраиваемость деформации шарика в способе Мартенса—Гейна ведет к большим ошибкам, например вместо 800 бринелей получится со стальным шариком всего лишь 600. Применение

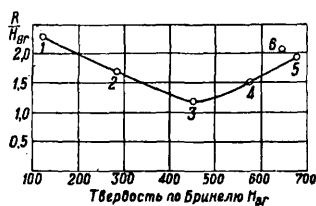


Фиг. 43.

показана взаимная зависимость чисел твердости «Альфа», Роквелла и Бринеля. Функциональная зависимость твердости по Роквеллу 1, 2, 5, Герберту 4 и Шору 3 от твердости по Бринелю показана на фиг. 43. В виду усиленного распространения прибора Роквелла, особенно в англо-саксонских странах, показания его были подвергнуты подробному изучению. Переводные ф-лы от твердости по Роквеллу H_R и твердости по Бринелю H_{Br} , основанные на нек-рых упрощениях, имеют вид:

$$H_{Br} = \frac{a}{130 - H_{Rc}} \quad \text{и} \quad H_{Br} = \frac{b}{100 - H_{Rc}}$$

здесь a и b —константы, H_{Rc} —число Роквелла при испытании шариком, а H_{Rc} —при испытании конусом. Значения коэф-тов зависимости от диаметра шарика изучены специально в работе С. Н. Петренко (1930 г.). Здесь попутно д. б. отмечено отсутствие прямой связи между твердостью по Бринелю и твердостью царапанием по Мартенсу R . На фиг. 44 показан график зависимости между H_{Br} и величиною $\frac{R}{H_{Br}}$; это отношение сперва падает, а затем, пройдя через

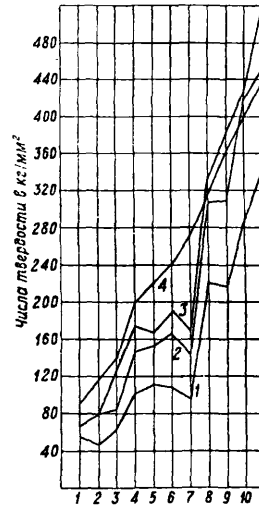


Фиг. 44.

минимуму, начинает подыматься: 1—мягкая сталь, 2—отпущенная инструментальн. сталь, 3—хромоникелевая сталь, 4—хромоникелевая сталь, 5—закаленная хромистая сталь, 6—закаленная сталь. Однако для материалов одного рода между графиками твердости, испытанной различными способами, синдромность может быть утверждена, как это видно например из диаграммы фиг. 45, составленной Г. Заксом, где цифры у точек абсциссы означают: 1—вальцованная медь, 2—алюминиевый сплав, 3—цинковый сплав, 4—сталь, 5—11—железоникелевые сплавы; цифры при кривых означают: 1—твердость на нажим шариком для $\frac{d}{D} = 0,1$; 2—то же для $\frac{P}{P_2} = 30$; 3—твердость на нажим конусом; 4—твердость на царапание.

Т. Э. т. XXI.

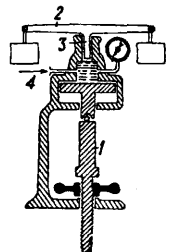
Аппаратура для испытания на давлении. При испытании надавливанием требуется произвести деформацию при определенных условиях и затем измерить ее. Грубые измерения, примерно с точностью до 0,1 мм, производятся с помощью прозрачной линейки с делениями или с помощью плоскоцилиндрической линзы, к-рая накладывается на отпечаток так, чтобы две наклонные прямые, нацарапанные на ее плоской стороне, касались отпечатка.



Фиг. 45.

Для более точных измерений—измерительная лупа с окулярным микрометром, снабженным делениями на 0,1 или 0,01 мм. Следующая ступень точности (примерно до 0,005 мм) достигается с помощью специального микроскопа, снабженного окулярным ступенчатым микрометром. В виду известной затруднительности дать надлежащее освещение отпечатку новейшие микроскопы этого рода снабжаются внутренней осветительной системой из электрической лампочки. В последнее время стал применяться прибор Шумана (1927 г.), дающий

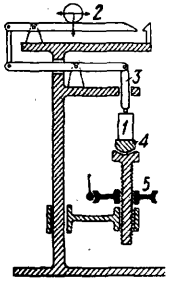
увеличенное объективное изображение отпечатка. Существуют приборы (например Вилька), позволяющие измерять диаметр отпечатка, когда надавливающий шар находится еще в нем; делается это на увеличенном профильном изображении образца и шара, получаемом на матовом стекле. При всех измерениях описываемого рода необходимо иметь в виду, что отпечаток может получиться б. или м. овальным, а на анизотропных телах (напр. дереве) бывает даже значительно вытянутым; поэтому совершенно необходимо всякий раз измерять диаметры взаимно перпендикулярные с тем, чтобы в вычислении ввести среднее значение (арифметическое или лучше геометрическое). Далее, для лучшей видимости отпечатка пользуются шариком, слегка протравленным, чтобы получить матированную поверхность. Можно также протереть сажой поверхность образца с отпечатками. Чтобы обеспечить нормальное направление нажимающей силы, испытываемый образец накладывают на пластину со сферическим сегментным основанием, которое может свободно скользить в сферической чашке того же радиуса. Для производства испытания надавливанием необходимо иметь установку, осуществляющую значительные давления. В качестве такой установки применяется либо гидравлический пресс с манометром, позволяющим производить точный учет давления, либо рычажный пресс. Схема первого представлена на фиг. 46: 1—образец, 2—нагрузка, 3—поршень, 4—жидкость, передающая давление; схема второго—на фиг. 47: 1—образец, 2—передвижной груз, 3—нажимной стержень,



Фиг. 46.

6

4—подставка, 5—направляющая. Как та, так и другая установка занимают довольно много места, весьма тяжелы и представляют то неудобство, что с помощью их невозможно производить испытания непосредственно на крупных изделиях и частях машин. Поэтому наряду с установками указанного рода применяются также переносные приборы для испытания твердости. Деформация производится нажимом

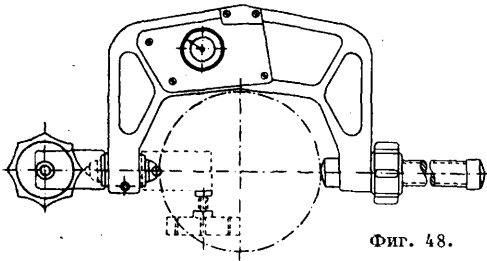


Фиг. 47.

с помощью особых клещей или иного подобного приспособления, снабженного винтами или рычагами и динамометром, показывающим произведенное усилие. Одно из таких приспособлений—испытатель твердости Секу. Аналогичное приспособление Мора и Федергафа представлено на фиг. 48. Прибор охватывает испытуемую ось или вал и зажимается на нем, но может также применяться в положении, обозначенном пунктиром. В одних из этих приборов нажатие

шарика на металл осуществляется ударом падающего тела, в других—ударом с помощью спускаемой пружины. Приборов того и другого рода существует много.

Из большего числа приборов ударного действия можно отметить следующие: 1) прибор Баумана, в котором удар постоянной силы на боек с шариком производится спуском заряженной пружины. Подобные пружинные мо-



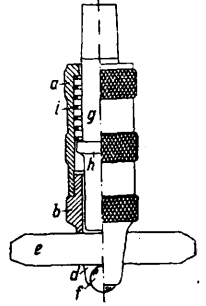
Фиг. 48.

лотки построены Гравеном и Вильком. Все подобные приборы построены по принципу самоударяющих курков, и удар происходит, как только натяжение пружины доведено до определенной степени; в молотке Баумана это предельное натяжение может быть двойным; 2) прибор Польди или Польди-Хютте (Poldi-Hütte), в котором действием удара произвольной силы получают два отпечатка—на испытуемом образце и на эталонном стальном бруске. Подобный дифференциальный способ был разработан также Мореном и Брицелем (бринельметр). Кербер и Симонсон нашли, что бринельметр и вообще дифференциальный способ дают более точные результаты, если отношение бринелевских твердостей приравняется не к квадрату отношения диаметров отпечатков, а к нек-рой иной степени, а именно, если положить

$$H'_{Br} = \left(\frac{d''}{d'}\right)^8 H''_{Br},$$

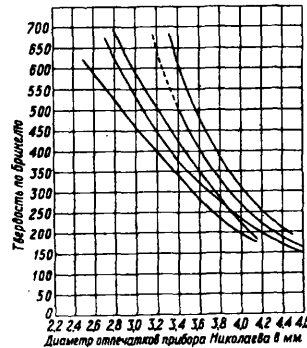
где H'_{Br} и H''_{Br} —бринелевские твердости испытуемого образца и эталона, а d' и d'' —диам. отпечатков при ударе. Если испытуемое вещество тверже эталона, то полученное значение твердости, вычисленное по отпечатку, меньше бринелевского, если же оно мягче эталона, то полученная твердость больше бринелевской.

Прибор Польди-Хютте (фиг. 49) состоит из головки b , винченной в оправку a . Концы этой головки пружинят и удерживают стальной шарик f . Внутри оправки вставлен боек g с заплечиком h и спиральная пружина i . В окно d головки b вставляется эталонный стержень e прямоугольного сечения с равномерной и заранее известной твердостью. При производстве испытания прибор держат в левой руке и накладывают шарик на испытуемую поверхность. Если теперь правой рукой нанести удар по бойку g , то на испытуемой поверхности и на эталонной поверхности появятся луночки. Твердость H'_{Br} испытуемого образца выражается через твердость эталона H''_{Br} , как в других дифференциальных способах; 3) прибор Вюста (и Барденгейера; здесь стальной шарик, составляющий одно целое с наконечником бабы, дает отпечаток под действием удара постоянной силы, к-рый производится свободным падением бабы. Подобные же приборы были построены Эдвардсом и Виллисом. Испытания на этих приборах подтвердили ф-лу Мейера $H = ad^n$ с $n = 4$ для всех металлов. Вюст и Барденгейер отметили следующую зависимость: с возрастанием падающего груза убывает значение твердости, но оно практически перестает изменяться при нагрузках, превосходящих 1,2—1,4 кг. Значение твердости убывает также и с уменьшением диаметра шарика; для производства испытаний рекомендуется нагрузка 1,5 кг, диам. шарика 5 мм и работа внедрения 300—500 кг·мм; 4) прибор Шварца и близкий к нему прибор Николаева, в которых боек с шариком надавливается ударом стальной бабы, падающей внутри металлич. трубы; прибор Николаева несколько проще, чем прибор Шварца, и менее удобен в работе; энергия удара у него больше, что не признается выгодным. Существуют кроме того еще различные приборы. В отношении всех этих приборов необходимо отметить подмену статич. деформации по Бричелло деформацией динамической, что вовсе не одно и то же; кроме того, как показано опытом Класса (1927 г.), соотношения сопротивлений, оказываемых металлом статич. и динамич. деформациям, вовсе не одинаковы для разных металлов, и потому для каждого металла необходимо заранее составить эмпирически построенную кривую для перехода от ударной твердости к твердости по Бричелло. Николаев дает параболич. зависимость между диаметром отпечатка



Фиг. 49.

d_{Br} , полученного по Бричелло, и диаметром отпечатка d_N , полученного ударным способом: $d_{Br} = 0,215d_N^2$; однако опыты Н. А. Шапошников и Р. Е. Сыромятников (1931 г.) не подтвердили этой зависимости и установили

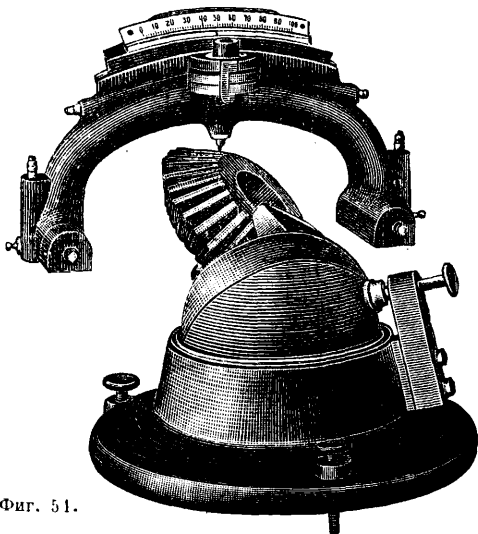


Фиг. 50.

где H'_{Br} и H''_{Br} —бринелевские твердости испытуемого образца и эталона, а d' и d'' —диам. отпечатков при ударе. Если испытуемое вещество тверже эталона, то полученное значение твердости, вычисленное по отпечатку, меньше бринелевского, если же оно мягче эталона, то полученная твердость больше бринелевской.

необходимость эмпирич. кривых для каждого из металлов. На фиг. 50 показан вид этой зависимости для разных сталей. Но, с другой стороны, выяснилось, что с достаточной точностью можно вычислять H_{Br} непосредственно по d_N , причем ошибка оказывается не более $\pm 10\%$.

К числу переносных приборов для испытания вдавливанием относится маятник Герберта (1924 г.), представленный на фиг. 51. Прибор этот состоит из массивной металлич. дуги с массой 2 или 4 кг. Примерно в ц. т. этой дуги находится опора—рубиновый или стальной шарик диам. 1 мм. Микрометрич. винтами возможно перемещать ц. т. в точку опоры, а также выше или ниже ее. При нормальных испытаниях прибор устанавливается в устойчивом положении при длине маятника, равной 0,01 мм. Предмет закрепляется особыми тисками так, чтобы испытываемая поверхность была горизонтальной. Накладывая шарик опоры на эту поверхность, получают под давлением веса прибора луночку, по к-рой затем находят число Бринеля. Но кроме этого способа маятник Герберта

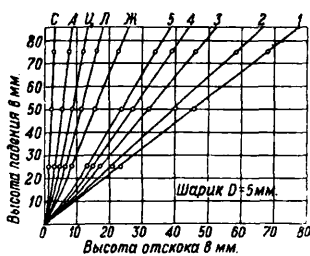


Фиг. 51.

применяется и двумя другими. Один из них, т. н. угловой способ (Winkelverfahren), состоит в отклонении маятника на угол ок. 45° , переводе нуля на шкале уровня к пузырьку и наблюдении, до какого деления отклонится пузырек при первом качании маятника, предоставленного себе; число делений S служит мерою твердости и характеризует способность материала обрабатываться резами. Третий временный способ (Zeitverfahren) применения маятника Герберта состоит в наблюдении времени 10 качаний. Это время характеризует твердость P , связанную с твердостью по Бринелю соотношением $H_{Br} = 10T$ (при $T > 33\frac{1}{3}$), $H_{Br} = 0,3T^2$ (при $T < 33\frac{1}{3}$). Временным способом характеризуется твердость внедрения, угловым же—совместное противодействие внедрению, скольжению и обработке. Числа S и T для одного и того же материала мало связаны между собою, и потому значения их не идут синдроно для различных материалов, напр. для чугуна и марганцовистой стали значения T почти одинаковы, тогда как значение S почти на 50% у марганцовистой стали выше, чем у чугуна.

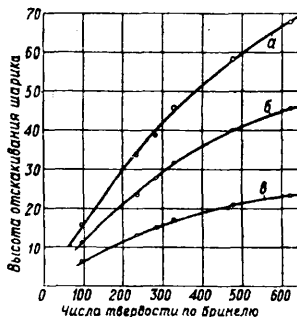
Динамическое испытание. В одних из описанных выше способов испытания твердости производная усилия по времени характеризовалась

весьма малым значением, в других испытаниях значение этой производной весьма значительно, и в этом смысле подобные испытания стоят на переходе от статических к динамическим. Однако всем описанным выше испытаниям свойствен общий признак—измерение уже произведенной деформации. Наряду с испытаниями подобного рода существуют и собственно динамические, при к-рых значение производной усилия по времени весьма велико и деформация наблюдается в самом процессе ее возникновения. Значение самого усилия, как и время его воздействия на материал, при испытаниях такого рода весьма незначительны; отсюда происходят два важных преимущества подобных способов: во-первых, практич. неповреждаемость испытываемой поверхности и, во-вторых,



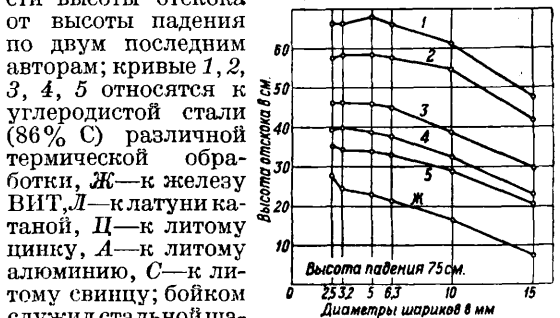
Фиг. 52.

возможность производить испытание поверхности нагретой, т. к. испытательный аппарат не успевает заметно нагреться за краткое время прикосновения к испытываемой поверхности. Физич. основания построения подобных приборов были установлены рядом исследователей. Мартель (1895 г.) установил, изучая падение пирамидального



Фиг. 53.

бойка, что объем отпечатка пропорционален высоте падения и массе бойка, но не зависит от формы ударника; кроме того было выяснено, что отношение энергии удара к объему отпечатка представляет характерную постоянную испытываемого вещества. Другими исследователями (Шнейдер, К. М. Юрьев и А. М. Жуков, 1931 г.) была установлена пропорциональность для данного тела высоты падения бойка и высоты отскока; на фиг. 52 приведены графики зависимости высоты отскока



Фиг. 54.

от высоты отскока по двум последним авторам; кривые 1, 2, 3, 4, 5 относятся к углеродистой стали (86% С) различной термической обработки, Ж—к железу ВИТ, Л—к латуни катаной, Ц—к литому цинку, А—к литому алюминию, С—к литому свинцу; бойком служил стальной шарик с диам. 5 мм. На фиг. 53 показана зависимость высоты отскока от твердости ударяемой поверхности (H_{Br}) для высот падения 75, 50 и 25 см (кривые а, б, в соответственно); как видно из хода этих кривых, высота отскока возрастает с твердостью, причем различие высот от-

скока тем больше, чем больше высота падения; шарик в этих опытах был диам. 5 мм. Наконец на фиг. 54 и 55 показана зависимость высоты отскока от диаметра шарика при высоте падения 75 см (фиг. 54) и 25 см (фиг. 55); обозначения на этих фигурах те же, что на фиг. 52.

Энергетич. баланс всего процесса составляет из следующих слагаемых: U —энергия удара при падении бойка массы m с высоты Z со скоростью v , причем

$$U = \frac{mv^2}{2} = mgZ;$$

U_1 —энергия, идущая на звук удара, вообще говоря, весьма малая; U_2 —работа пластической деформации, необратимо переходящая в тепловую; U_3 —работа образования трещин общей поверхностью S с соответственным повышением потенциальной энергии поверхности; U_4 —работа разрушения поверхностного слоя; U_5 —работа подъема на высоту z отскакивающего бойка с начальной скоростью v ; U_6 —работа упругой деформации шарика; U_7 —работа снятия упругой деформации шарика; U_8 —работа упругой деформации испытуемого тела; U_9 —работа снятия этой деформации. Очевидно

$$U - U_1 - U_2 - U_3 - U_4 - U_5 - U_6 + U_7 - U_8 + U_9 = 0.$$

Т. к. последние слагаемые попарно взаимно уничтожаются, а U_1 м. б. опущено, то

$$U - U_5 = \frac{mv^2}{2} \left(1 - \frac{z}{Z}\right) = U_2 + U_3 + U_4.$$

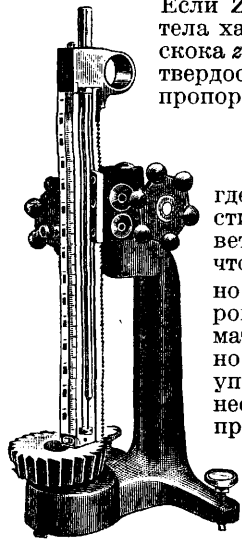
Т. о. энергия, необратимо потерянная в теле и следовательно характеризующая степень его податливости (нетвердости), оценивается при данной энергии удара отношением высоты отскока к высоте падения; это отношение дает коэффициент восстановления $k = \sqrt{\frac{z}{Z}}$.

Если Z постоянно, то твердость тела характеризуется высотой отскока z . Согласно Шульце (1923 г.) твердость материала м. б. принята пропорциональной величине

$$\sqrt{\frac{z}{E_1 + E_2}},$$

где E_1 и E_2 —модули упругости образца и шарика соответственно. Отсюда следует, что высота отскока (собственно \sqrt{z}) может считаться мерою твердости испытуемого материала или при бесконечно большом значении модуля упругости шарика или при несоблюдении этого условия, при практич. постоянстве модуля как шарика, так и всего ряда испытуемых тел. На принципе оценки твердости по высоте отскока построен ряд приборов.

Первые приборы этого рода назывались ребонди метрами. В 1907 г. Шором и Геру был построен прибор, получивший широкое распространение под на-

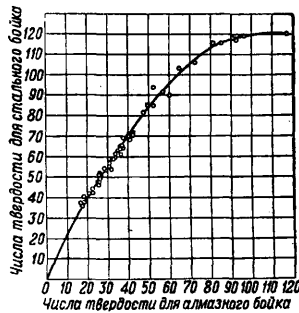


Фиг. 56.



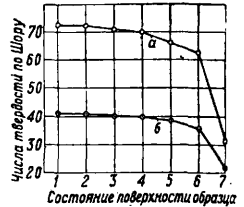
Фиг. 55.

званием склероскопа (фиг. 56) и выпускаемый в различных моделях. Прибор состоит из градуированной стеклянной трубки, снабженной на верхнем конце приспособлением для спуска бойка посредством нажатия группы или кнопки, причем вторичное нажатие возвращает боек на прежнее место. Трубка м. б. устанавливается строго вертикально. У нижнего конца трубки зажимается испытуемый образец, поверхность к-рого д. б. перпендикулярна к оси трубки. Высота отскока либо наблюдается на-глаз, причем для облегчения у прибора имеется передвижной указатель, либо регистрируется особым приспособлением. Основание стеклянной трубки м. б. подымаемо на 20 см, т. ч. не исключено испытание образцов соответственной толщины. При испытании крупных предметов, напр. валов, трубка с оправой вынимается из штатива и ставится вертикально на испытуемую поверхность. Склероскоп Шора очень удобен, но применение его требует ряда предосторожностей, без к-рых пользование им может повести к значительным ошибкам. Прежде всего наличие двух бойков—«универсального» со слегка закругленным алмазным кончиком, наконецником и «стандартного» со стальным



Фиг. 57.

более тупым наконецником—ведет к необходимости пересчета числа твердости, найденного при



Фиг. 58.

стальном бойке ($H_{ст.}$), на число твердости при алмазом ($H_{ал.м.}$). Приблизительно $H_{ал.м.} = 0,56 H_{ст.}$ или $H_{ст.} = 1,75 H_{ал.м.}$; однако эти соотношения пригодны лишь для небольших поверхностей и, как показывает диаграмма, зависимость $H_{ст.}$ от $H_{ал.м.}$ (фиг. 57) для углеродистой стали при больших твердостях $H_{ст.}$ получает слишком малое значение. Кроме того стальной боек более алмазного чувствителен ко всякого рода неправильностям испытания. На фиг. 58 показана зависимость числа твердости углеродистой стали от состояния поверхности образца: кривая a —стальной боек, $б$ —алмазный боек; точки на оси абсцисс означают соответственно обработку поверхности: 1—полированная; 2—обработанная наждачной бумагой № 0; 3—то же № 1; 4—то же № 1, но другого з-да; 5—то же № 2; 6—обработка шлифком напильником; 7—обработка драчевым напильником; т. обр. грубая обработка дает для стального бойка 56% снижения твердости, а для алмазного—46%. Чем мягче материал, тем менее зависит его число твердости от состояния поверхности. Установка прибора д. б. вертикальна, а поверхность—горизонтальна. При отклонениях прибора от вертикали на угол до 1° и перпендикулярности его оси к испытуемой поверхности, особых нарушений правильности работы прибора не наблюдается. При больших отклонениях высота отскока снижается по мере роста угла отклонения, причем это снижение на твер-

дых материалах обнаруживается сильнее, чем на мягких. Отклонение трубки от вертикали, если испытываемая поверхность горизонтальна (напр. при держании прибора рукою), при алмазном бойке сравнительно менее вредно, нежели при стальном, но в обоих случаях терпимо в пределах 1° . При работе со склероскопом всякий удар должен наноситься на свежее место, т. к. образующийся наклеп уже при втором ударе может увеличить число твердости на 40%; при дальнейшем повторении ударов по одному месту число твердости возрастает примерно до десятого-одиннадцатого удара, затем внезапно падает и далее снова начинает возрастать. Весьма существенное значение представляет род подставки, на к-рой лежит испытываемый образец. Так, по данным Рапаца (1926 г.) у закаленной стали с уменьшением толщины наблюдается существенное увеличение числа твердости в зависимости от утончения образца, причем даже при толщине в 5 см кривые твердости не достигают своего предельного значения. Близость по своим физическим свойствам материала испытываемого к материалу наковальни ослабляет эту зависимость числа твердости от толщины образца. Равным образом менее чувствительны к роду вещества подставки и материала сравнительно мягкие образцы. Весьма тонкие образцы толщиной в 11 мм дают в большинстве случаев ненормально высокий отскок; но твердость можно сделать почти не зависящей от толщины образца, если последний плотно накладывать на наковальню того же материала и той же термич. обработки. Значение твердости обусловлено не только толщиной образца, но при данной толщине также и объемом образца, напр., если объем изменяется от 6 до $\frac{1}{3}$ дм.³, то, как найдено Н. А. Минкевичем, твердость снижается от 102 до 78 или от 46 до 40,5. Согласно инструкции Шора масса испытываемого образца д. б. не менее 1 фн. Действие склероскопа существенно зависит от формы острия бойка, и потому можно заранее предвидеть значительное расхождение чисел твердости у одного и того же материала, полученных с разными склероскопами и разными экземплярами одной и той же модели. В табл. 19 сопоставлены дан-

Табл. 19.— Сходимость чисел твердости на склероскопах разных моделей.

Модель склероскопа	Закаленная сталь (эталон к прибору)		Отожженная сталь	
	Средн. значение	Пределы	Средн. значение	Пределы
Обыкновенная немецкая I	91,5	93—97	30,3	30—31
Обыкновенная немецкая II	103	101—105	34	33—35
Америк. с автоматич. отсчетом I	93	88—95	20,2	18—23
Америк. с автоматич. отсчетом II	99,9	99—102	29,4	21—37

ные К. М. Юрьева и А. М. Жукова по сравнительному испытанию одних и тех же материалов склероскопами различных моделей. Подобные же данные получаются при сравнении других материалов и других моделей. Как видно из приведенных данных, недостаточная сходимость чисел твердости заставляет пользоваться одним и тем же склероскопом, а при необходимости одновременного употребления нескольких—предварительно выяснять переводные ко-

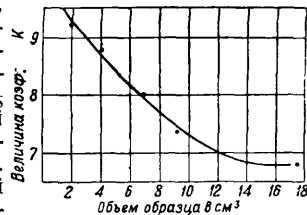
эффициенты от одного к другому на эталонах различной твердости. Изучение показывает, что склероскопы с отсчетом на-глаз (немецкая модель) надежнее склероскопов с автоматическим указателем (америк. модель), когда испытываются материалы сравнительно мягкие (твердость 36—20), и тут среднее отклонение может достигать 10%, тогда как в простых моделях оно не превосходит 1,5%. При испытании твердых материалов пригодны обе модели (среднее отклонение до 1,7%), но простая все-таки надежнее. Родственный склероскопу прибор построен Эвери (1912 г.). Здесь шарик вставляется в боек, о к-рый ударяется маятник. В других маятниковых молотках шарик сидит всагом маятнике, и удар наносится непосредственно последним. Твердость характеризуется по высотам поднятия и отброса маятника, прочитываемым на лимбе.

Вследствие сложности явлений удара и независимости друг от друга отдельных членов энергетич. баланса, к-рые при разных материалах могут иметь весьма различные соотношения между собой, нет оснований надеяться на какие-либо простые зависимости между динамич. твердостью H_D и другими числами твердости. Исследователи, сопоставлявшие данные о материалах разного рода (напр. В. Д. Кузнецов и М. Я. Соколов, 1928 г.), действительно пришли к скептич. выводам в указанном отношении. Несовпадение чисел твердости, полученных разными способами, относится не только к количественным соотношениям, но даже и к ранговому порядку, как напр. это видно из данных табл. 20, относившихся к карболиту

Табл. 20.— Ранговый порядок твердости карболита разных марок.

Род твердости	Ход твердости
Динамическая (по Шору)	Пр > Фур > К > Ж > Ф
Статическая (по Бринелю)	Пр > К > Фур > Ж > Ф
Поверхностная (по Мосу)	Ж > К > Ф > Пр > Фур
Поверхностная (по Мартенсу)	Ж > К > Ф > Пр > Фур

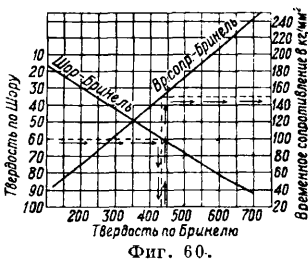
разных марок. Но тем не менее для определенных классов тел, б. или м. близких между собою, оказывается все-таки возможным установить некоторые связи динамич. твердости с другими ее видами. Так, по Вюсту и Барденгейеру (1922 г.) число твердости Шора H_S удовлетворяет соотношению $H_S : H_{Br} = 1,79$, независимо от рода и обработки металла, если только $H_{Br} < 500$. По Шнейдеру (1911 г.) и Берндту (1920 г.) отношение $H_S : H_{Br}$ убывает с возрастанием H_{Br} , но при термич. обработке, не изменяющей модуля упругости, отношение H_S к H_{Br} у одной и той же стали практически не изменяется. Для углеродистой стали $H_{Br} = kH_S$, причем коэф. k убывает с возрастанием образца, как показано на фиг. 59. При нормальных условиях испытания $k \approx 7$. Для более точного пересчета необходимо показание данного склероскопа сопоставить с числами Бринеля на



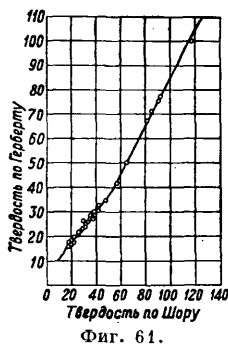
Фиг. 59.

При нормальных условиях испытания $k \approx 7$. Для более точного пересчета необходимо показание данного склероскопа сопоставить с числами Бринеля на

ряде эталонов и заранее построить номограмму. Согласно Валлихсу-Шальброху (1929 г.) $H_{Br} = -40 + 8,4 H_S - 0,03 H_S^2$ (ф-ла применима для мягкой стали с $H_{Br} < 300$). И. Н. Клининков указывает на постоянство отношения $H_S : q_{max}$ (где q_{max} — временное сопротивление) для данного рода материала. Так, углеродистая сталь характеризуется отношением 0,40, хромовая — 0,41, никелевая и хромоникелевая — 0,42. Т. о. по числу Шора (помножением его на 2,52; 2,45; 2,38 соответственно) можно судить о временном сопротивлении указанных материалов. В виду существования связи между H_{Br} и q_{max} , с одной стороны, и H_{Br} и H_S , — с другой, для каждого рода материала м. б. составлена диаграмма, подобная представленной на фиг. 60, позволяющая делать пересчет от динамич. твердости H_S к временному сопротивлению R_{max} . Зависимость H_S от числа твердости по Герберту м. б. для данного рода материала выражена графически, как это сделано напр. для углеродистой стали на фиг. 61; здесь за твердость по Герберту H_H принято время (в ск.) десяти одно-сторонних колебаний маятника массой в 4 кг. Заранее построенные номограммы такого рода для разных материалов позволяют производить пересчет от H_S к H_H и



Фиг. 60.



Фиг. 61.

обратно. Степень чувствительности склероскопа испытана сравнительно с чувствительностью испытания по Бринелю и по Виккерсу на ряде образцов из эвтектоидной стали, подвергнутой различной термич. обработке. При этом оказалось, что относительные изменения твердости (в %) по Шору с алмазным бойком и по Бринелю совпадают, число Шора со стальным бойком значительно отстает, а число Виккерса настолько же обгоняет повышение твердости по Бринелю. Так, если H_S со стальным бойком показывает возрастание на 100%, то H_{Br} и H_V со стальным бойком дают возрастание на 180%, а H_W — на 265%. Число Шора связывается с числом Бринеля соотношением

$$H_S + c = k_1 H_{Br},$$

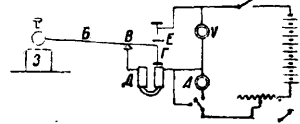
а число Роквелла — соотношением

$$H_R = \frac{a}{b - H_{Br}} - c.$$

Коэф-ты изменяются в зависимости от рода испытываемого материала.

Испытание утомлением. В отличие от ранее описанных способов деформации тела отпечаток на материале м. б. вызван небольшими, но многократными усилиями, хотя те же усилия при однократном наложении неспособны оставить какой-либо след на поверхности материала. Эта твердость на утомление может иметь практически весьма большое значение во всех случаях, где материалу по характеру службы приходится выдерживать постоянно повторяющееся напряжение, например рельсам в служ-

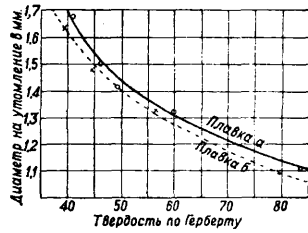
бе пути. Для подобных испытаний построен Н. Н. Давиденковым и Г. Н. Титовым (1928 г.) особый прибор, названный ими репетиционным склерометром. Схема его представлена на фиг. 62. Стальной шарик диам. 1 дм. прикреплен к стерженьку *Б*, вращающемуся на неподвижной оси *В*, снабженной платиновым контактом *Е*. Подвешенный на цепочке железн. якорь *Г*, протягиваясь к электромагниту



Фиг. 62.

Д, заставляет шарик ударять по одной точке образца *З*, зажатого в тиски, к-рые притягиваются к массивному бетонному фундаменту. Высота подскока шарика регулируется пружиной контакта и измеряется микрометренным винтом *И*. Испытание ведется в течение 2 ч. при высоте падения 35 мм и частоте — 5 ударов в ск. Через каждые 10—15 мин. измеряется диаметр отпечатка на восковых слепках с них. Как показал опыт, твердость на утомление (выносливость на смятие) не сводится к Бринелевской твердости на вдавливание и обнаруживает особое свойство материала; точно так же она мало связана с пределом упругости и с пределом текучести, но обнаруживает большую зависимость от прочности на разрыв. Наибольшая закономерность связи при изучении релеевой стали оказалась у твердости на утомление с твердостью по Герберту (фиг. 63).

Связь между твердостью и физико-химическими характеристиками тела. Твердость тел как проявление молекулярных связей, препятствующих выделению известной группы молекул или взаимному их смещению, должна находить себе соответствие в других свойствах тела, обусловленных теми же молекулярными силами. Соотношения этого рода изучены пока весьма недостаточно, но тем не менее уже и сейчас м. б. намечены известные соотношения. На первом месте тут стоит связь твердости с атомной концентрацией. Г. Кенггот (1852 г.) указал на взаимную связь твердости, уд. в. и мол. в. у изоморфных веществ. С возрастанием частного от деления уд. в. на молекулярный, т. е. числа молекул на единицу объема, или т. н. относительного уд. в., возрастает и твердость изоморфных тел; пример: корунд и гематит. Шредерфан-дер-Кольк (1912 г.) расширил указанное правило с изоморфных тел на любые (одна-



Фиг. 63.

ко с известными исключениями), заменив относительные уд. в. компактностью минерала, под которой этот исследователь разумел произведение из относительного уд. в. на число атомов в молекуле; с возрастанием компактности увеличивается и твердость тела. Боргстрем (1921 г.) подверг указанное соотношение новому видоизменению, вызвав компактность тел частым от деления уд. в. на средний ат. вес (где средний ат. в. получается как частное от деления мол. в. на число атомов в молекуле). Из этого выражения видно, что компактностью характеризуется число атомов в единице объема; чем больше

это число, тем более твердо соответственное тело—соотношение, подмеченное на ряде химич. элементов уже Боттоном (1876 г.); Бенедикс (1901 г.) подтвердил выводы Боттона и предложил назвать число атомов в единице объема атомной концентрации. А. т. к. кристаллич. решетка построена из атомов, а не молекул, то на основании указанного соотношения возникает аналогия как качественная, так и количественная между твердостью тела и давлением газа, состоящего из указанных атомов. Чтобы сжать газ из хлора и паров натрия до плотности каменной соли, необходимо давление 15 кг/мм²; твердость каменной соли на самом деле 20 кг/мм². П. П. Лазарев (1918 г.) подошел к той же связи между твердостью и атомной концентрацией и показал пропорциональность между силой, необходимой для вырывания атома с поверхности, и числом атомов в единице объема. Твердость, а также другие характеристики, к ней близкие, например предел упругости, возрастают параллельно атомной концентрации (табл. 21).

Табл. 21.—Соотношение атомной концентрации с пределом упругости у элементарных тел (по П. П. Лазареву).

Элементарное тело	Ат. вес	Ат. концентрация 200×с	Предел упругости G
Pb	207	11,0	0,3
Sn	118	12,38	4
Ag	108	19,26	11
Zn	65	21,51	10
Au	197	19,6	14
Pt	197,1	21,8	26
Po	107	22,11	27
Cu	63	28,28	12
Fe	56	27,5	32

Связь между силой, необходимой для удаления поверхностных атомов тела, с его твердостью *H* заставляет предполагать связь между твердостью тела и скрытой теплотой его плавления *Q*, отнесенной к грамм-атому. Как показывает вычисление, произведенное П. П. Лазаревым, отношение этих величин действительно обладает известной устойчивостью между 1 и 1,23; однако в отдельных случаях возможны резкие отступления как в одну сторону (3,96 Al, 2,40 Pt, 1,58 Pd), так и в другую (0,106 Ni, 0,11 Fe); последняя пара исключений вероятно связана с ферромагнитными свойствами. Подобным образом намечаются соотношения между твердостью и тепловым расширением тела, причем эти свойства идут антидромно: чем труднее удалить друг от друга атомы, тем менее увеличивается расстояние между ними при повышении *t*°. Пример этой антидромности показан в табл. 22; однако необходимо отметить, что указанное правило в ряде случаев оказывается нарушенным, в частности напр. на карбонитах. Твердость тела существенно связана

с его поверхностным натяжением; *t*°_{пл.} должна поэтому возрастать вместе с поверхностным натяжением. В табл. 23 даны характерные соотношения.

Табл. 22.—Антидромность теплового расширения и твердости тел.

Наименование материала	Коэф. теплового расширения α·10 ⁸	Тв. по шкале Моса	Абсолютн. тв. по Ауэрбаху
Алмаз	1,1	10	2 500
Топаз	7,0	8	525
Стекло	7,1—8,8	6,5—4,5	300—200
Железо	12,1	4	280
Золото	14,6	2,5	97
Серебро	19,9	2,5	91
Олово	22,3	1,5	11

Табл. 23.—Данные о поверхностном натяжении галоидо-щелочных солей.

Соли	Поверхностное натяжение, эрг/см ²		<i>t</i> ° _{пл.}
	при 0° К	*	
NaCl	150	114	800
NaBr	118	106	740
NaJ	96	86	768
KCl	107	96	661
KBr	92	86	728
KJ	75	75	667

* В расплавленном состоянии при *t*° несколько выше *t*°_{пл.}

ветствия между поверхностным натяжением и *t*°_{пл.} для галоидных солей Na и K: при переходе от хлорида к иодиду через посредство бромида поверхностное натяжение и *t*°_{пл.} падают. Однако при оценке твердости необходимо иметь в виду, что даже для кристаллич. тел твердость может зависеть от способа получения кристаллов и в частности у кристаллов из раствора меньше, чем при получении их из расплава (табл. 24). Связь твердости с атом-

Табл. 24.—Зависимость твердости галоидо-щелочных солей от происхождения (по В. Д. Кузнецову).

Соли	Число колебаний маятника *	
	Кристаллы из раствора	Кристалл из расплава
KJ	20,0	33,0
KCl	21,8	29,2

* Колебания затухают между амплитудами 2,0 и 1,0 см при нагрузке 1,125 кг.

ным строением тела, и тем самым с рядом других свойств, особенно наглядно выступает при распределении элементарных тел по атомному весу, что дает периодичность соответственных графиков. В табл. 25 сопоставлены значения

Табл. 25.—Периодичность твердости (по Мосу) у элементарных тел.

Li 0,6	Be (3,0)	B 9,5	C 10,0*1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N (0,2)*2	O (0,5)*2	F (0,2)*2
Na 0,4	Mg 2,6	Al 2,9	Si 6—7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	P 0,5	S 0,2	Cl (0,4)*2
K 0,5	Ca 1,5	Sc (3,0)	Ti (1,0)	V (6,0)	Sr 9,0	Mn (6,0)	Fe 4,5	Co (5,0)	Ni (5,0)	Cu 3,0	Zn 2,5	Ga 1,5	Ge (3,0)	As 3,5	Se 2,0	Br (0,6)
Rb 0,3	Sr 1,8	Y (3,0)	Zr (4,5)7,5	Nb (6,0)	Mo 8,5	—	Ru 6,5	Ir 6,0	Pd 4,8	Ag 2,7	Cd 2,0	In 1,2	Sn 1,8	Sb 3,0	Te 2,3	J (0,8)
Cs 0,2	Ba (2,0)	La (3,0)	Ce (3,0)	Ta (7,0)	W (9)7	—	Os 7,0	—	Pt 4,3	Au 2,5	Hg (1,5)*2	Tl 1,3	Pb 1,5	Bi 1,85	—	—

*1 Алмаз. *2 В твердом состоянии.

рицательное C). Положительное C : называется северным, отрицательное—южным. Дуги больших кругов, перпендикулярных к экватору, по к-рым отсчитывается C . небесных светил, называются к р у г а м и C . C . обозначают греческой буквой δ .

C . магнитной стрелки—угол, составляемый магнитным меридианом (см. *Земной магнетизм*) с плоскостью географического (истинного) меридиана. Если магнитная стрелка своим северным концом отклоняется к западу от географич. меридиана, C . называют западным (положительным); если же северный конец стрелки отклонен к востоку от географич. меридиана, C . называют восточным (отрицательным). На топографич. картах и планах обозначают иногда восточное склонение знаком $+$, а западное знаком $-$ по аналогии со знаками географич. долгот и знаками прямоугольных координат по горизонтальной оси. На фигуре NS —направление географического меридиана, ns —направление магнитной оси стрелки (магнитный меридиан), AB —направление на местности, NAB —истинный азимут C направления AB , угол nAB —магнитный азимут α , разность указанных углов, т. е. угол nAN ,— C . магнитной стрелки δ . Связь между истинным и магнитным азимутами выражается следующим ур-нем:

$$\alpha = C + \delta.$$

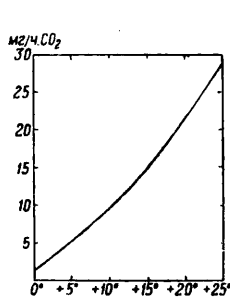
Если буссолью измерен магнитный азимут α , то по ф-ле можно вычислить истинный азимут.

Лит.: Иванов А. А., Курс сферической астрономии, Берлин, 1923; Витковский В. В., Топография, 3 изд., М., 1928. И. Мильников.

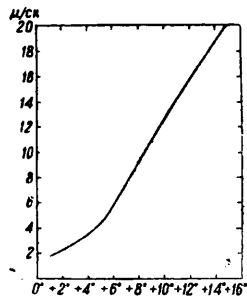
СКОРОПОРТЯЩИЕСЯ ПРОДУКТЫ, пищевые

продукты, б. или м. легко подвергающиеся порче и требующие для длительного хранения специфич. условий. C . п. можно разделить на две группы: продукты животного и растительного происхождения. К первой относят мясо различных животных, яйца, молоко; ко второй—плоды, овощи и грибы. Указанные продукты являются основными; кроме того существует большое количество продуктов их переработки, напр. бекон, колбаса, яичный меланж, коровье масло, маргарин, замороженные плоды и т. п. Основные C . п. характеризуются большим содержанием воды: мясо млекопитающих животных 48—79%, битая птица 38—76,2%, рыба 62—81,5%, яйца 73,81%, плоды и овощи 75—95%, грибы 77,1—92,63%. Указанные продукты содержат кроме того большое количество таких питательных веществ, как азотистые вещества, углеводы, жиры, а потому представляют собою прекрасную среду для жизнедеятельности микроорганизмов, которые вместе с ферментами и являются причиной их порчи. Микроорганизмы могут развиваться при наличии благоприятной t° , откуда вытекают и два способа консервирования скоропортящихся продуктов: 1) о х л а ж д е н и е и 2) с т е р и л и з а ц и я (или собственно консервирование). Понижение t° задерживает развитие микроорганизмов (бактерий, плесеней и дрожжей), но в большинстве случаев от холода они не погибают; так, нек-рые бактерии (*Vacillus coli*) выдерживают пребывание в жидком водороде в течение 10 ч.; твердая углекислота (—79,3°) богата спорами гнилостных и других

бактерий; некоторые виды дрожжей могут развиваться при t° от 3 до 5° и не убиваются при —130° в течение 100 часов; пределом развития *Sporotrichum carnis* можно считать —10°; при 0° рост этой плесени происходит почти в 10 раз медленнее, чем при t° в 20°. Гнилостные процессы наиболее интенсивно протекают при t° от 20 до 35°; ниже 0° гниение происходит не может. Также замедляется и деятельность ферментов при понижении t° как в живых, так и в мертвых организмах, напр. в процессе дыхания плодов сахар и органич. к-ты разлагаются на воду и CO_2 ; по количеству выделенной ими углекислоты можно судить об интенсивности процесса дыхания: у винограда при понижении t° с 25,2 до 0,1° интенсивность дыхания, а следовательно и потеря сахара, уменьшается почти в 20 раз (фиг. 1). Замедляется и движение протоплазмы в живой растительной клетке, напр.



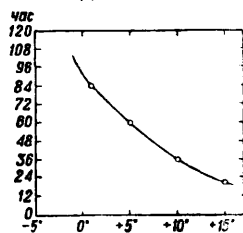
Фиг. 1.



Фиг. 2.

у *Nitella synagra* (фиг. 2). То же самое происходит при хранении C . п., в состав к-рых входят жиры: гидролиз последних, а следовательно и связанный с ним процесс увеличения кислотности жира замедляется, так как липазы делаются менее активными. Созревание мяса (автолиз) с повышением t° ускоряется: при 0° для этой цели требуется 10—14 дней, при обыкновенной t° оно заканчивается приблизительно в 24 ч. На указанном свойстве и основаны заготовка и хранение мяса в охлажденном состоянии. При понижении t° рыба долго сохраняет состояние окоченения (фиг. 3); последнее является признаком ее доброкачественности.

По методу обработки C . п. можно разделить на две группы: а) о х л а ж д е н н ы е, подвергающиеся действию t° не ниже 0° (в Англии норма не ниже —3°), физич. свойств не изменяют и могут сохраняться ограниченное время и б) з а м о р о ж е н н ы е при t° ниже точки замерзания, изменяющие свои физич. свойства (переход в твердое состояние), более прочные при хранении. Замораживание является причиной изменений в C . п. химич. и физич. характера. К химич. изменениям надо отнести напр. потемнение яблок при оттаивании от перехода под влиянием оксида дубильных веществ в темноокрашенные флорафены в том случае, когда оболочки клеток при замораживании разрушаются. Причины изменений физич. порядка таковы. 1) Вода в клетках при замораживании расширяется, от чего клеточная и протоплазматич. оболочки должны испытывать значитель-



Фиг. 3.

ное давление. Чтобы ослабить последнее, считали раньше необходимым производить процесс замораживания медленно, но оказалось, что указанные оболочки обладают достаточной упругостью, чтобы противостоять давлению, и повреждения в тканях могут иметь место только в том случае, если в них образуются скопления льда больших размеров. 2) В клеточной ткани содержатся водные растворы различных веществ. При постоянной t° (t° заморзания) вымерзает не вся вода. В процессе заморзания t° постепенно понижается. Это происходит потому, что при заморзании выделяется чистый лед, причем концентрация жидкой фазы при понижении t° постепенно увеличивается, пока наконец при достижении криогидратной точки оставшаяся жидкость не замораживает как однородное тело. Вымерзает только несвязанная вода, напр. при замораживании водных растворов желатины количество связанной воды, т. е. не поддающейся вымерзанию, равно ок. 34.5%. При -4° мясо принимает однородную консистенцию, но из него можно выдавить еще капли жидкости; при t° от -8 до -10° мясо можно считать замороженным (вымерзает около 80% воды). Величина кристаллов льда зависит от скорости замораживания, т. е. от той скорости, с к-рой теплота отнимается от замораживаемого продукта. При медленном замораживании получаем небольшое число крупных кристаллов и, наоборот, при быстром—большое количество мелких. Т. о. чем ниже взята t° замораживания, тем однороднее получается структура замороженного продукта. При достаточно большой скорости замораживания мелкие кристаллы равномерно располагаются в оставшейся вязкой жидкости. При очень низких t° благодаря этому можно достигнуть почти аморфного состояния льда в замороженном продукте. 3) Те растворы, которые находятся внутри животных и растительных тканей, являются коллоидами. Замораживание сопровождается увеличением концентрации находящихся в золе электролитов. Если это увеличение достигает такой величины, что порог коагуляции будет перейден, то золь коагулирует. Наоборот, если первоначальная концентрация электролитов очень мала, то и замораживание не будет в состоянии ее повысить настолько, чтобы могло иметь место разряжение ультрамикронов ниже их критич. потенциала. В первом случае будет иметь место необратимый процесс, во втором—обратимый, т. е. при оттаивании мы можем получить продукт с первоначальными его свойствами. При замораживании тканей животных и растительных продуктов в первую очередь в твердое состояние переходит вода, находящаяся в межклеточных пространствах, т. к. растворы в последних имеют более слабую концентрацию, а следовательно и более высокую t° заморзания, чем внутри клеток. Т. к. давление пара над жидкостью больше, чем над льдом, то в процессе замораживания происходит диффузия водяного пара из клеточек в межклеточные пространства, от чего количество льда в них увеличивается. Ледяные прослойки, благодаря расширению воды при заморзании, отрывают клетки одну от другой, сдавливают их, от чего структура тканей сильно изменяется. Чем медленнее проходит процесс замораживания, тем больше воды перейдет из клеток в межклеточные пространства, тем больше изменений произойдет в структуре тканей. Следовательно при замораживании

имеют место процессы, аналогичные высушиванию, с той лишь разницей, что вода в виде льда остается непосредственно в самой ткани. Так как вода в быстро замороженном продукте в виде льда более равномерно распределяется в тканях, то при оттаивании в этом случае набухание коллоидов за счет воды будет происходить более совершенно, чем в случае медленно замороженного продукта, где будет иметь место потеря значительного количества воды за счет вытекания из межклеточных пространств. Чтобы обратный процесс при оттаивании происходил полнее, необходимо медленно оттаивать продукт, чтобы по мере оттаивания талая вода успевала впитываться протоплазмой. 4) Для своей жизнедеятельности микроорганизмы требуют влаги; при недостатке влаги они развиваться не могут. Последнее является основным условием для хранения мяса в охлажденном состоянии: на поверхности туши при подсушивании холодным воздухом получают корочку из воды, к-рая защищает мясо от развития на нем микроорганизмов. 5) Замораживание в воздухе и хранение С. п. сопровождается потерей ими воды через испарение (усушка). Величина последней зависит от степени влажности и скорости движения воздуха, с одной стороны, и от сопротивления, оказываемого тканями продукта, передвижению воды из более глубоких слоев к поверхности его,—с другой. Скорость испарения влаги повышается с понижением влажности. Слишком низкая влажность (75—80%) является причиной потери большого количества воды через испарение. Слишком высокая (90—100%) способствует развитию микроорганизмов на поверхности продукта, а следовательно порче последнего. Т. о. для большинства продуктов наиболее благоприятной при хранении является влажность 80—90%. 6) Если вынести охлажденный продукт в помещение с более высокой t° , то поверхность продукта делается влажной от выпадения на нее росы. Но вместе с росой осядут на поверхность продукта носящиеся в воздухе микроорганизмы, что может повести к его порче. Отсюда возникает необходимость в дефростации и (согревании) нежных продуктов перед выпуском из холодильника.

Исходя из сказанного, следует считать необходимым: а) не допускать загрязнения продукта во время его заготовки, обработки, хранения и транспорта, чтобы уменьшить этим количество микроорганизмов на нем; б) подвергать С. п. возможно быстрому охлаждению (туши после убоя и разделки, плоды после съемки); в) быстро замораживать; г) хранить замороженные С. п. при t° не выше -10° , чтобы не допустить развития плесеней, а охлажденные—при t° , близкой к 0° , не допуская колебаний t° ; д) размещать С. п. при замораживании, а уже охлажденные при остывании и хранении т. о., чтобы они со всех сторон обмывались воздухом; е) регулировать надлежащим образом влажность; ж) подвергать перед выпуском из холодильника охлажденные С. п. (яйца, плоды) дефростации, т. е. постепенному согреванию до t° выше точки росы окружающего воздуха (в зависимости от t° и влажности последнего), чтобы избежать их увлажнения; з) производить тщательную уборку и периодич. дезинфекцию помещений холодильника (камер хранения, морозилок и т. п.).

Скорость замораживания пропорциональна количеству тепла, отнимаемого от заморажи-

ваемого продукта в единицу времени. Из ур-ия теплопередачи $Q = a \cdot F(t_1 - t)$, где a —коэф. теплопередачи, F —поверхность продукта, t —темп-ра продукта, а t_1 —охлаждающей среды, видно, что, понижая t° замораживания с -10 до -20° или -30° , мы можем увеличить скорость замораживания в 2 или 3 раза, но этого недостаточно, чтобы получить продукт с мелкокристаллич. структурой; для этого необходимо понижение t° не менее, чем в 20 раз. Можно было бы достигнуть этого увеличения поверхности продукта при помощи разрезывания последнего на куски, но это не всегда возможно, т. к. ухудшает наружный вид продукта, увеличивает усушку и т. п. Кроме того чрезмерное понижение t° ведет к увеличению % вымерзания воды, что неблагоприятно отражается на обратимости процесса оттаивания. Поэтому остается увеличить коэф. теплопередачи a посредством замораживания в жидкой среде (напр. в рассоле из поваренной соли), т. к. теплоемкость последнего, уд. в. и теплопроводность выше, чем для воздуха. Скорость замораживания можно еще больше увеличить, если жидкость подвергать перемешиванию при помощи мешалки. Жидкая среда, в к-рой производится замораживание, не должна оказывать вредного влияния на продукты и кроме того она должна обладать достаточно низкой t° замерзания. Этим условиям удовлетворяет раствор NaCl. Чтобы уменьшить проникновение соли в продукт, предлагалось делать раствор осмотически нейтральным, т. е. вести процесс замораживания в замерзающем рассоле при постоянной t° , с предварительным охлаждением продукта почти до t° его замерзания, одновременным погружением небольшого количества продукта в больший объем рассола при сильной циркуляции последнего (1-й способ Оттезена) или же добавлять (2-й способ Оттезена) в рассол глицерин для понижения t° замерзания осмотически нейтрального рассола (5% глицерина понижает t° замерзания на 1°). В том случае, когда непосредственно после замораживания в рассоле производится промывка продукта (рыбы, птицы и т. д.) теплой водой, проникновение соли оказывается очень небольшим (табл. 1).

Табл. 1.—Содержание NaCl в обрабатываемом продукте (%).

Обрабатываемый продукт	До замораживания	После замораживания и промывки
Судак	0,07—0,11	0,18—0,019
Сазан	0,18	0,225—0,275
Куры	0,13—0,16 *1	0,17 *1
	0,6—0,7 *2	0,6—0,9 *2

*1 В коже. *2 Во внутреннем слое.

Однако в промышленном масштабе даже и после промывки соль в незначительном количестве остается у рыбы под чешуей, около плавников, в жабрах, что имеет следствием напр. побурение жабр, чем и отличается мокромороженая рыба от сухомороженной. При тщательной обработке сухомороженая рыба и птица могут сохраняться в хорошем состоянии.

Скорость замораживания можно определить след. обр.: 1) измерением t° во время замораживания, причем термометр (в металлич. опрае) или телетермометр вставляется в наиболее толстую часть продукта (у рыб в спинные

мускулы или же через анальное отверстие на глубину 10 см); 2) пробными разрезами продукта и определением толщины замороженного слоя через определенные промежутки времени; 3) калориметрич. методом путем определения количества «холода», аккумулированного продуктом. Т. к. указанные определения являются очень кропотливыми, то были сделаны попытки применения для этой цели эмпирич. уравнений, напр. Планком для рыбы:

$$Z = c \cdot \frac{d(d+0,03)}{t-1},$$

где Z —время в часах, d —наименьший диам. в наиболее толстой части рыбы, $(t-1)$ —разница между t° рассола и условной точки замерзания рыбы (-1°), c —постоянная, зависящая от толщины слоя жира (для тощей рыбы—4 000, жирной—3 000); ур-ие Денкерлея: $Z = \frac{Z_1 \cdot 20}{30-t}$, где Z_1 —время замораживания при $t^\circ - 12,2^\circ$, а t —темп-ра, при к-рой предполагают замораживать рыбу. Время Z замораживания в рассоле рыбы различной толщины видно из табл. 2.

Табл. 2.—Время замораживания рыбы в рассоле.

d , м	0,04	0,10	0,15	0,20
-18°	30 м.	2 ч. 18 м.	4 ч. 46 м.	8 ч. 07 м.
-20°	27 м.	2 ч. 03 м.	4 ч. 16 м.	7 ч. 16 м.

Приводим сравнительные данные о скорости замораживания в рассоле и воздухе: 1) для кур весом около 1 000 г 50 мин. в рассоле при -18° и 44—47 ч. в воздухе при t° от -11 до -12° ; 2) для задней говяжьей четверти 8 ч. при -15° и около 48 ч. при -18° . Температура замерзания характеризуется на диаграмме постоянной t° (площадкой), соответствующей замерзанию большей части воды (в интервале от -1 до $-1,5^\circ$ это количество равно 42,1%) и выделению скрытой теплоты таяния льда. С увеличением скорости замораживания площадь делается менее заметной. При хранении С. п. величина кристаллов льда изменяется в сторону их увеличения (напр. в рыбе через 2 мес. хранения при t° от -2 до -10° вместо 25 μ до 160 μ).

Существует много методов для замораживания продуктов в рассоле. Из них отметим следующие: 1) замораживание погружного типа; установка по Оттезену: корзины из оцинкованного железа ставятся друг на друга и при помощи подъемного крана опускаются в рассол; при более тесной укладке рыбы (более 200 кг) на 1 м³ рассола время замораживания удлиняется, т. к. в этом случае приходится замораживать уже не отдельные рыбы, а большую массу рыб, между к-рыми рассол не может циркулировать; 2) замораживание погружного типа в движущемся (со скоростью 1 об/м.) барабане (сист. Оттезена); диам. барабана до 2 м, длина до 4,5 м; по длине он разбит на три отделения, что дает возможность замораживать крупную рыбу до 1,5 м длины; в поперечном разрезе он представляется разделенным на 12 секторов; замораживание производится при помощи орошения рыбы сильной струей рассола; 3) замораживание конвейерного типа (сист. Тейлора): рыба, орошаемая сверху рассолом, движется через туннель с такой скоростью, чтобы при выходе из него она была совершенно замороженной; перед поступлением в туннель и после выхода из него рыба подвергается промывке водой (в последнем случае для отмывания ча-

стиц соли и образования на поверхности рыбы ледяной корочки—глазури—для предохранения рыбы от усушки). При погружении рыбы непосредственно в рассол последний с течением времени загрязняется от чешуи и слизи, поэтому рассол необходимо подвергать фильтрации (угольные или металлические сетчатые фильтры). В рассоле можно часто наблюдать пенообразование, производящее иногда такое сильное давление на крышку морозильного бака, что последнюю нельзя бывает закрыть. Причиной такого явления надо считать также засасывание воздуха рассолом во время его циркуляции. Планк предложил для освобождения от пены производить нейтрализацию рассола добавлением небольшого количества HCl и устранять причины, вызывающие засасывание воздуха. Замораживание рыбы при непосредственном погружении последней в рассол должно сопровождаться последующей промывкой рыбы теплой водой и глазуровкой посредством погружения в ледяную воду. Нильсеном для устранения контакта с рассолом было предложено предварительное охлаждение в течение нескольких часов свежемывтой влажной рыбы в камере с $t^{\circ} -15^{\circ}$ для подмораживания слизи и ее глазуровки; опыты Планка показали целесообразность такой обработки рыбы перед замораживанием по 1-му способу Оттезена, но это усложняет производственный процесс. Быстрое замораживание непосредственно в рассоле применяется в настоящее время только для рыбы и отчасти для птицы; мясо от соприкосновения с рассолом буреет вследствие перехода α -гемоглобина в m -гемоглобин. В качестве средства, предупреждающего это явление, Эстерт прибавлял в рассол $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_3 и др.; Хейсс применял предварительное выдерживание мяса в атмосфере CO . Чтобы избежать влияния рассола на замораживаемые С. п., применяют замораживание без контакта с ним: 1) по способу Петерсона рыбу укладывают плотно в формы, которые затем погружают в рассол из CaCl_2 с t° от -30 до -35° ; блок толщиной в 10 см промерзает при таких условиях в $2\frac{1}{2}$ часа; 2) по его же способу—индивидуальное замораживание в формах из тонкого и упругого металла, плотно прилегающего к замораживаемому продукту.

В условиях социалистич. хозяйства приобретает особенно важное значение в смысле уменьшения потерь и использования отходов замораживание продуктов в виде филе (рыбы, мяса, птицы), т. е. мяса без костей, кожи и пр. Все отходы используются на месте производства. Замораживание филе производится: 1) по способу Кольбе в коробках с воздушным затвором; коробки опускаются в рассол группами по 20 шт. одновременно; 2) по способу Бердсея, где филе в коробках (из пропитанного парафином картона, целлофана или других материалов) движется от одного конца установки до другого между двумя конвейерами из листов нержавеющей стали, причем каждый конвейер со стороны, противоположной продукту, орошается рассолом из CaCl_2 с t° от -43 до -45° ; 3) по способу Кука (-23°) и Бердсея (ок. -32°) замораживание производится в шкафах между полыми плитами, расстояние между к-рыми может регулироваться и внутри к-рых циркулирует рассол. Необходимо отметить также способ Z, при котором замораживание производится в распыленном рассоле орошением продукта или путем

непосредственного контакта с ним или же в упаковках, как указано выше. Замораживание без контакта с рассолом применяется для филе, ягод, плодов, овощей и т. п. Замораживание кроме того может производиться также в охлаждающей смеси льда с солью или в рассоле, полученном из нее.

Термич. обработка и хранение С. п. должны производиться следующим образом.

Мясо охлажденное: а) охлаждение в охлаждаемой остывочной при 0° и усиленной циркуляции воздуха по сист. «спрай». Туши или их части подвешиваются т. о., чтобы они не касались друг друга и омывались со всех сторон воздухом; на поверхности мяса д. б. получена корочка и подсыхания; б) хранение в подвешенном состоянии при $t^{\circ} 0-1^{\circ}$ и влажности 80—90%. Охлажденное мясо можно хранить 3—4 недели, а при периодич. дезинфекции его формалином—до 4 мес. Процесс созревания завершается в 10—14 дн. Мясо мороженое: а) процесс охлаждения производят, как и в предыдущем случае; б) замораживание при t° не ниже -18° и 90% влажности и в) хранение возможно 6—8 мес. при t° не ниже -10° и 90—95% влажности и до 1 мес. при t° от -6 до -7° . Для замораживания мяса или подвешивается или раскладывается т. о., чтобы оно омывалось со всех сторон воздухом; при хранении мясо укладывают штабелями до 2,5—3 м высоты. Копченые продукты: кратковременное хранение при t° от -1 до -2° ; длительное при t° от -5 до -6° , влажность 70—80%. Солонина: хранение при t° от -1 до $+2^{\circ}$ и 90% влажности. Рыба живая в ледяных блоках: постепенное охлаждение в течение 15—18 ч. до 0° в воде, замораживание при t° от -9 до -10° и медленное оттаивание при 0° . Рыба свежая во льду при t° от $+7$ до -1° при 90% влажности. Рыба мороженая: тощая при t° от -10 до -12° ; жирная при t° от -20 до -23° ; рыба соленая в бочках при t° от -1 до -2° и 90% влажности; сельди: а) соленые—от 0 до -4° и 95—100% влажности, б) копченые—от -7 до -4° и 85% влажности. Анчоусы в бочках при t° от -2 до -4° и 90% влажности. Икра при t° от 0 до -2° и 80—90% влажности. Птица битая при t° от -10° и 85% влажности до 6—9 мес. Гуси при t° от -6 до -19° и 85% влажности. Яйца при t° от 0,5 до -1° и влажности 85% ($-1,5^{\circ}$ и даже $-2,5^{\circ}$ в зависимости от свежести). Яичный меланж при -10° . Яйца (в известковом растворе, в растворяемом стекле)—ок. -1° . Молоко при t° от 0 до $+2^{\circ}$. Сметана при t° от -1 до $+1^{\circ}$ (при пересортировании бочек через 1—2 недели) 2—2 $\frac{1}{2}$ мес. Творог при $t^{\circ} 0^{\circ}$ и 75% влажности. Сливки: кратковременное хранение при t° от -1 до -2° , длительное хранение при t° от -12 до -15° . Масло сливочное: кратковременное хранение (1—1,5 мес.) при t° от 0 до -5° ; длительное хранение (9 мес. и более) при $t^{\circ} -10^{\circ}$ (в США до -20°). Сыры (в зависимости от сорта)—созревание при t° от $+10$ до $+20^{\circ}$, хранение при 0 до $+5^{\circ}$ (на полках) при влажности 70—85% и циркуляции воздуха 0,2 м/сек. Маргарин при t° от -4 до -6° и 75% влажности при длительном хранении и при 0° при кратковременном хранении. Для плодов и овощей большое значение имеет возможно быстрое охлаждение (или в камере холодильника или же в вагоне посредством станции предварительного охлаждения).

В табл. 3 указаны наилучшие условия для хранения плодов и овощей.

В последние годы в США получило большое распространение замораживание плодов и ягод: 1) без сахара, 2) в сахаре (песке), 3) в сахарном сиропе. Отсортированные ягоды д. б. подвергнуты предварительному охлаждению, так же как и сахар или сироп, до 0° ; после этого охлаждения плоды и ягоды укладывают в бочки жестянки, картонную пропарафинированную тару (коробки, стаканы, бутылки и пр.), пересыпают сахаром (25; 33; 50%) или же заливают сиропом. Замораживание производят при -18° , а хранение при -10 до -12° (сохраняются до 1 года); при добавлении бензойнокислого натрия хранение может происходить и при -3° . При замораживании в герметич. таре применяют вакуумную закатку. Абрикосы, персики, яблоки, груши в ломтиках, зеленые бобы, горошек, спаржу и другие плоды и овощи перед замораживанием подвергают бланшировке, чтобы избежать их потемнения. Опыты у нас и в США показали, что молоко в замороженном виде может сохраняться без ухудшения качества в гер-

Табл. 3.—Условия и продолжительность хранения плодов и овощей.

Наименование	t° хранения в °С		Влажность в %	t° замораживания в °С		Продолжительность хранения
	от	до		от	до	
Абрикос	0	0	90	-1,26	1,75	2—3 недели
Айва	0	1,0	80—85	-2,20	—	—
Апельсин	0	2,0	—	-2,1	—	при длит. хранении при кратковр. хранении
	6,0	8,0	—	-2,1	—	
Арбуз	0	1,0	80—85	—	—	до янв. месяца
Бобы зелен.	2,0	2,0	90—90	—	—	2—3 недели
Бататы	5,0	6,0	73—75	-1,73°	—	—
Брусника	2,0	2,0	90—90	-1,70	—	2 недели
Брюква	0	1,0	75—80	-0,98	—	—
Виноград	0	1,0	90—90	-2,13	—	2—3 месяца
Горошек зел.	0	1,0	80—80	-1,1	—	5—10 дней
Груши	-1,0	0	85—90	-1,82	-1,97	до 8 мес. *1
Цыня	0	1,0	80—85	-1,7	—	—
Ежевика	0	0	90—90	-1,50	—	7—10 дней
Земляника	0	0	90—90	-0,85	-1,75	2—3 недели
Капуста (в зав. от сорта)	-0,5	-0,2	80—85	-2	-3	до 1 года
Картофель	0,5	2,0	80—85	-1,49	—	—
Клубника	0	0	90—90	-0,85	-1,75	2—3 недели
Кольраби	0	2	75—80	-1,1	—	—
Крыжовник	-1,0	—	90—90	-1,71	—	6 недель
Лимон	3,0	4,0	98—84	-2,20	—	—
Малина	0	0	90—90	-0,88	-1,79	5—7 дней
Мандарины	1,0	2,0	—	-1,70	—	15—30 дней
Морковь (длинная)	0	1,0	80—82	-1,3	-2,0	—
Огурцы	0	1,0	85—90	-0,53	—	3 недели
Персики	0	1,0	85—90	-1,04	1,43	6 недель
Редис	0,6	-1,0	80—85	-0,6	—	—
Реза	0	2,0	80—80	-1,1	—	—
Рябина	0	1,0	80—85	-2,20	—	—
Свекла	0	1,0	80—80	-1,25	-1,82	—
Сельдерей	0	1,0	85—85	-1,1	—	—
Слива	0	0	90—90	-1,70	-1,93	3—4 недели *2
Слива японск.	1,5	—	90—90	-1,70	-1,93	2—2½ мес.
Смородина	0	1,0	90—90	-0,99	—	—
Томаты	0	0	85—90	-0,88	-0,68	5 недель
Тыквы	0,5	-1,5	89—82	-1,1	—	1—3 мес.
Яблоки	-1,0	0	85—90	-1,70	-2,05	3—12 мес.

*1 В зависимости от сорта. *2 Венгерка 2—3 мес.

метически закрытой посуде (и под вакуумом). CO₂ задерживает развитие микроорганизмов, а потому может с успехом применяться для хранения С. п., напр. яйца хорошо сохраняются при -1° в течение года в 88% CO₂ и 12% N, также яблоки при +8° и 10% CO₂, 11% O₂ и 79% N. Излишнее количество CO₂ на примере яблок может иметь следствием интрамолекулярное дыхание и появление в них коричневой сердцевинки (brown heart).

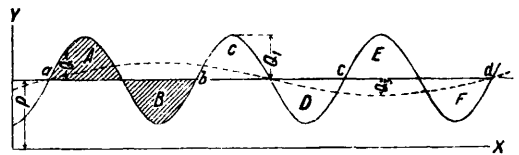
Лит.: Планк Р. П., Новейшие достижения в холодильной технике, М., 1932 (печ.); Черевитинов Ф. П., Химия и товарооборот свежих плодов и овощей, М., 1930; Туманов В. А., Зимостойкость растений, М.—Л., 1931; Наумов В., Химия коллоидов, Л., 1930; Монвуазен А., Холодильное хранение пищевых продуктов, М.—Л., 1930; Расовет Е., La technique de la production du froid et ses applications modernes, P., 1920; Hirsch M., Die Kältemaschine, В., 1924; Zargotschenzeff M. T., Between Two Oceans, L., 1930; Behefte zur «Zeitschrift f. die gesamte Kälte-Industrie», Karlsruhe, 1927 u. 1928, Н. 1, 2, 3; Tamm W., Die Kühlung von Fleisch, В., 1930; «Food Investigation Board Special Report», London, 1926, 26, 1927, 30, 1929, 36; «Report of the Food Investigation Board for the Year», London, 1927—30.

СКОРОСТЬ КРИТИЧЕСКАЯ поршневого двигателя, или критич. число оборотов рабочего вала таких двигателей. Под критич. скоростью следует понимать такое количество оборотов рабочего вала, при к-ром периодически изменяющиеся силы и моменты двигателя вызывают во всем двигателе, в одной или нескольких его основных частях или в связанном с ним фундаменте и т. п. более или менее резкие вибрации, вредно влияющие на правильную работу двигателя.

Зная периоды изменения этих сил и моментов, мы можем разложить их на составляющие гармоники (см. *Гармонический анализ*) и исследовать влияние каждой из этих гармоник на упомянутые вибрации. Каждая из этих составляющих гармоник способна вызывать соответствующие вибрации, если собственный период упругого колебания вибрирующего двигателя или его частей совпадает с периодом данной гармоники или сравняется с тройным, пятерным и т. д. периодом этой гармоники (см. *Колебательное движение*). Скорость двигателя (количества оборотов его вала), достигнутая при этом, носит название критической по отношению к данной гармонике. Т. о., если период какой-либо из составляющих гармоник равняется напр. 0,1 ск., то эта гармоника и вместе с нею соответствующая скорость двигателя будет критической по отношению к тем частям двигателя, собственный период колебания к-рых равняется 0,1 ск., 0,3 ск., 0,5 ск., 0,7 ск. и т. д. Доказать это положение

можно следующим образом.

Представим себе напр., что тангенциальные силы на кривошипе какого-либо двигателя изменяются по изображенной на фиг. 1 гармонич.



Фиг. 1.

кривой с периодом $ab = t$ ск. Если упругий вал этого двигателя или какая-либо связанная с ним часть, напр. пропеллер, обладает собственным периодом вибрации, также равным t ск., то синхронизация этих периодов неминуемо должна вызвать чрезвычайное усиление колебательных движений вибрирующего тела. Для упрощения рассмотрения вопроса можно представить себе вал двигателя подверженным скручиванию двумя силами: одной—постоянной P , к-рая равняется расстоянию средней линии нашей кривой от нулевой линии и не может вызвать вибраций, и другой—переменной Q , изменяющейся от наибольшей положительной до наибольшей отрицательной величины, причем изменение этой силы происходит по показанной на фиг. 1 гармонич. кривой. Т. о. мы в нашем примере можем рассматривать только силу Q . Эти силы при синхронизации их периодов с естественным (собственным) периодом вибраций

рассматриваемой части двигателя увеличивают эти вибрации до тех пор, пока импульсы молекулярных и других сил, сопровождающих эти вибрации, не начнут поглощать при каждом новом колебании импульс сил $A + B = 2A$, величина которого равна сумме заштрихованных площадей. Когда достигается это равенство между импульсами крутильных моментов, действующих на наш вал двигателя, и импульсами внутренних молекулярных сил, являющихся следствием упругого гистерезиса, а также импульсами и других сил, напр. сил трения, сопровождающих крутильные вибрации вала, последние приобретают устойчивый характер, при котором амплитуда колебаний становится величиной постоянной. Энергия этих импульсов превращается при этом в теплоту молекулярного движения материала вала и внешнего трения при его вибрационном движении.

При постепенном увеличении скорости двигателя выше критической постепенно уменьшаются вибрации соответственных частей, пока наконец совсем не прекратятся в тот момент, когда естественный период вибрации этих частей не станет равным $2ab = 2t$. В этом случае вибрации развиваться не могут, т. к. сумма импульсов сил Q в течение каждой половины периода вибраций и следовательно в течение всего периода равна 0. При дальнейшем увеличении скорости двигателя, когда естественный период вибрации соответствующих частей двигателя становится равным $ac = 3ab = 3t$, скорость двигателя становится снова критической, причем сумма импульсов сил Q в течение каждого периода вибрации снова становится равной импульсу $2A = A + C - B + D + F - E$. Как трудно видеть, амплитуда возникающих при этом под влиянием сил Q вибраций будет в три раза меньше амплитуды Q_1 (см. ниже). Следовательно критич. скоростями двигателя по отношению ко всему двигателю или к какой-либо из его частей являются такие скорости его, при которых естественный период вибраций этих частей равняется $t, 3t, 5t, 7t, \dots$, где t — период изменения сил двигателя. Отсутствием вибраций этих частей отличаются такие скорости двигателя, при которых этот естественный период равняется $2t, 4t, 6t, \dots$. При постепенном уменьшении скорости двигателя ниже первой критич. скорости рассматриваемые вибрации постепенно уменьшаются и становятся равными 0 при скорости двигателя, при которой естественный период вибраций равняется $1/2 t$. При дальнейшем уменьшении скоростей двигателя вибрации развиваться не могут.

Высказанное нами положение, касающееся критических скоростей двигателя, можно формулировать также и сл. обр.: данная скорость двигателя будет критической по отношению к тем частям двигателя, собственный период вибраций которых равен нечетному числу периодов t , т. е. равен $t, 3t, 5t, 7t, \dots$. Наоборот, эта же скорость будет наиболее благоприятной, не вызывающей никаких вибраций по отношению к тем частям двигателя, естественный период вибраций которых равен четному числу периодов t , т. е. равен $2t, 4t, 6t$ и т. д.

Как уже было показано, при всех этих критич. скоростях двигателя импульс сил, поглощаемый упругим гистерезисом соответствующих вибрирующих частей, равен $2A$ (фиг. 1), причем

$$A = Q_1 \cdot \frac{t}{\pi} = Q_3 \cdot \frac{3t}{\pi} = Q_5 \cdot \frac{5t}{\pi} = \dots$$

Отсюда

$$Q_1 = 3Q_3 = 5Q_5 = \dots$$

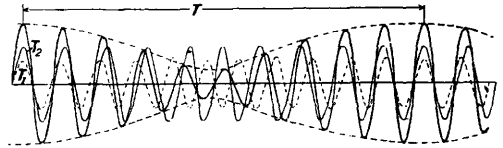
После всего сказанного остается решить вопрос о том, каковы будут колебания упругого тела, когда его собственный период колебания не совпадает ни с четным ни с нечетным числом периодов внешних сил, действующих на данное тело и изменяющихся гармонически. В этом случае мы имеем дело с т. н. комбинированным колебанием с постоянно изменяющейся амплитудой, то увеличивающейся то уменьшающейся. Как его амплитуда P , так и сдвиг фазы θ являются величинами переменными, зависящими от времени t . Подобные колебательные движения известны в физике под названием биений. Амплитуда P определится из уравнения

$$P^2 \sin^2 \theta + P^2 \cos^2 \theta = P^2 = C_1^2 \sin^2 \Delta\gamma + [C + C_1 \cos \Delta\gamma]^2 = C^2 + C_1^2 + 2CC_1 \cos \Delta\gamma,$$

где $\Delta\gamma$ есть разность периодов. Из этой формулы видно, что амплитуда P изменяется в пределах от $\pm(C + C_1)$ до $\pm(C - C_1)$, причем это изменение происходит в течение некоторого периода времени $T = \frac{2\pi}{\Delta\gamma}$. Так, если бы собственный период колебания упругого тела отличался от периода гармоник внешних сил на $1/10$ долю последнего, т. е. если бы $\Delta\gamma = 0,1$, то период T был бы в 10 раз больше периода T_1 гармоник внешних сил. Период T называется периодом биения и ф-ла его пишется в виде

$$T = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1},$$

где T_2 — собственный период колебания упругого тела. На фиг. 2 показан случай такого биения, когда $T_2 = 1,1 T_1$.



Фиг. 2.

Обычно при разложении сложных периодич. сил двигателя на простые гармонич. составляющие довольствуются четырьмя и во всяком случае не более как пятью порядками этих составляющих. Более высокие порядки гармоник отличаются очень малыми амплитудами и поэтому не принимаются во внимание. Т. о., если период сложной кривой сил, действующих в данном четырехтактном двигателе, равен $\frac{2 \cdot 60}{n \cdot k}$ ск., где n — количество оборотов рабочего вала в минуту и k — число цилиндров двигателя, то при разложении этой кривой на четыре составляющие гармоник мы будем иметь следующие периоды гармоник, к-рые могут вызвать вибрации:

1-го порядка $\frac{2 \cdot 60}{n \cdot k}$ ск. 2-го порядка $\frac{2 \cdot 60}{2 \cdot n \cdot k}$ ск. 3-го порядка $\frac{2 \cdot 60}{3 \cdot n \cdot k}$ ск. 4-го порядка $\frac{2 \cdot 60}{4 \cdot n \cdot k}$ ск.

Каждая из этих гармоник может вызвать, как уже было показано, вибрации с периодом, равным периоду этой гармоник, а также с периодом в 3, 5, 7, ... раз большим. Т. о. данные силы могут вызвать вибрации со след. периодами:

1-го порядка: $\frac{120}{nk}$, $\frac{360}{nk}$, $\frac{600}{nk}$, $\frac{840}{nk}$, ... ск.

2-го порядка:

$\frac{60}{nk}$, $\frac{180}{nk}$, $\frac{300}{nk}$, $\frac{420}{nk}$, ... ск.

3-го порядка:

$$\frac{40}{nk}, \frac{120}{nk}, \frac{200}{nk}, \frac{280}{nk}, \dots \text{СК.}$$

4-го порядка:

$$\frac{30}{nk}, \frac{90}{nk}, \frac{150}{nk}, \frac{210}{nk}, \dots \text{СК.}$$

Обозначим такой собственный период колебания двигателя или одной из его частей через S . Тогда критич. скоростями двигателя будут следующие:

для составляющих гармоник 1-го порядка:

$$n = \frac{120}{Sk}, \frac{360}{Sk}, \frac{600}{Sk}, \dots \text{об/м.},$$

для составляющих гармоник 2-го порядка:

$$n = \frac{60}{Sk}, \frac{180}{Sk}, \frac{300}{Sk}, \dots \text{об/м.},$$

для гармоник 3-го порядка:

$$n = \frac{40}{Sk}, \frac{120}{Sk}, \frac{200}{Sk}, \dots \text{об/м.},$$

для гармоник 4-го порядка:

$$n = \frac{30}{Sk}, \frac{90}{Sk}, \frac{150}{Sk}, \dots \text{об/м.}$$

Проиллюстрируем высказанные положения практич. примером. Допустим, мы имеем 6-цилиндровый четырехтактный двигатель, собственный период крутильных колебаний вала которого $S = 0,05$ сек. Тогда критич. оборотами двигателя по отношению к этим крутильным колебаниям будут следующие. Для составляющих гармоник:

1-го порядка ...	400,	1 200,	2 000,	2 800,	...	об/м.
2-го порядка ...	200,	600,	1 000,	1 400,	...	об/м.
3-го порядка ...	133,	400,	667,	933,	...	об/м.
4-го порядка ...	100,	300,	500,	700,	...	об/м.

Не все перечисленные критич. обороты двигателя будут сопровождаться одинаково резкими вибрационными явлениями и будут в одинаковой степени вредно отражаться на работе двигателя. Энергия каждого вибрационного колебания пропорциональна квадрату амплитуды и равна

$$E = a \cdot Q^2,$$

где a — нек-рая постоянная. Т. о. величина энергии, затрачиваемой при каждом периоде вибрации, зависит только от амплитуды и не зависит от длины периода. Количество энергии, затраченное в единицу времени, равно

$$\frac{1}{i} E = \frac{a}{i} Q^2.$$

Если обозначить амплитуды наших составляющих гармоник через Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 , то мы найдем, что амплитуды колебаний, вызванных этими гармониками, будут пропорциональны следующим величинам. Для колебаний, вызванных составляющей гармоникой 1-го порядка, будут соответственно пропорциональны $Q_1, \frac{1}{3} Q_1, \frac{1}{5} Q_1, \dots$

Для колебаний, вызванных гармоникой

2-го порядка ...	$Q_2,$	$\frac{1}{3} Q_2,$	$\frac{1}{5} Q_2,$...
3-го порядка ...	$Q_3,$	$\frac{1}{3} Q_3,$	$\frac{1}{5} Q_3,$...
4-го порядка ...	$Q_4,$	$\frac{1}{3} Q_4,$	$\frac{1}{5} Q_4,$...

Величина энергии, затраченной на эти колебания в единицу времени, напишется в виде: для 1-й гармоники:

$$\frac{a}{i} Q_1^2 = b Q_1^3, \frac{b}{27} Q_1^3, \frac{b}{125} Q_1^3, \frac{b}{313} Q_1^3, \dots,$$

для 2-й гармоники:

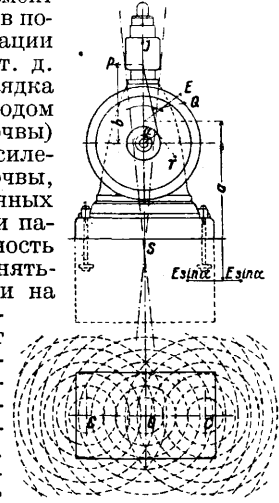
$$b Q_2^3, \frac{b}{27} Q_2^3, \frac{b}{125} Q_2^3, \frac{b}{343} Q_2^3, \dots$$

Как видно из этого, величина энергии вибраций будет максимальной при $n = 400, 200$ и 133 об/м. Для всех других критич. оборотов она рез-

ко уменьшается. В конечном итоге из всех перечисленных критич. оборотов можно рассматривать как опасные лишь $n = 400, 200$ и 133 . При всех остальных скоростях вызываются лишь незначительные вибрации.

Остановимся теперь на тех силах (см. Динамика торпедных двигателей), которые могут вызывать вибрации в двигателях, и на характере этих вибраций.

А. Инерционные усилия J . Эти силы в вертикальном двигателе, показанном на фиг. 3, передаваясь через фундамент в почву, могут вызвать в последней (при синхронизации одного, трех, пяти и т. д. периодов первого порядка изменения сил J с периодом волновых движений почвы) весьма значительное усиление этих движений почвы, к-рые наподобие водяных волн, возникающих при падении камня на поверхность воды, могут распространяться концентрич. кругами на значительные расстояния (иногда до 1 км) от двигателя. Эти волнообразные движения почвы очень часто приводят близлежащие здания в опасные ритмич. колебания. Такая синхронизация произойдет следовательно в том случае, если период колебательного движения почвы будет равен времени одного или трех, пяти, ... оборотов вала двигателя. Часть второго порядка сил J может в свою очередь вызвать колебательные движения почвы (одновременно или независимо от первых колебаний), если произойдет синхронизация периода колебательных движений почвы с периодом времени $\frac{1}{2}$, или $\frac{3}{2}$, или $\frac{5}{2}$, или $\frac{7}{2}$, ... оборота вала двигателя. Т. о., если почва обладает собственным периодом колебаний, равным k сек., критич. скоростями двигателя будут такие скорости, при к-рых количество оборотов вала двигателя в секунду будет $\frac{1}{k}, \frac{3}{k}, \frac{5}{k}, \dots$, а также $\frac{1}{2k}, \frac{3}{2k}, \frac{5}{2k}, \dots$

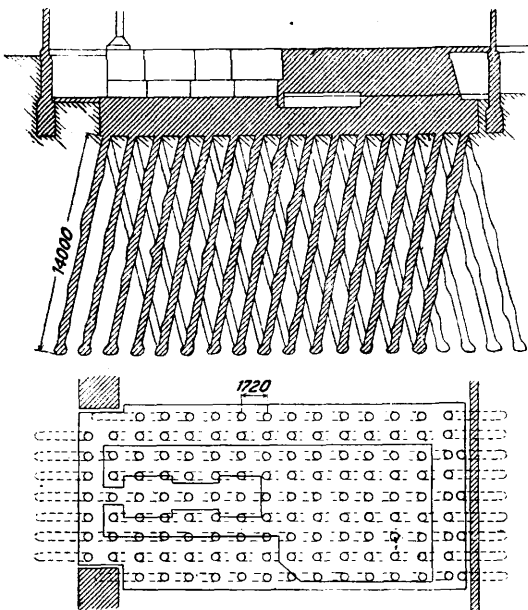


Фиг. 3.

В горизонтальных двигателях инерционные силы J могут вызвать аналогичные явления колебательных движений почвы, распространяющихся также на большие расстояния от двигателя в направлении преимущественно по оси его. Эти колебательные движения почвы называются продольными в отличие от первых, уже описанных нами, называемых поперечными. Продольные колебательные движения называются часто также волнами уплотнения, и в них движение колеблющихся частиц почвы происходит в направлении распространения волны. Поперечные колебательные движения называются также волнами сдвига, и в них движение колеблющихся частиц почвы происходит в направлении, перпендикулярном к направлению распространения волны. Собственный период таких колебаний почвы зависит прежде всего от состава, плотности, а также и других физич. свойств ее и обыкновенно равен от 0,02 до 1 сек. и меньше. Амплитуда колебаний почвы при работе двигателей доходит до 1 мм; обыкновенно —

значительно меньше. Работа, расходуемая на колебания фундаментов двигателей, достигает иногда значительных размеров—до 5% и более полезной работы двигателя.

Борьба с этим явлением возможна прежде всего путем *уравновешивания* (см.) двигателей. Если же такое уравновешивание почему-либо невозможно, необходимо рассчитать фундамент машины т. о., чтобы собственный период колебаний почвы с фундаментом был по возможности близок или равен $2t, 4t, 6t, \dots$ Это требование сводится к тому, чтобы собственный период колебаний почвы с фундаментом равнялся чет-

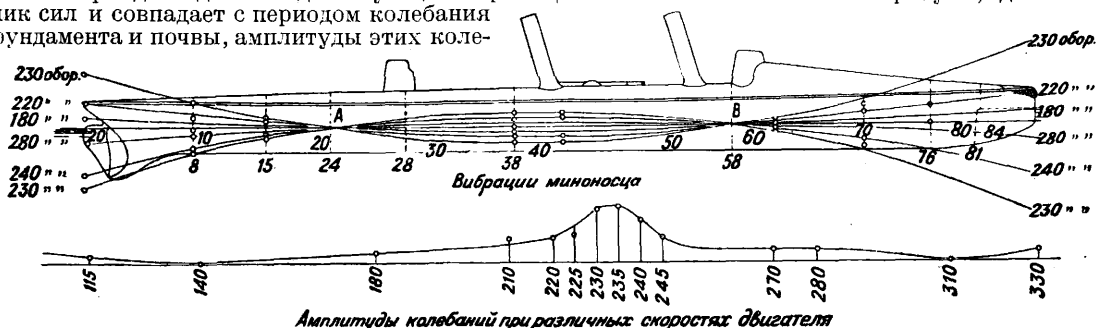


Фиг. 4.

ному числу периодов одного оборота вала двигателя. При этих периодах в почве под влиянием рассматриваемых сил колебания возникнуть не могут как в отношении сил инерции первого порядка, так и в отношении этих сил второго порядка. В виду невозможности заранее точно определить собственный период колебания почвы с фундаментом массу последнего и колеблющейся вместе с ним почвы делают возможно большей для получения большого собственного периода их колебаний (см. напр. фундамент на фиг. 4). При этом, если нечетное число периодов одной из действующих гармоник сил и совпадает с периодом колебания фундамента и почвы, амплитуды этих коле-

баний, покоящихся на упругих стальных балках. Весь корабль можно рассматривать как упругую балку очень сложного строения, в различных частях к-рой под влиянием периодич. сил двигателя могут возникнуть вибрации. Вследствие сложности строения корабля в нем может возникнуть и обыкновенно возникает большее количество вибраций (всего корабля в целом и его частей) с различными собственными периодами или, как иногда говорят, с различными «тонами», возникающими при «синхронизации» или «резонансе» этих периодов с периодами соответствующих гармоник сил двигателя. Фиг. 5 показывает колебания миноносца, у которого экспериментальным путем были определены колебания при различных скоростях двигателя. Как видно из этой фигуры, колебания корпуса этого миноносца происходили около двух узловых точек А и В. При количестве оборотов двигателя, равном 230—235 в мин., колебания корпуса судна были наиболее резкими. Увеличение и уменьшение количества оборотов двигателя сопровождалось уменьшением вибраций, достигавших минимума при 154 и 308 об/м. двигателя. Вибрации судна происходили под влиянием основной гармоники сил инерции двигателя. Как нетрудно видеть, собственный период колебания судна был около $\frac{1}{77}$ ск. (77 колебаний в ск.). При синхронизации количества оборотов двигателя с количеством собственных колебаний судна или с тройным или с пятерным количеством этих колебаний вибрации судна д. б. максимальными. При совпадении количества оборотов двигателя с четным числом собственных колебаний судна вибрации последнего должны быть минимальными и ход его наиболее спокойным. На фиг. 5 показаны амплитуды колебаний судна в зависимости от количества оборотов двигателя в пределах от 115 до 330 об/мин. Измерения производились по длине миноносца в точках, отмеченных на фигуре кружками.

Мерой для устранения этих вибраций судна может служить прежде всего выбор соответствующих скоростей двигателя, при к-рых вибраций судна не происходит. Если по каким-либо причинам скорость двигателя не м. б. изменена, необходимо прибегнуть к уравновешиванию его сил инерции и в известных случаях к выравниванию его вращательных моментов. Часто может помочь делу перемена места установки судового двигателя. Так, если вибрации судна происходят под влиянием одной лишь равнодействующей сил инерции двигателя, причем моменты эти силы не образуют, достаточно



Фиг. 5.

баний будут все же соответственно очень малы. Вибрации, подобные только-что описанным, возникают очень часто в корабельных двига-

телях, помещенных в одну из узловых точек А или В судна. Если однако при уравновешенных силах инерции остаются неуравнове-

шенными моменты этих сил, стремящиеся опрокидывать двигатель в продольном направлении, помещение двигателя в узловых точках судна может вызвать указанные вибрации судна при синхронизации периода колебания судна с периодом моментов сил инерции двигателя. В этом случае выгоднее поместить последний между узловыми точками *A* и *B*.

Б. Центробежные силы *E* и пары сил *P·b*. Вертикальные составляющие этих сил слагаются с силами *J*, и их влияние на вибрационные явления те же, что и влияния сил *J*. Горизонтальные составляющие сил вызывают в почве, окружающей фундамент, продольные колебания под влиянием сил $E \cdot \sin \alpha$. Кроме этого под влиянием этих же сил на двигатель действуют пары сил $a \cdot E \sin \alpha$ (фиг. 3), которые вместе с другими парами *P·b* сил бокового давления поршней раскачивают двигатель в вертикальной плоскости поперечного сечения около некоторой неподвижной точки *S*, производя в окружающей фундамент почве нек-рые поперечные волнообразные движения с двумя центрами *C*. Колебательные движения двигателя при этом раскачивании достигают иногда весьма значительной величины. Пары сил $E \cdot a \sin \alpha$ являются при этом периодическими парами первого порядка. Пары сил *P·b* состоят из пар сил, моменты к-рых равны и направлены в сторону, противоположную направлению вращательных моментов сил инерции, и из пар сил, моменты к-рых противоположно направлены и равны вращательным моментам давления газов двигателя. Как те, так и другие вращательные моменты изменяются по сложным периодич. кривым, к-рые м. б. разложены на простые гармоники нескольких порядков (обыкновенно ок. 4 или 5). По отношению к каждой из этих гармоник может возникнуть ряд критич. скоростей двигателя. Таких скоростей у двигателя часто может оказаться несколько. Чтобы поставить двигатель в условия наименьшей возможности колебаний под влиянием этих гармоник, необходимо сделать собственный период его вибраций возможно большим, соответственно увеличивая вес фундамента.

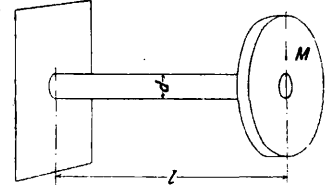
В. Тангенциальные силы на кривошипе двигателя (в результате действия сил инерции и давления газов в цилиндре). Являясь периодическими, изменяющимися по закону сложных периодич. кривых, эти силы производят неравномерное, периодически изменяющееся скручивание рабочего вала двигателя. В результате такого скручивания, при синхронизации естественного периода крутильных колебаний вала с одной из составляющих гармоник тангенциальных усилий, на валу двигателя могут возникнуть крутильные вибрации, особенно опасные в виду малого упругого гистерезиса материала вала и часто поэтому ведущие к поломкам этого вала. После всего сказанного о критич. скоростях двигателя мы можем не касаться этого вопроса для данного случая. Задачи предохранения вала двигателя от влияния этих крутильных гармоник заключаются в постройке такого вала, собственный период колебания к-рого не мог бы синхронизоваться с нечетным числом периодов гармоник, составляющих сложную периодическую кривую тангенциальных усилий. В последующем изложении мы коснемся способа определения собственных периодов крутильных колебаний коленчатых валов. Здесь же отметим, что крутильные колебания этих валов могут служить причиной

весьма значительных потерь мощности двигателей. Экспериментальные исследования показали, что эти потери при критич. скоростях двигателя составляют обычно 1—3% его мощности и нередко доходят до 10% и более.

Не останавливаясь на других возможных вибрациях в двигателях, имеющих меньшее значение, напр. вибрациях под влиянием сил,гибающих шатуны, вибрациях изгиба различных валов и т. д., коснемся способов определения собственных периодов вибраций коленчатых валов. Собственный период *t* крутильных колебаний простого цилиндрич. вала с одинаковым диаметром по всей его длине:

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{J}{C}} \text{ сек.},$$

где $J = m \frac{d^2}{8}$ — полярный момент инерции массы *m* вала, *C* — крутильная жесткость последнего, т. е. момент, к-рый необходимо приложить к данному валу для того, чтобы скрутить его на угол, равный единице.

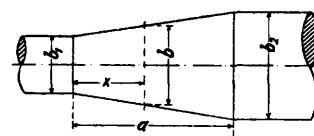


Фиг. 6.

Определение собственного периода колебаний вала с массой *M* (фиг. 6) производится по ф-ле

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{J_1 + J_2}{C}} \text{ сек.},$$

где $J_1 = m \frac{d^2}{8}$ — момент инерции массы *m* вала, J_2 — момент инерции массы *M*. Для определения собственных периодов валов сложных сечений (коленчатых и др.) необходимо привести (редуцировать) их к такому воображаемому цилиндрич. валу с одинаковым диаметром по всей длине, к-рый при одинаковых крутильных момен-



Фиг. 7.

тах скручивается на тот же угол, на который скручивается данный вал сложного сечения. Собственный период крутильных колебаний такого воображаемого вала можно принять равным периоду колебаний данного вала. Для такого редуцирования коленчатого вала последний делится на цилиндрич. части, конические и на колена. Нахождение вала, равнозначного каждой из этих частей данного вала, производится сл. обр.

1) Цилиндрич. части вала с диам. *d* и длиной *l* будут равнозначны в отношении скручивания валу длиной l_1 и диам. d_1 , тогда как угол скручивания при крутящем моменте M_d в обоих случаях будет равен γ , т. е.

$$\gamma = \frac{M_d}{J_p G} l = \frac{M_d}{J_{p1} G} l_1;$$

здесь $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$; $J_{p1} = \frac{\pi d_1^4}{32}$; *G* (модуль скольжения) равен 820 000 кг/см².

Отсюда получим:

$$\frac{l_1}{l} = \frac{d_1^4}{d^4}, \text{ или } l_1 = l \frac{d_1^4}{d^4}.$$

2) При редуцировании конич. частей (фиг. 7) коленчатых валов, если таковые имеются, получим:

$$\frac{l_2}{\frac{1}{2}l} = \int_0^a \frac{dx}{b^4}; \quad b = b_1 + kx;$$

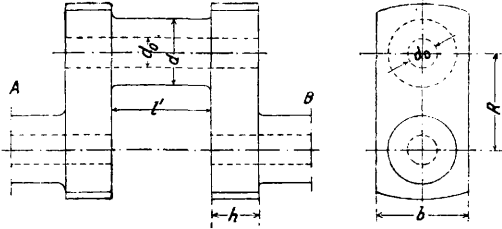
$$dx = \frac{db}{k}; \quad k = \frac{b_2 - b_1}{a};$$

$$l_2 = d_2^4 \int_{b_1}^{b_2} \frac{db}{kb^4} = \frac{1}{3} d_2^4 \frac{b_2^3 - b_1^3}{kb_2^3 b_1^3};$$

или редуцированная длина l_2 будет равна:

$$l_2 = ad_2^4 \frac{b_1^2 + b_1 b_2 + b_2^2}{3b_1^3 b_2^3}.$$

3) Редуцирование колена кривошипного вала представляет собой чрезвычайно сложную математическую задачу, к-рая м. б. решена только приближительно. Существует несколько таких приближенных решений задачи. Наиболее простой является ф-ла Гейгера (Geiger). Согласно этой ф-ле редуцированная длина l_3 кривошип-



Фиг. 8.

ного колена (фиг. 8), если диаметр редуцированного вала d ,

$$l_3 = l_4 + l_5 + l_6,$$

где l_4 —длине коренного подшипника + $0,4h$,

$$l_5 = 0,92 (R - kd) \frac{d^4 - d_0^4}{b^3 h}.$$

В последнем выражении $k = 0 \div 0,4$ в зависимости от отношений $\frac{b}{d}$ и $\frac{R}{d}$. В среднем $k = 0,25$. Отбрасывая d_0^4 , получим

$$l_5 = 0,92 (R - 0,25 d) \frac{d^4}{b^3 h},$$

l_6 —длине пальца кривошипа + $0,4h = l' + 0,4h$. Под коленом кривошипа понимается в данном случае часть вала между двумя сечениями А и В, проходящими через середины двух смежных коренных подшипников. Как показывают многочисленные вычисления, редуцированная длина одного колена кривошипного вала мало отличается от действительной длины этого колена, если диаметры коренных цапф и цапф кривошипов одинаковы. Тогда можно принять $l_3 = 0,96 l$, где l —действительная длина колена и l_3 —его длина, редуцированная по отношению к действительному диаметру цапф вала.

Показанный нами способ редуцирования колеччатых валов дает возможность определить размеры воображаемого цилиндрического вала, равнозначного в отношении крутильных колебаний данному колеччатому валу. Степень точности такого определения показывает след. пример, данный проф. Р. Дуббель. Колеччатый вал шестицилиндрового двигателя был испытан в отношении крутильных колебаний. На основании полученного т. о. количества собственных колебаний определена редуцированная длина вала, к-рая затем проверялась вычислением по вышеуказанным ф-лам. Результаты получились следующие. Редуцированная длина каждого колена вала, полученная путем 1) измерения крутильных колебаний вала, определенных без верхних крышек коренных подшипников, равнялась 723,2 мм; 2) измерения этих колебаний, определенных с верхними

крышками коренных подшипников—693 мм; 3) путем вычисления—634 мм. Это показывает, что получаемые путем вычисления результаты м. б. только приближительными. Также приближительны будут и вычисленные при помощи редуцированной длины вала собственные периоды крутильных колебаний последнего. Этим не исчерпывается ненадежность полученных путем вычисления результатов. Даже при точном определении редуцированной длины вала мы сможем определить собственный период колебаний вала только для немногих простейших случаев. Для многоцилиндровых двигателей определение редуцированной длины вала и собственно периода не дает возможности с удовлетворительной степенью точности определять те составляющие гармоники тангенциальных сил, к-рые смогут вызвать крутильные колебания вала. Дело в том, что в многоцилиндровых двигателях точка приложения импульсов тангенциальных сил не остается постоянной на валу двигателя. Она все время меняет свое положение, переходя от одного конца вала к другому. Для четырехтактных двигателей порядок, в к-ром происходит перемещение точки приложения этих импульсов: для четырехцилиндровых двигателей—I, II, IV, III или I, III, IV, II; для шестицилиндровых двигателей—I, II, III, VI, V, IV или I, V, III, VI, II, IV. При этом перемещении точки приложения крутильных импульсов возникают чрезвычайно сложные крутильные колебания между отдельными коленами вала, не поддающиеся точному определению. Для определения колебательных движений колеччатого вала необходимо знать массы, вращающиеся вместе с валом, и редуцировать эти массы по отношению к произвольно выбранному радиусу (чаще всего радиусу R кривошипа). Редуцированная масса dM бесконечно малой частицы dm массы, находящейся на расстоянии e от центра вращения,

$$dM = dm \frac{e^2}{R^2}.$$

Интегрируя это выражение, получим

$$M = \frac{1}{R^2} \int e^2 dm = \frac{\gamma b}{g k^2} J_p;$$

γ —удельный вес массы; g —ускорение силы тяжести; b —ширина вращающейся массы вдоль оси вращения; J_p —полярный момент инерции. По этой ф-ле легко вычислить редуцированную массу колена кривошипа и его пальца.

Что касается возврата движущихся частей двигателя, то, поскольку эти части принимают участие в колебательном движении вала, их необходимо принимать во внимание. Редуцируя эти массы по отношению к радиусу кривошипа, мы можем принимать во внимание для наших расчетов только ту часть массы шатуна, к-рая м. б. принятой вращающейся вместе с цапфой кривошипа, т. е. $M_2 \frac{l}{L}$, где l —расстояние ц. т. шатуна от малой головки его. Кроме этого по предложению Фрама часто к этой массе прибавляется еще половина массы поршня и четверть массы шатуна. Таким образом согласно предложению Фрама необходимо учитывать следующую массу:

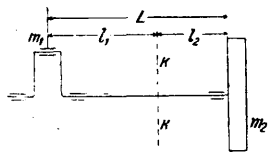
$$M_2 \frac{l}{L} + \frac{1}{2} M_1 + \frac{1}{4} M_2 \approx \frac{1}{2} M_1 + M_2.$$

После редуцирования данного колеччатого вала можно вычислить его собственный период колебаний по следующему ф-лам. 1) Для вала с двумя массами m_1 и m_2 (фиг. 9) (маховиком m_2

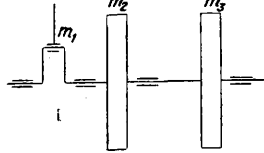
и массой m_1 на кривошипе), пренебрегая массой самого вала, имеем следующее выражение:

$$-\left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 + c_{12} \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^2} = 0.$$

Здесь массы m_1 и m_2 приведены к радиусу кривошипа R , и c_{12} является крутильной жесткостью редуцированного вала между массами



Фиг. 9.



Фиг. 10.

m_1 и m_2 . Собственный период крутильных колебаний вала определится т. о. из

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2 R^2}{c_{12} (m_1 + m_2)}}.$$

Массы m_1 и m_2 колеблются при этом в разные стороны и между ними находится некое узловое сечение kk , остающееся неподвижным.

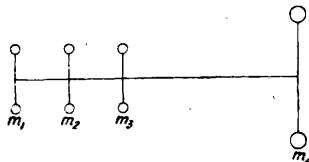
2) Для вала с тремя массами m_1, m_2 и m_3 (напр. массы на кривошипе m_1 , маховик m_2 и якорь динамомашинны m_3 , изображенные на фиг. 10), пренебрегая массой самого вала, имеем следующее уравнение:

$$\left(\frac{2\pi}{t}\right)^4 - \left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 \left(c_{12} \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^2} + c_{23} \frac{m_2 + m_3}{m_2 m_3 R^2} \right) + c_{12} c_{23} \frac{m_1 + m_2 + m_3}{m_1 m_2 m_3 R^4} = 0.$$

Отсюда определим два значения для t :

$$t = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{1}{2} \left(c_{12} \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^2} + c_{23} \frac{m_2 + m_3}{m_2 m_3 R^2} \right) \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(c_{12} \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^2} - c_{23} \frac{m_2 + m_3}{m_2 m_3 R^2} \right)^2 + 4 \frac{c_{12} c_{23}}{m_1^2 m_3^2 R^4}}}}.$$

где c_{12} и c_{23} — скручивающие моменты, необходимые для скручивания на угол, равный единице, сечения вала I относительно сечения II и соответственно сечения II относительно сечения III. Такой коленчатый вал имеет 2 собственных периода колебаний, один более длинный, когда правая тяжелая масса колеблется в одном направлении и 2 другие массы в противоположном, и другой более короткий период, когда средняя масса колеблется в одном направлении и две крайние массы в противоположном направлении. Узлы колебаний будут при этом находиться соответственно или вблизи правой массы m_3 (один узел колебания) или в промежутках между массами m_1 и m_2 и массами m_2 и m_3 (два узла колебаний).



Фиг. 11.

3) Значительно более сложный случай, чем предыдущий, представляет вал с четырьмя массами (фиг. 11). Употребляя тот же метод, как и в предыдущем случае, мы при тех же обозначениях получим следующее ур-ие:

$$\begin{aligned} & -\left(\frac{2\pi}{t}\right)^6 + \left(\frac{2\pi}{t}\right)^4 \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^2} c_{12} + \frac{m_2 + m_3}{m_2 m_3 R^2} c_{23} + \right. \\ & \left. + \frac{m_3 + m_4}{m_3 m_4 R^2} c_{34} \right) - \left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 \left(\frac{m_1 + m_2 + m_3}{m_1 m_2 m_3 R^4} c_{12} c_{23} + \right. \\ & \left. + \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 R^4} \cdot \frac{m_3 + m_4}{m_3 m_4} c_{12} c_{34} + \frac{m_2 + m_3 + m_4}{m_2 m_3 m_4 R^4} c_{23} c_{34} \right) + \\ & \left. + \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{m_1 m_2 m_3 m_4 R^6} c_{12} c_{23} c_{34} = 0. \right. \end{aligned}$$

Зная массы m и моменты c , мы легко приведем это ур-ие к следующему виду:

$$-\left(\frac{2\pi}{t}\right)^6 + A \left(\frac{2\pi}{t}\right)^4 - B \left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 + C = 0.$$

Положив $\left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 = x - \frac{1}{3}A$, получим кубич. ур-ие

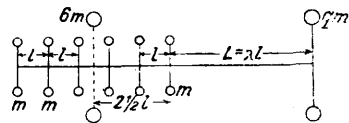
вида $x^3 + px + q = 0$, откуда и определим три корня этого ур-ия, к-рые дадут нам три собственных периода вибраций данного коленчатого вала с четырьмя массами. Узлы колебаний могут при этом возникнуть либо возле правой тяжелой массы m_4 (обыкновенно маховик или пропеллер) при одном узле и наиболее продолжительном собственном периоде колебания вала, либо между первой и второй, второй и третьей массами при двух узлах колебания, либо наконец между каждой парой соседних масс при трех узлах колебаний. Вообще, если на валу закреплены n масс, то возможны $n - 1$ собственных периодов колебаний при количестве узлов этих колебаний от 1 до $n - 1$.

Описанный метод разработан Гольцером (Holzer) и основывается на следующем его ур-ии для валов с n массами:

$$\begin{aligned} & a_{n-1} \left(\frac{2\pi}{t}\right)^{2(n-1)} + a_{n-2} \left(\frac{2\pi}{t}\right)^{2(n-2)} + \\ & + \dots + a_x \left(\frac{2\pi}{t}\right)^{2x} + \dots + a_1 \left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 + a_0 = 0. \end{aligned}$$

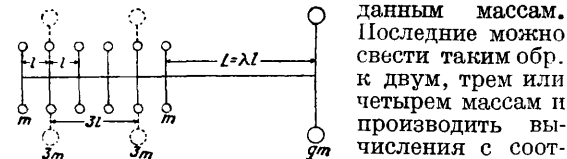
Этот метод вычисления собственных периодов валов является вполне надежным и легко при-

меним на практике для количества масс на валу, не превышающего четырех. При большем количестве масс применение этого метода представляет очень большое затруднение и для количества масс от 8 и больше становится практически невозможным, так как со-



Фиг. 12.

ставление коэф-тов a в ур-ии Гольцера становится крайне затруднительным. Это обстоятельство вынуждает прибегать к методу приближенных вычислений при определении периодов собственных колебаний валов с многими массами. Сущность этого метода состоит в том, что колеблющиеся с валом массы заменяются меньшим количеством масс, статически равнозначных



Фиг. 13.

данным массам. Последние можно свести таким образом к двум, трем или четырем массам и производить вычисления с соответствующей степенью приближения с одним из этих количеств масс. Так, коленчатый вал с семью массами можно в целях приближенного вычисления заменить валом с двумя (фиг. 12), тремя (фиг. 13) или четырьмя (фиг. 14) массами и соответственно упростить вычисления.

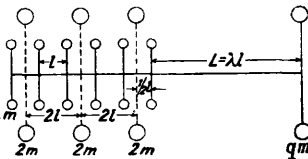
Для того чтобы можно было судить о точности вычислений с различными степенями приближения для таких систем, приведем пример

вала с восемью массами, приведенными к 2, 3, 4, 5 и 8 массам (табл. 1).

Табл. 1.—Пример вала с восемью массами

Число колебаний вала в минуту	Данные восемь масс заменены массами				
	двумя	тремя	четырьмя	пятью	восемью
N_1	1 243	1 304	1 350	1 361	1 367
N_2	—	2 195	2 210	2 214	2 219
N_3	—	—	4 050	4 581	4 935
N_4	—	—	—	6 253	7 739
N_5	—	—	—	—	10 140
N_6	—	—	—	—	11 970
N_7	—	—	—	—	13 120

Существуют еще и другие методы вычислений собственных периодов крутильных колебаний валов. Из этих методов отметим метод Толле, примененный им во время империалистич.



Фиг. 14.

войны для расчетов коленчатых валов двигателей подводных лодок, дирижаблей и самолетов.

Для определения собственного периода колебаний коленчатых валов можно употреблять

также и графич. методы. Из последних наибольшим распространением пользуется метод Гюмбеля (Gumbel), усовершенствованный Гейгером. Этот метод заключается в следующем. Скручивание двух поперечных сечений вала, отстоящих друг от друга на 1 см , определяется следующим выражением:

$$\varphi = \frac{M_d}{G \cdot J_p}$$

Здесь M_d —момент скручивания, J_p —полярный момент инерции площади поперечного сечения вала, G —модуль скольжения. Угол скручивания двух сечений, отстоящих друг от друга на расстоянии l , будет

$$\gamma = \varphi \cdot l = \frac{M_d}{G \cdot J_p} \cdot l$$

Если радиус вала обозначим через r , то дуга скручивания на поверхности вала будет

$$a = \gamma r = \varphi l r = \frac{M_d}{G \cdot J_p} \cdot l r$$

Вместо M_d можно подставить величину P . Тогда имеем

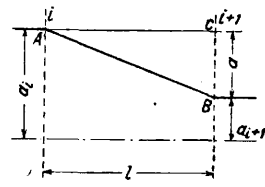
$$a = \frac{P l r^2}{G \cdot J_p}$$

Дуга скручивания на единицу длины вала равна таким образом

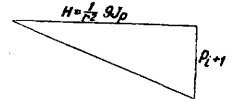
$$\frac{a}{l} = \frac{P}{\frac{1}{r^2} \cdot G \cdot J_p}$$

Представим себе на цилиндрич. поверхности нашего вала прямую, начерченную по образующей цилиндра. При скручивании вала несколькими моментами, расположенными в разных его сечениях, эта прямая превратится в некоторую пространственную кривую, изломанную в местах приложения скручивающих вал моментов. При развертке цилиндрич. поверхности вала на плоскость эта кривая превратится в нек-рую ломаную линию, состоящую из нескольких прямых участков, расположенных между каждой парой смежных скручивающих мо-

ментов. Допустим теперь, что в какой-либо точке i (фиг. 15) вала дуга скручивания равна a_i .



В другой точке $i+1$ действует некоторая скручивающая сила



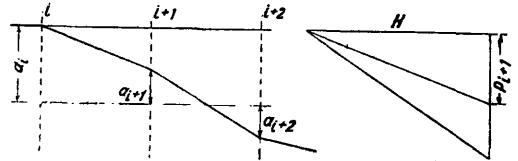
Фиг. 15.

P_{i+1} на плечо r . Относительное скручивание a получится тогда из выражения

$$\frac{a}{l} = \frac{P_{i+1}}{\frac{1}{r^2} G J_p}$$

Начертим рядом с тр-ком ABC другой тр-к, одна из сторон к-рого равна P_{i+1} и другая равна полюсному расстоянию $H = \frac{1}{r^2} G J_p$. Этот тр-к будет подобен первому. Возьмем еще одно сечение $i+2$ (фиг. 16) вала и, поступив так же, как и в первом случае, получим, с одной стороны, веревочную кривую $i, i+2$ и, с другой стороны, — силовой многоугольник с полюсным расстоянием, равным H . Таким образом возможно определить для всего вала кривую скручивания в виде веревочной кривой.

Этот метод возможно применить и для случая, когда вместо статических скручивающих момен-



Фиг. 16.

тов мы имеем гармонические, производящие колебания вала. При этом необходимо принимать во внимание кроме гармонич. сил также и силы инерции вибрирующих масс. Последние равны

$$P = m \left(\frac{2\pi}{t} \right)^2 a = m \omega^2 a,$$

где $\omega = \frac{2\pi}{t}$ — нек-рая угловая скорость, соответствующая периоду t . Для определения этих сил необходимо т.о. значение величины a .

Допустим, что в крайнем левом сечении 1 (фиг. 17) действует гармонич. сила P . Левее сечения 1 вал свободен от действующих сил, что выражается на фигуре параллельностью участка веревоч-



Фиг. 17.

ной кривой левее первого сечения оси вала. На силовом мн-ке наносим силу P и принимаем произвольное скручивание a_1 для первой массы. Имея полюсное расстояние $H = \frac{J_p G}{r^2}$, мы определим величину скручивания a_2 . Отсюда полу-

чим величину силы инерции $T_2 = m_2 \omega^2 a_2$, к-рую мы также наносим на силовой мн-к и определяем скручивание a_3 . После этого находим величину T_3 , к-рая определяет направление последнего луча силового мн-ка. Как показывает этот мн-к, при принятом скручивании a_1 и данной ω вала, состояние равновесия не достигнуто. Для достижения этого равновесия необходимо приложить в сечении Z еще нек-рую дополнительную силу Q . Т. к. такой силы в действительности не существует, то для достижения равновесия необходимо изменить взятое значение ω так, чтобы мн-к сил замкнулся и сила Q стала равной нулю. Кроме этого, поскольку мы имеем дело со свободными колебаниями вала, внешние силы не принимаются в расчет. Принятая сила P становится т. о. также равной нулю. Полученные после этого силы инерции T дадут возможность определить собственный период колебания из выражения

$$\omega^2 = \left(\frac{2\pi}{t}\right)^2 = \frac{T}{ma}$$

Лит.: Львов Е., Тракторы, их конструкция и расчеты, 2 изд. М.—Л., 1931; Мартенс Л., Динамика поршневых двигателей, М.—Л., 1932; G ü m b e l, Verdrehungsschwingungen eines Stabes mit fester Drehachse u. beliebiger zur Drehachse symmetrischer Massenverteilung, «Z. d. VDI», 1912, p. 1025; Geiger J., Mechanische Schwingungen u. ihre Messungen, В., 1927; Holzner H., Die Berechnung d. Drehschwingungen, В., 1921; Leher K., Schwingungstechnik, В. 1, 1930; T o l l i e M., Regelung d. Kraftmaschinen, 3 Aufl., В., 1921. Л. Мартенс.

С. к. роторных машин. При самом тщательном уравнивании насаженного на вал ротора все же его центр тяжести не совпадает с осью вала, благодаря чему при вращении остается неуравновешенная центробежная сила, вызывающая прогиб вала. Вследствие этого расстояние от ц. т. до оси вращения увеличивается еще более и растущая центробежная сила может повести в конце-концов к поломке вала. В дальнейшем изложении использованы подробные исследования, сделанные в области критич. скорости проф. Стодола.

Возьмем простейший случай вертикального вала с насаженным на него одним диском (фиг. 18). При этом вес вала не оказывает влияния на его прогиб. Неуравновешенная центробежная сила

$$F = m(y + e)\omega^2, \tag{1}$$

где m —масса диска, ω —угловая скорость вращения, e —расстояние от ц. т. диска S до точки W на оси вала (эксцентриситет) и y —стрела прогиба вала. Эта сила должна равняться противодействующей силе упругости вала, к-рая пропорциональна величине деформации

$$P = a y, \tag{2}$$

где a —коэф. пропорциональности, зависящий от размеров вала и условий его закрепления. Т. о.

$$m(y + e)\omega^2 = a y, \tag{3}$$

откуда

$$y = \frac{m e \omega^2}{a - m \omega^2}. \tag{4}$$

Прогиб вала увеличивается вместе с ω и $y = \infty$ при $a - m \omega^2 = 0$. Соответствующее этому условию значение угловой скорости

$$\omega_k = \sqrt{\frac{a}{m}} \tag{5}$$

есть С. к. Число об/ск. при этой скорости

$$n'_k = \frac{\omega_k}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{m}}. \tag{6}$$

Это выражение совпадает с ф-лой частоты собственных поперечных колебаний системы.

Если вал лежит горизонтально, то от его веса возникает прогиб y_0 (фиг. 19), направленный вниз и не зависящий от числа оборотов. Ц. т. диска S будет также описывать окружность радиусом $(y + e)$, а около точки O' , а около точки O . Ф-лы для определения прогиба и С. к. остаются те же самые. В действительности периодич. повышения и понижения ц. т. вызывают колебания угловой скорости и нарушение кругового пути перемещения ц. т., что может создать особое критич. состояние. Но практически, в частности в условиях турбиностроения, это явление не оказывает заметного влияния на С. к. и можно принять, что при любом положении вала—вертикальном, горизонтальном или наклонном—С. к. остается одна и та же.

Можно достигать критич. числа оборотов и переходить через него без опасности поломки вала, если диск имеет достаточно длинную втулку, препятствующую изгибу вала. Как

показали опыты в согласии с теорией, при увеличении скорости выше критической возникает вновь состояние устойчивого равновесия, при котором ц. т. переместится и будет расположен между линией, соединяющей опоры, и изогнутой осью вала (фиг. 20). При этом ур-ие для определения прогиба представится в следующем виде:

$$m(y - e)\omega^2 = a y, \tag{7}$$

откуда

$$y = \frac{e}{1 - \frac{a}{m\omega^2}} = \frac{e}{1 - \frac{\omega_k^2}{\omega^2}}. \tag{8}$$

Т. о. за С. к. величина прогиба вала уменьшается и стремится в пределе к величине эксцентриситета e , когда изогнутый вал будет вращаться около ц. т. диска.

Для совершенно уравновешенного диска, т. е. при $e = 0$, ур-ие (3) примет вид

$$m y \omega^2 = a y. \tag{9}$$

Согласно ур-ию (5) и если y не равен нулю, ур-ие (9) возможно только при $\omega = \omega_k$. Следовательно совершенно уравновешенный вал находится в критич. состоянии при любом прогибе в равновесии.

Величина прогиба вала от собственного веса

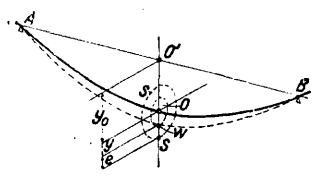
$$y_0 = \frac{G}{a}.$$

Но по ур-ию (5) $a = m \omega_k^2$ и кроме того $G = m g$, откуда

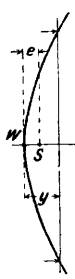
$$y_0 = \frac{m g}{m \omega_k^2} = \frac{G}{\omega_k^2}. \tag{10}$$

Выбором С. к. определяется следовательно деформация от собственного веса независимо от того, какие размеры будет иметь вал.

Если средняя плоскость диска перпендикулярна к оси вращения, как предполагалось выше, то появляются лишь центробежные



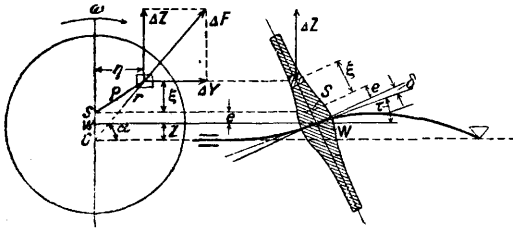
Фиг. 19.



Фиг. 20.

силы. Но она может оказаться наклонной к оси вращения как вследствие прогиба вала, так и от неправильной посадки диска на валу. При этом центробежные силы, вызываемые отдельными элементами массы диска, образуют пары сил, влияющие на прогиб вала. Рассмотрим

ного на фиг. 22, центробежные силы от масс дисков m_1 и m_2 м. б. разложены на следующие составляющие:



Фиг. 21.

случай одного диска, показанный на фиг. 21, где τ — угол наклона упругой линии и δ — угол между осью диска и осью вала от неточности выполнения конструкции. Центробежная сила ΔF от элемента массы диска dm разлагается на две составляющие: ΔZ , параллельную плоскости изгиба вала, и ΔY , перпендикулярную к ней:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Z &= \Delta m \cdot r \omega^2 \sin \alpha = \Delta m \cdot \omega^2 (z + e + \xi), \\ \Delta Y &= \Delta m \cdot \omega^2 r. \end{aligned} \right\} (11)$$

Результирующая составляющих ΔY , как видно, равна нулю. Величина жирокопич. момента будет

$$M_f = \Sigma \Delta Z \cdot \xi (\tau + \delta),$$

принимая $\sin (\tau + \delta) = (\tau + \delta)$ по малости угла. Следовательно

$$\left. \begin{aligned} M_f &= \Sigma \Delta m \cdot \omega^2 (z + e + \xi) \xi (\tau + \delta) = \\ &= \omega^2 (\tau + \delta) \Sigma dm \cdot \xi (z + e + \xi). \end{aligned} \right\} (12)$$

В виду того что $(e + \xi)$ мало по сравнению с ξ , можно принять

$$M_f = \omega^2 (\tau + \delta) \theta_d, \quad (13)$$

где θ_d — момент инерции массы диска, отнесенный к диаметру. Влияние момента M_f , как видно, выражается в уменьшении угла τ , т. е. он препятствует прогибу вала и увеличивает критич. число оборотов.

В предыдущем предполагалось, что угловая скорость вращения плоскости изгиба вала такая же, как угловая скорость вращения самого вала и диска. Но возможны случаи, когда угловая скорость вращения плоскости изгиба λ

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= (x_1 + \xi_1) m_1 \omega^2, & Y_1 &= (y_1 + \eta_1) m_1 \omega^2, \\ X_2 &= (x_2 + \xi_2) m_2 \omega^2, & Y_2 &= (y_2 + \eta_2) m_2 \omega^2, \end{aligned} \right\} (16)$$

где x_1, y_1 и x_2, y_2 — координаты центров дисков W_1 и W_2 относительно точек O и O_1 , лежащих на оси, соединяющей центры подшипников, ξ_1, η_1 и ξ_2, η_2 — координаты ц. т. дисков S_1 и S_2 относительно центров дисков W_1 и W_2 и e_1, e_2 — эксцентриситеты масс дисков. Скручивание вала по отношению к изгибу всегда так ничтожно, что изменением угла между направлениями эксцентриситетов можно пренебречь. Величина прогиба вала под действием этих сил будет:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= a_{11} X_1 + a_{12} X_2, & y_1 &= a_{11} Y_1 + a_{12} Y_2, \\ x_2 &= a_{21} X_1 + a_{22} X_2, & y_2 &= a_{21} Y_1 + a_{22} Y_2, \end{aligned} \right\} (17)$$

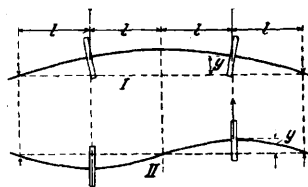
где значения a исключительно зависят от размеров и способа закрепления вала, причем $a_{12} = a_{21}$. Вставив выражения для соответствующих центробежных сил, получим четыре ур-ия:

$$\left. \begin{aligned} (a_{11} m_1 \omega^2 - 1) x_1 + a_{12} m_2 \omega^2 x_2 + a_{11} \xi_1 m_1 \omega^2 + \\ + a_{12} \xi_2 m_2 \omega^2 = 0, \\ a_{21} m_1 \omega^2 x_1 + (a_{22} m_2 \omega^2 - 1) x_2 + a_{21} \xi_1 m_1 \omega^2 + \\ + a_{22} \xi_2 m_2 \omega^2 = 0, \\ (a_{11} m_1 \omega^2 - 1) y_1 + a_{12} m_2 \omega^2 y_2 + a_{11} \eta_1 m_1 \omega^2 + \\ + a_{12} \eta_2 m_2 \omega^2 = 0, \\ a_{21} m_1 \omega^2 y_1 + (a_{22} m_2 \omega^2 - 1) y_2 + a_{21} \eta_1 m_1 \omega^2 + \\ + a_{22} \eta_2 m_2 \omega^2 = 0. \end{aligned} \right\} (18)$$

Величины x_1, y_1 и x_2, y_2 возрастают до бесконечности, если

$$(a_{11} m_1 \omega_k^2 - 1) (a_{22} m_2 \omega_k^2 - 1) - a_{12}^2 m_1 m_2 \omega_k^4 = 0. \quad (19)$$

Следовательно существуют два значения для С. к., квадраты которых определяют из этого последнего ур-ия. Как видно, значения эти не зависят ни от величины ни от положения эксцентриситетов. В случае равных масс и симметричного расположения дисков на валу имеем $m_1 = m_2$, $a_{11} = a_{22} = a$ и $a_{12} = b$. Тогда



Фиг. 23.

$$a m \omega_k^2 - 1 = \pm b m \omega_k^2,$$

откуда

$$m \omega_{k_1} = \frac{1}{a-b} \quad \text{и} \quad m \omega_{k_2} = \frac{1}{a+b}. \quad (20)$$

При двух равных дисках, расположенных на гладком валу на расстояниях l от опор и $2l$ между дисками, возможна упругая линия двух показанных на фиг. 23 видов. В первом случае

$$y = \frac{4Pl^3}{3EI}, \quad a_1 = \frac{3EI}{4l^3}; \quad \omega_{k_1} = \sqrt{\frac{a_1}{m}} \quad (21)$$

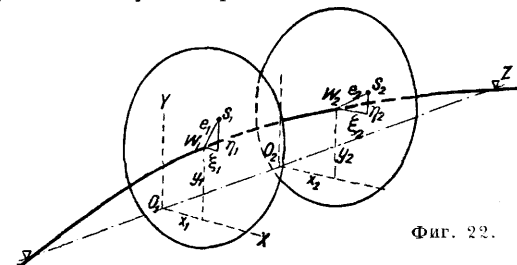
и во втором

$$y = \frac{Pl^3}{6EI}, \quad a_2 = \frac{6EI}{l^3}; \quad \omega_{k_2} = \sqrt{\frac{a_2}{m}}, \quad (22)$$

откуда

$$\frac{\omega_{k_1}}{\omega_{k_2}} = \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} = \sqrt{\frac{1}{8}}. \quad (23)$$

В данном случае значения С. к. относятся друг к другу, как 1:2,83. Подобным же образом можно убедиться, что число различных значений С. к. будет равно числу дисков на валу.



Фиг. 22.

направлена в обратную сторону и отлична по величине от ω . Это происходит при недостаточно плотной посадке диска на валу. Тогда действующий момент

$$M_c = (2\lambda\omega + \lambda^2) (\tau + \delta) \theta_d \quad (14)$$

содействует увеличению угла τ , т. е. прогибу вала. При $\lambda = \omega$

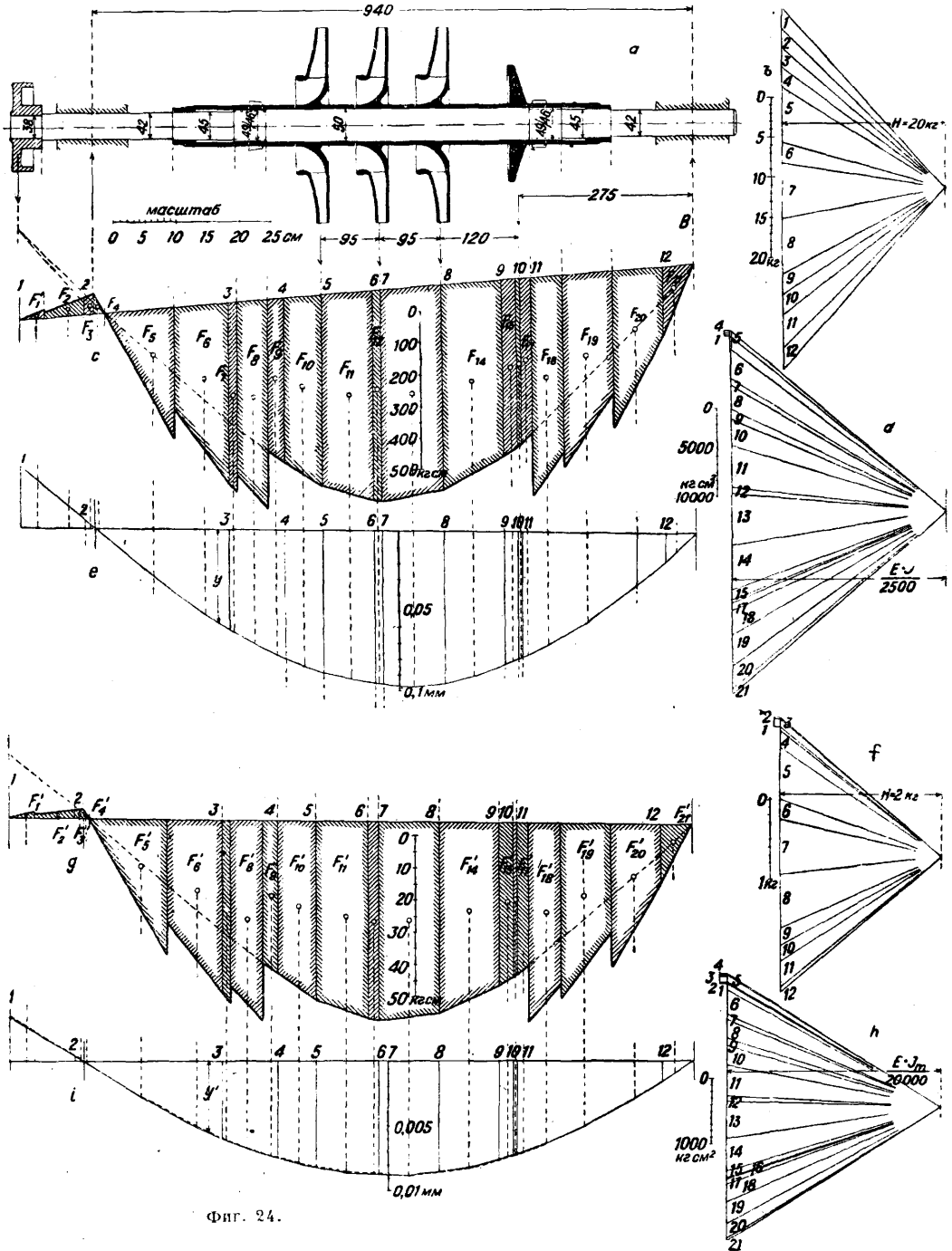
$$M_k = 3\omega^2 (\tau + \delta) \theta_d = 3M_f. \quad (15)$$

В случае невесомого вала с двумя насаженными на него дисками, схематически изображен-

Принимая во внимание массу вала, можно рассматривать последний как бесконечный ряд бесконечно тонких дисков, которому теоретически соответствует бесконечный ряд С. к.; однако лишь некоторые из этих значений необходимо принимать во внимание. Как и для

центры тяжести масс стремятся приблизиться к оси, и вал автоматически центрируется.

Для валов переменного сечения, нагруженных несколькими различными, произвольно расположенными дисками, аналитич. способ определения критич. скоростей является столь



Фиг. 24.

случая с одним диском, в этих общих случаях сохраняют свою силу выводы относительно влияния собственного веса и относительно зависимости между числом собственных колебаний вала и критическим числом оборотов. При бесконечно растущей скорости вращения

сложным, что прибегают к графическому методу. Исходя из определения линии прогиба вала под действием весовых нагрузок, определяют центробежные силы $m\omega^2 r$, соответствующие отдельным массам, на к-рые разбит вал, и относящимся к ним прогибам, при угловой

Табл. 2. — Центробежные силы отдельных масс вала.

Точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сосредоточенные весовые нагрузки G , кг	2,5	2,5	2,5	2,5	7	2,5	7	7	2,5	2,5	4,2	2,5
Прогибы от весовых нагрузок y , см $\cdot 10^{-3}$	-3,8	-5,0	+6,4	8,1	9,0	9,6	9,6	9,4	8,3	8,0	7,9	1,8
Центробежная сила $\frac{G}{g} \omega_0^2$, кг	-0,097	-0,013	+0,163	0,206	0,643	0,245	0,686	0,672	0,212	0,204	0,338	0,046

скорости ω_0 , выбирая последнюю в виде круглого числа 10 или 100. Рассматривая эти силы статически приложенными к валу, строят упругую линию. Полученные вновь прогибы y' не будут совпадать с принятыми первоначально, потому что ω_0 не есть С. к. Но т. к. взятые в качестве нагрузки центробежные силы пропорциональны как квадрату угловой скорости, так и прогибам, то получаем соотношение:

$$\omega_k^2 : \omega_0^2 = y : y'$$

или

$$\omega_k = \omega_0 \sqrt{\frac{y}{y'}} \quad (24)$$

На фиг. 24, $a-i$ показано для примера определение С. к. для вала трехступенчатого водного насоса. На фиг. 24, a представлен вал. На фиг. 24, $b-e$ сделано определение упругой линии вала от собственного веса. Весовые нагрузки проложены в 12 точках. Строит мн-к сил (фиг. 24, b) с полюсным расстоянием $H=20$ кг и соответствующий ему веревочный мн-к (фиг. 24, c), дающий диаграмму изгибающих моментов. Для получения численной величины момента в любом сечении вала нужно ординату диаграммы моментов, относящуюся к этому сечению, умножить на полюсное расстояние H , измеренное в масштабе сил многоугольника сил (в нашем случае 20 кг), и на обратную величину масштаба длины чертежа 1 : m , т. е. на Hm . Для построения упругой линии нужно построить новый веревочный мн-к, для которого полученная диаграмма моментов должна служить диаграммой воображаемых нагрузок. Чтобы учесть изменения диаметров вала, приводят все моменты к одному общему диаметру (в данном случае к среднему), умножая их на отношение $\frac{I_m}{I}$, где I_m и I —моменты инерции в средней части и в любом сечении вала. Полученные трапециевидные площадки от F_1 до F_{12} на фиг. 24, e , представляющие собой новые нагрузки, умножают на Hm^2 для выражения в кг·см² и строят мн-к сил (фиг. 24, d) с полюсным расстоянием $I_m E$, где E —модуль упругости материала вала. По условиям места полюсное расстояние на фиг. 24, d взято равным $\frac{I_m E}{2500}$, причем $I_m = \frac{\pi \cdot 5^4}{64} = 3068$ см⁴ и $E = 21,5 \cdot 10^5$. Построенный на фиг. 24, e веревочный мн-к представляет упругую линию в масштабе, определяемом след. обр. Если на фиг. 24, d 1 см = K кгсм² и полюсное расстояние равно a см, то полученные прогибы нужно умножить на $\frac{mka}{I_m E}$ для получения истинных величин. Полученный масштаб нанесен на чертеже.

Исходя из найденной упругой линии, подсчитывают центробежные силы отдельных масс, соответствующие полученным прогибам, при $\omega_0 = 100$. Результаты показаны в табл. 2.

Посредством мн-ка сил (фиг. 24, f) строят диаграмму моментов (фиг. 24, g) и по ней посредством мн-ка сил (фиг. 24, h)—упругую линию от действия центробежных сил (фиг. 24, i). По принятому масштабу определяют прогибы, напр. в точке 7 прогиб $y' = 8,8 \cdot 10^{-3}$ см, а поскольку в таблице для этой точки $y = 9,6 \cdot 10^{-3}$, то по ур-ию (24)

$$\omega_k = 100 \sqrt{\frac{9,6 \cdot 10^{-3}}{8,8 \cdot 10^{-3}}} = 330 \text{ об.}^{-1}$$

и соответствующее критич. число оборотов в мин.

$$n_k = \frac{\omega_k \cdot 30}{\pi} = 3150.$$

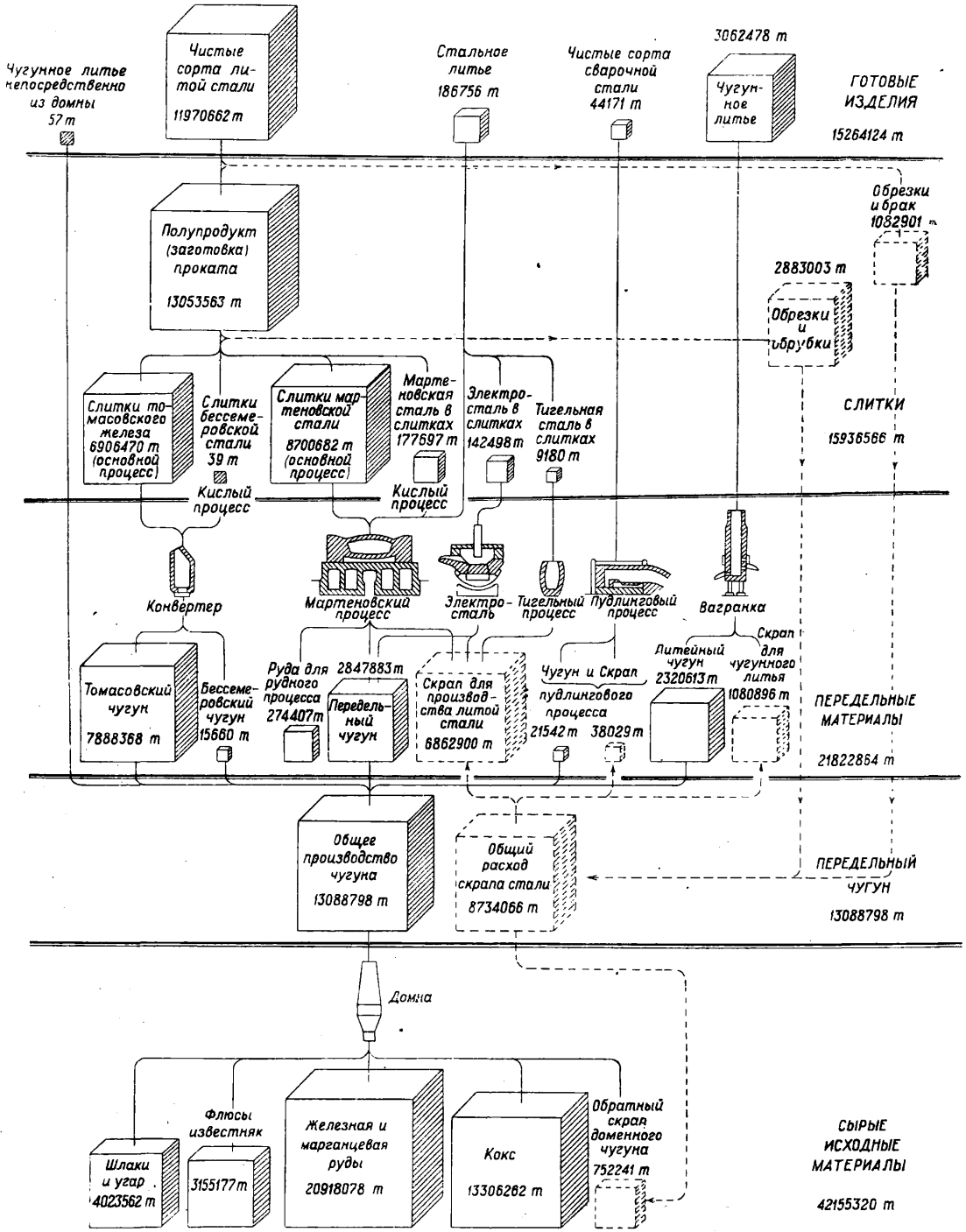
Отношение $\frac{y}{y'}$ д. б. одинаковым для всех точек вала, но поскольку первая упругая линия только приблизительно верна, то возможны отклонения. Если они не слишком велики, то исходя из второй упругой линии, строят новую линию прогибов. Если необходимо учесть моменты, вызываемые жироскопическим действием, то на диаграмму изгибающих моментов, вызываемых центробежными силами, накладывают диаграмму моментов, вызванных парами центробежных сил, и ведут построение по суммарным моментам.

Лит.: Тимошенко С., Теория колебаний в инженерии, пер. с англ., 2 изд., М.—Л., 1931; Stodola A., Dampf- u. Gasturbinen, 6 Aufl., В., 1924; Pfeleiderer C., Die Kreiselpumpen, В., 1924. И. Фрязиновский.

СКРАП, металлические отходы, поступающие гл. обр. в переплавку для изготовления годных слитков. С. может получаться как непригодный металл при производстве (оборотный металл) или как пришедшие в негодность металлург. изделия. Оборотный С. может быть или в виде кусков—обрезь, обрубки, брак (гл. обр. отходы металлургич. цехов) или в виде стружки (отходы механич. цехов). С. в виде кусков благодаря малой поверхности окисления может сравнительно долго храниться на складе и является ценным материалом для переплавки, в то время как стружка часто через короткое время (несколько дней) покрывается ржавчиной и через 2—3 месяца представляет собой только сырье (как и руда) для доменного производства (см.), а не металл, пригодный для мартеновского производства (см.); т. о. промедление в использовании стружки (в мартене) обесценивает ее: стоимость руды во много раз меньше стоимости металла. С. изделий тоже м. б. крупным (обычные части машин) или же с значительной удельной поверхностью (жесть, кровельное железо, проволока и т. п.). Последний вид С. хотя и является наиболее дешевым, очень нежелателен для переплавки, т. к. вносит вредные примеси—олово, мышьяк, серу, фосфор (из краски). Крупный машинный лом, хорошо отсортированный (ж.-д. оси, бандажи), представляющий собой материал определенного химич. состава, является ценнейшей составной частью шихты наиболее ответственных сортов стали.

Крупный С. часто не переплавляется, а подвергается переработке прокаткой, в особенности если он является однородным (по форме и размеру), напр. рельсы, ж.-д. оси, бандажи; в этом случае используют прокатные станы с калибров-

обращают внимания, а тем не менее достаточно указать, что в среднем теряется ок. 5—10% от веса слитка (в зависимости от удельной поверхности) в виде окалины. Этот вид С. может быть переработан только доменным процессом. Ока-



кой для прокатки старых железнодорожных рельс в узкоколейные, для разрезки рельса (напр. из головки получают квадрат, из пера — полосу для шин и т. п.).

Следует указать еще на особый вид С. — о к а л и н а и ш л а к. На этот вид С. совершенно не

лина содержит до 70% Fe и является, так же как и основной мартеновский шлак, очень хорошей составной частью доменной шихты. Сбор скрапа должен быть организован в зависимости от его происхождения. С. (от изделий) должно вестись специальное учреждение и поставить

своей задачей не столько сбор, сколько сортировку его, так чтобы можно было использовать С. без переплавки или же (если нельзя перекачать) чтобы можно было использовать его при выплавке высших сортов стали; для этого надо разделять по маркам составные части машин (к-рые у нас постепенно стандартизованы уже по химич. составу) и передавать сталелитейным и чугунолитейным з-дам С., сортированный по химич. составу и, если надо, по размерам, напр. габарит для мартеновских печей допустим 1,25 × 1,0 м, тогда как для электропечей—максимум 0,5 × 0,5 м; С. для мартеновских печей не должен содержать Сг и Ni; в электропечи все ценные примеси могут сохраниться без потери. Перепутанный по составу С. теряет свою ценность. Напр. в современном автозаводе наряду с ценной легированной Сг и Ni стружкой и обрезью, м. б. автоматная сталь с высоким содержанием S и P. Смесь этих металлич. отходов, ценных по отдельности, не м. б. использована для получения сортового и тем более автоматного слитка, а S и P не дают возможности использовать имеющиеся Сг и Ni для получения высокосортовой стали. Еще важнее выделение и сохранение отходов, содержащих очень ценные W, V и т. п. Отходы в виде окалины и шлака следует передавать на доменные з-ды при учете конечно экономной перевозки. Что касается С. оборотного, то все з-ды, имеющие свои плавильные печи (мартены) обязаны в первую очередь у с е б я переплавлять стружку, а затем обрезь и обрубки. Нам кажется неправильным отбирание С. у мартеновского цеха машиностроительного з-да; в этом случае цех теряет гибкость маневрирования шихтой. Переплавлять одну стружку нельзя даже с добавкой свежего чугуна, а баланс металла машиностроительного з-да в среднем таков, что выпуск металлич. частей покрывается только получением свежего чугуна и небольшим количеством сортового металла. Для иллюстрации этого положения приведен баланс металла (в 1915 г.) на одном русском машиностроительном з-де, при обороте 80 000 т.

Приход в %		Расход в %	
Свежий чугун	30	Вывоз машин из з-да	30
Сортовой матер. (крупные листы и др.)	10	Угар (мартен, кузница, прокат, потери)	20
Оборотный С.	50	Стружки	20
Покупной С.	10	Обрубки, обрезки, брак	30
Всего	100	Всего	100

Организация уборки в перерабатывающих цехах является настоятельно необходимой: половина всей металлич. продукции теряет в своей ценности и пригодности для дальнейшей переработки, резко отражаясь на ухудшении качества всей продукции. Уже в настоящее время такие страны, как Швеция, пришли в тупик из-за обезлички С. из древесноугольного чугуна и принимают все меры уточнить состав С. В США в настоящее время выработаны нормы для классификации С. под названием «Classification of Iron or Steel Scrap». При правильном подборе классифицированного С., напр. с вагранки, может получиться чугун с % отклонения по химич. анализу в 2—5%, тогда как несортированный дает колебания 10—50%, т. е. переводит изделия или в брак или во 2-й сорт. Еще более ценным является С. в цветной металлургии. В этой отрасли особенно важна сортировка стружки, обрезки, брака, а также шлаков. Достаточно иметь в виду, что напр. считается выгодным

разработка медной руды с содержанием 1½—2% Cu, а шлаки с содержанием 10% и более меди часто отбрасываются. Значение С. в балансе металла страны огромно: добываемый металл из руды является частью, иногда небольшой (для мартеновской стали ~ 50%, для электростали 5—10%, всего количества металла, вырабатываемого страной. Напр. за счет С. Германия в войну 1914—18 гг. покрывала свои потребности в меди. За последнее время особенно растет значение С. в металлургическом производстве. Следующая таблица показывает рост потребления железного С. в США.

Табл. 1.—Потребление железного С. в США (в млн. т).

Год	Сталелит.	Домен.	Литейн.	Перер. стар. рельс	Друг. произв.	Всего
1913	11,0	0,9	1,9	0,7	0,8	15,3
1926	23,1	4,1	3,6	1,0	0,4	32,2
1927	22,0	3,8	3,6	1,0	0,3	30,7
1928	25,0	4,0	3,7	1,0	0,4	34,1*

* При производстве 56,0 млн. т слитков.

Из этой таблицы видно все значение С. для черной металлургии. Приблизительно такое же значение имеет С. и для цветной. В табл. 2 указано

Табл. 2.—Источники С. в США в 1928 г.

Оборотный С.	млн. т		С. изделий	млн. т	
	млн.	%		млн.	%
Прокатные цехи	11,3	42	Железнодорож.	5,1	16
Литейные »	2,7	8	Автомоб.	3,7	11
			Желез. констр.	3,1	9
			Трубы	1,7	5
			Сел.-хоз.	1,0	3
			Машиностр.	0,7	2
			Друг. источники	1,4	4
Всего	17	50	Всего	17	50

заны источники С., потребленного в 1928 г. в США (34 млн. т), а в табл. 3 дано распределение этого количества С. по цехам.

Табл. 3.—Распределение С. в США в 1928 г.

Название цеха	млн. т		Название цеха	млн. т	
	млн.	%		млн.	%
Сталелитейный цех	25,0	72	Прокатный цех	1,0	3
Доменный цех	4,0	12	Другие	0,3	1
Чугунолитейный цех	3,7	12	Всего	31,0	100

На схеме (ст. 209—10) показан полный баланс металла Германии за 1927 г.

Лит.: «St. u. E.», 1929, p. 1638, 456; «Iron Age», N. Y., 1926, p. 1060; 1929, p. 411; «Blast Furnace», Pittsburgh, 1927, p. 13; «Fuels a. Furnaces», Pittsburgh, 1926, 303; p. 1191. «Foundry», 1927, v. 55, p. 710; Особенно интересна ст. Einfluss verschiedener Schrott- u. Roheisenverhältnisse auf die Wirtschaftlichkeit des S. M. Betriebes, «St. u. E.», 1928, p. 328, где приведены исследования работы с разным скрапом и калькуляция его цены.

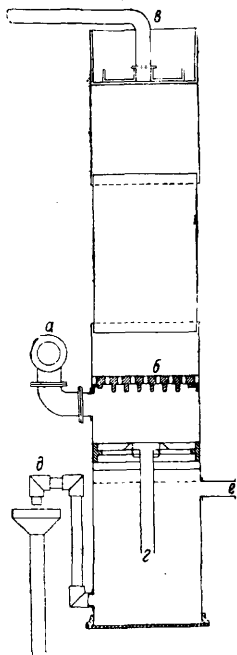
СКРЕПЕР, стальной гребок, применяемый для доставки от забоя добытого полезного ископаемого. Скрепер состоит из двух половин, соединенных между собою шарниром, или же представляет собой жесткую конструкцию. См. Доставка рудничная, Механизация горных работ, Подземные машины и Земляные работы.

К. Грачев.

СКРЕПЛЕНИЕ ОРУДИЙНЫХ СТВОЛОВ, см.

Пушечное производство.

СКРУББЕР, приспособление для улавливания легко летучих частей, не конденсирующихся в холодильниках перегонной или газовой аппаратуры. С. широко применяются в нефтеперегонном деле, в коксобензолной промышленности, в газовом деле и т. д. Простейший тип С. (фигура) представляет собой высокий железный клепаный цилиндр небольшого диаметра, заполненный кусками кокса, битого кирпича или специальной насадкой (кольца Рашига и т. п.), которые орошаются сверху той или иной холодной жидкостью. Не конденсирующиеся газы поступают по вводной трубе *a* под решетку *b*, проходит сквозь нее и поднимаются навстречу стекающей воде или скрубберному маслу. Отсюда газы отводятся через выводную трубу



б, сконденсированные же продукты вместе со скрубберной жидкостью через трубку *г* собираются в нижней части С. и здесь разделяются: вода более тяжелая отводится через нижнюю трубку *д* в воронку С. и далее в отстойники; более же легкий углеводородный слой стекает по трубе *е* в соответствующие приемники. В зависимости от размеров С. насадку распределяют либо на одной решетке либо на двух-трех расположенных на различной высоте С. Орошение насадки производится через радиально расположенные в верхней части С. трубки с многочисленными отверстиями. Обслуживающий нефтеперегонную батарею С. присоединяется к верхнему ее холодильнику. Газы, направляющиеся отсюда к С., состоят из воздуха, к-рый

был растворен ранее в нефти и воде, из небольших количеств углекислоты (до 8%) и окиси углерода (0,5—1%) и гл. обр. из паров бензина, к-рые не успели достаточно охладиться в холодильнике и конденсируются лишь в скруббере. Количество бензина, уносимое не конденсирующимися в холодильнике газами, зависит от их t° ; на каждые 1 000 т перегоняемой нефти оно составляет при 25° —4,5 т, при 50° —24,0 т. В качестве жидкости на С. керосиновых батарей употребляется либо вода либо тяжелые сорта бензина (лигроин); в последнем случае благодаря обогащению в С. тяжелого бензина легкими углеводородами иногда сразу получаются товарные сорта бензина, в противном случае получаемый из С. продукт направляется на повторную перегонку. Обычные размеры С. на керосиновой батарее 0,75 × 4,5 м.

В коксобензолной промышленности С. служат для улавливания аммиака и сырого бензола из коксового газа. В конструктивном отношении они гораздо разнообразнее, чем С., применяемые в нефтеперегонном деле. Здесь различают: 1) С. с насадкой из дерева в виде системы хордовых реек или в форме железных или фарфоровых колец, спиралей (кольца Рашига, спирали Брежа) и т. п.; 2) С. без насадки с образ-

гивающим орошением, в которых жидкость подается под давлением и с помощью специальной приспособлений, подвешается мельчайшему распылению; 3) центрифугальные С., разделенные на ряд расположенных друг над другом камер, каждая из которых обслуживается особым вращающимся диском, отбрасывающим поглощающую жидкость в виде мельчайших капелек в газовой пространстве; 4) горизонтальные С. (стандарт С.), представляющие собой железный или чугунный цилиндр, разделенный на ряд камер, внутри к-рых на общей горизонтальной оси вращаются пучки прутьев из гибкого дерева; последние сильно вспенивают воду и создают в газовой части туман из мелких брызг скрубберной жидкости; выпуск газа и воды и здесь производится с разных сторон, т. ч. они проходят последовательно все камеры в прямо противоположном направлении. Два последних типа С. являются наиболее совершенными, и поглощение в них аммиака достигает 95—99%. В качестве жидкости для орошения С. на коксобензолных заводах применяют: для поглощения аммиака—воду, для поглощения же паров сырого бензола—нефтяное соляровое масло, тяжелые каменноугольные масла (нафталиновое и антраценовое), буроугольное масло и т. п.; эти последние, после насыщения их до известной степени парами сырого бензола, поступают на перегонку, а затем после отгонки сырого бензола вновь возвращаются в обработку на С. По своим размерам С. на коксовальных з-дах значительно превышают С. нефтеперегонных з-дов, достигая здесь 40 м высоты и 1,5—3,3 м в диаметре. Вследствие того что давление, развиваемое газом в процессе коксования, недостаточно для преодоления сопротивлений току газа, необходима установка эксгаустера. С. на крекинг-установках, особенно же на установках пирогенетического разложения нефти, имеют такое же устройство, как на коксобензолных заводах (типы 1 и 2). При утилизации газа *естественного* (см.) С. применяются для поглощения из газа бензиновых паров (газовый бензин). Если содержание бензина в естественном газе невелико (бедный или сухой газ), его направляют прямо в скрубберы (абсорберы); в противном случае газ (богатый или влажный) сначала поступает на компрессионный газолиновый з-д, и лишь после того как большая часть газолина выделится здесь вследствие сжатия и охлаждения, полуотработанный газ направляют в С. абсорбционной установки. С., применяемые в газовом деле, принадлежат к тем же основным типам, к-рые описаны выше; наибольшее распространение получили здесь С. с различными насадками. В качестве скрубберной жидкости обыкновенно употребляется соляровое масло. Скрубберы типа, изображенного на фигуре, применяются для очистки генераторного газа в установках двигателей внутреннего сгорания.

С. являются главной частью всякой абсорбционной установки. За последнее время эти установки получили все более и более широкое распространение в связи с проблемой улавливания из воздуха заводских помещений паров самых разнообразных растворителей, как то: спирта, эфира, бензина, ароматических углеводородов и других, применяемых в различных отраслях промышленности в громадных количествах. Их улавливание производится просасыванием воздуха из соответствующих заводских помещений через скрубберы, орошаемые

соответствующей жидкостью, с последующим разделением их путем отгонки.

Лит.: Лоханский И. И., Основы коксования и улавливания побочных продуктов, Л., 1930; Дюбрюнски и А. Ф., Курс технологии нефти, М.—Л., 1930, Оберфельд Г. и Алдсен Р., Газолин из природного газа, пер. с англ., М.—Л., 1926; Шахназаров М. Х.; Естественный газ, его добыча и утилизация, М.—Л., 1928; Саркисянц Г. А., Курс добычи и утилизации газа, Баку, 1930.

СКРЫТАЯ ТЕПЛОТА, количество тепла, потребное для перехода 1 г (удельная С. т. в cal/g) или 1 г-мол. (молярная С. т. в cal/g-мол.) из одного агрегатного состояния (1) в другое (2) при постоянной t° перехода, т. е. в изотермич. процессе. При обратном переходе это же количество тепла выделяется в окружающую среду, т. е.

$$Q_{12} = -Q_{21}.$$

Наибольшее значение в технике имеют С. т. плавления (см.) и С. т. испарения (см.). См. также Пары. Обратным переходам соответствуют С. т. затвердевания и С. т. сжижения (конденсации). В более общем смысле под С. т. данного изотермич. процесса, напр. химич. реакции, понимают количество тепла, к-рое д. б. сообщено реагирующей системе извне или отнято от нее, для того чтобы T° во время процесса оставалась постоянной; при этом термодинамика дает такое общее выражение для С. т. процесса (напр. для С. т. адсорбции, растворения) согласно ур-нию Гиббса-Гельмгольца

$$Q = -T \frac{d\Delta F}{dT} = T \frac{dA}{dT}; Q = \Delta U + A. \quad (1)$$

Здесь ΔF — уменьшение свободной энергии (см.) в данном изотермич. процессе, а $A = -\Delta F_T$ — максимальная работа этого процесса. Из (1) для случая моновариантных превращений (плавление, испарение, диссоциация типа $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO}$) получаем:

$$Q = T \frac{dp}{dT} (v_2 - v_1), \quad (2)$$

ур-ие Клапейрона-Клаузиуса для С. т. перехода, позволяющее вычислить Q , зная ур-ие моновариантной кривой $p = f(T)$ (напр. кривой испарения). С. т. идет: 1) на изменение ΔU внутренней энергии, соответствующей изменению характера движения и взаимного расположения молекул и сил, действующих между ними; эта часть С. т. иногда называется внутренней $Q_i = \Delta U$; 2) на внешнюю работу процесса $A =$

$= \int_1^2 p dv$; в простейшем случае $A = p(v_2 - v_1)$.

Из (2) находим:

$$Q_i = Q - p(v_2 - v_1) = (T \frac{dp}{dT} - p)(v_2 - v_1) \quad (3)$$

или в более общем виде

$$Q_i = \Delta U = Q - A = T \frac{dA}{dT} - A. \quad (4)$$

Лит.: см. Термодинамика и Потенциал термодинамический. П. Ребиндер.

СЛАНЦЕВАТОСТЬ, делимость горных пород, преимущественно мелкозернистых (глины, глинистые песчаники), параллельными плоскостями на тонкие слои. С. подразделяется на первичную, с параллельным расположением пластинчатых минералов [очень тонкая слоистость (см.)], и вторичную С., называемую кливажем, обусловленную односторонним давлением при процессах горообразования. Плоскость С., перпендикулярная направлению давления, пересекает плоскость слоистости под острым углом той или иной величины (косая С.) или прямым углом (попе-

речная С.). Степень С. зависит от мелкозернистости породы и величины давления. В крупнозернистых породах (песчаники, известняки, граниты) С. не образуются. По плоскостям С. породы легче разрушаются, что делает сланцеватые породы мало пригодными в качестве материала для штучного камня; подземные выработки в сланцеватых породах требуют более усиленного крепления. Наличие в сланцеватых породах большого количества щелей и мельчайших трещин уменьшает эффективность взрывных работ, т. к. по трещинам происходит рассеивание газов, образующихся при взрыве. При проходке сланцеватых пород происходит часто заклинивание бурового инструмента и более значительное искривление скважин и больший расход алмазов. Плоскосты С. часто гигроскопичны и по ним наблюдается большой приток воды. С. в некоторых случаях придает породам механически ценные качества (красивые сланцы).

СЛАНЦЫ горючие, глинистая или мергелистая порода, относящаяся к типу сапропелевых образований (см. Сапропелиты) и обладающая способностью раскалываться на тонкие плитки, загораться от спички в сухом виде и гореть коптящим пламенем, распространяя при этом характерный запах битумов (см.). При перегонке С. образуются нефтеобразные продукты, к-рые нельзя получить обработкой их растворителями, чем горючие С. отличаются от других С., пропитанных нефтью или асфальтом и из к-рых битумы м. б. извлечены органич. растворителями—сернистым углеродом и бензолом. В качестве промышленного использования нашли себе применение С. первого типа, не содержащие готовых битумов.

Вопрос утилизации горючих С. чрезвычайно важен по тому количеству разнообразных продуктов, к-рые могут быть получены из них в результате их переработки. Прежде всего горючие С. используются в твердом виде как топливо для паровозных установок (Эстония). Сверх того там, где сланцеперегонная промышленность вполне обосновалась и успешно развивается, из С. получают следующие продукты. 1) Легкий бензин (уд. в. 0,66—0,75), применяемый как растворитель вместо петролейного эфира; его прибавляют также к более тяжелым бензинам для двигателей внутреннего сгорания, работающих на карбюрированном топливе. 2) Средний бензин, т. н. сланцевая нефть (уд. в. 0,75—0,77), применяемый как моторное топливо. 3) Горючее ламповое масло (уд. в. 0,77—0,83), применяемое для ламп и для более тяжелых двигателей. 4) Газовое масло (уд. в. 0,84—0,865), применяемое для производства и обогащения газа и для нек-рых видов растворения в технике. 5) Смазочное масло (уд. в. 0,870—0,895), применяемое для смазывания машин, частей паровозов и пр. (удобно в холодное время года). 6) Парафин (с температурой плавления $40 \div 54^\circ$), применяемый подобно нефтяному парафину для изготовления свечей, сургуча, гуталина, смолки и пр. 7) Кубный кокс, кубная мазь, асфальтоподобный пек, применяемые для заливки аккумуляторов, для фабрикации элементных батарей, для изготовления толя, асфальтирования улиц и т. п. 8) Газ, применяемый для отопления и освещения. 9) Сульфат аммония, применяемый в качестве удобрения. 10) Ихтиол и другие дополнительные продукты: сера, фенолы. 11) Материал для роман-цемента и для кирпичей и т. п.

Утилизация С. началась в конце прошлого века гл. обр. в Шотландии, затем в Германии, Франции, Швеции, Канаде и США. В настоящее время добыча и переработка горючих С. сосредоточиваются в Англии (Шотландия), Эстонии и Манчжурии. Мировая добыча горючих С. приведена в табл. 1. В Шотландии выра-

кольцеобразными каналами вверх, проходят через С. в реторте, производя их перегонку. Перегонка совершается при t° 550°. Летучие вещества из верхней части реторты проходят в сепараторы через холодильник, эксгаустер, экстрактор, конденсатор. Часть газов вместе с сырыми С. используется для нагрева котлов.

Табл. 1.—Добыча горючих сланцев по странам (в т.).

Страны	Средний выход нефти в л/т	1913	1923	1924	1925	1926	1927
СССР *1	—	—	29 779	11 684	1 130	1 871	9 434
Великобритания	95	3 333 048	2 906 516	2 902 960	2 504 390	1 991 250	2 080 122
Франция	46—91	208 000 *2	62 121	70 900	—	—	—
Германия *3	60	—	1 202	529	406	10	—
Эстония	180	—	214 099	233 631	288 104	434 742	397 600
Италия	26—87	2 640	5 660	2 986	5 448	10 197	10 700
Австрия	60—100	3 000 *4	377	373	653	473	—
США	115	—	9 300	21 201	—	—	—
Австралия	362	17 268	2 345	2 254	833	2 161	—

*1 Годы, оканчивающиеся 30 сентября.

*2 Предположительно.

*3 Бавария.

*4 Австро-Венгрия.

ботка сланцевых продуктов падает параллельно снижению добычи С. и увеличению ввоза нефтепродуктов.

Эстонские С. покрывают площадь около 2 400 км². Цвет С. колеблется от светлокоричневого до темнокоричневого, консистенция очень мягкая, уд. в. 1, 2, —1,8, б. ч. 1,5. Состав этих С. приведен в табл. 2, а результаты их перегонки даны в табл. 3.

Табл. 2.—Состав эстонских сланцев. *1

Род С.	Воды	Зола	CO ₂	Зола и CO ₂	Орган. вещ.
Свежедобытый *2	18,2	30,0	7,9	37,9	43,4
Высушенный на воздухе *3	1,5	36,1	9,5	45,6	52,9

*1 Содержание этих сланцев близко подходит к химической формуле (C₉H₁₁O). *2 Теплопроизводительность 3 000—3 500 Cal/кг. *3 Теплопроизводительность 5 200—4 500 Cal/кг.

Табл. 3.—Перегонка эстонских сланцев при различных t°.

t°	Выход смолы, %	Выход смолы, л/т	Выход газа, м ³ /т	Калорийность смолы, Cal/кг
410	27,1	63,3	1 900	4 500
500	29,7	72,9	2 250	4 600
600	37,8	74,8	5 000	—
700	27,5	65,0	4 500	—
900	21,7	49,7	7 200	—

Самая крупная перегонная сланцевая установка в Эстонии (в Кохтле) состоит из шести реторт генераторного типа сист. Пинч. Шведская компания установила в Силломьягах реторту с туннельной печью. Выход смолы составляет 15%. В настоящее время англ. Об-во Голдфилдс (Лондон), имеющее в Эстонии концессию, сооружает новую установку с вращающейся ретортой Давидсона. Реторта Пинч состоит из вертикального чугунного цилиндра, облицованного кирпичем. Ее внешний диам. 2 м, высота 5 м. С. дробятся в куски величиной 5—10 см (куски такого размера наиболее удобны для работы). С. засыпаются обычным путем через воронку. Газы из камеры горения, находящейся внизу генератора, поднимаются

Полученная сланцевая смола имеет следующие свойства:

Уд. в. при 15°	ок. 1,0	Калорийность	
Влажность	ок. 1%	в Cal/кг	9 600
Нерастворимых в бензине	0,3%	Реакция	нейтр.
Содержание серы	ок. 1%	t° вспышки	83°
		Вязкость при 50°	5

1 м³ газов содержит ок. 20 г легкого бензина; калорийность газов 1 240 Cal/м³. Сланцевая смола в Кохтле содержит ничтожное количество бензина. Основные вещества, получаемые при перегонке этой смолы и имеющие промышленное значение, следующие. 1) Нефть или дизельное масло; дистиллат нейтрализуется, а более низкокипящие составные части уносятся паром; свойства нефти следующие: t° вспышки (Пенский-Мартенс) выше 80°; вязкость при 50° 1,0—1,3° E; уд. в. 0,93—0,95; содержание серы ок. 0,9%, кокса 3—4%; калорийность 9 700—10 000 Cal/кг.

При перегонке до 200°	перегоняется	5+8% нефти
» » » 200+250°	»	15+20% »
» » » 250+300°	»	20+30% »
» » » 300+360°	»	30+40% »

2) Смазочное масло хорошего качества (получалось лишь лабораторным путем). 3) Битум—остаток от перегонки сырой смолы с температурой плавления от 70 до 90°.

С. в Эстонии находят применение в трех основных направлениях: 1) в качестве топлива для паровых установок, 2) как исходный материал для получения бензинов, 3) как исходный материал для получения различных материалов для химич. пром-сти. Сжигание С. в топках паровоза дало настолько хорошие результаты, что побудило перевести на отопление С. большую часть эстонских железных дорог (паровозные топки), причем специальная правительственная комиссия, обследовавшая результаты применения сланцев в паровозах, пришла к заключению, что применение сланцев даст экономии в 22% по сравнению с дровами и каменным углем и 43% по сравнению с торфом. Сланцевый бензин имеет применение в авиации вследствие своей значительной детонационной стойкости.

Ф у ш у н с к и й с л а н е ц (Манчжурия) залегает на глубине 143 м непосредственно поверх каменноугольных пластов. Запасы его исчисляются в 5 000 000 000 т, из которых 2 300 000 000 т находятся на глубине 305 м.

паровых установок. 2) Они могут генерироваться для получения газа, смол и золы. 3) Они могут служить исходным материалом для химич. пром-сти. Эти три метода предполагают в силу сказанного применение С. в местах, непосредственно прилегающих к соответствующим районам сланцевозалегания, где м. б. организованы соответствующие химич. и цементные производства, энергия для которых будет получаться сжиганием С. под котлами паровых или газовых электростанций. 4) Получающаяся при газификации С. смола может уже вполне рентабельно транспортироваться в виде тяжелых топлив для двигателей Дизеля или в виде бензина для двигателей автомобильных и авиационных. 5) Наконец в местах залегания С. может быть развернута сланцевая пром-сть, которая будет вырабатывать из них моторное топливо (легкое и тяжелое). В области непосредственного сжигания С. как топлива в промышленном масштабе имеется уже значительный опыт, и возможность их энергетического использования считается доказанной: горючие С. можно сжигать также экономно, как и всякие другие виды высококалорийного топлива. Для иллюстрации экономичности применения С. в паровых установках в табл. 5 приводятся сравнительные стои-

Табл. 5. — Сравнительная стоимость (в коп.) энергии, полученной при сжигании сланцев, донецкого топлива и мазута.

Место установки	Единица энергии	Стоимость в коп.		
		Сланцы	Донецкое топливо	Мазут
Ленинград . . .	10 000 Cal	2,5	4,0	—
Самара	10 000 "	2,75	—	3,10
Кашпир	10 000 "	1,29	—	3,10
Ульяновск	10 000 "	3,0	—	3,5
Ундоры	10 000 "	2,14	—	3,0—3,50
Общий Сырт . . .	1 kWh	2,93	3,53	3,48

мости единицы энергии на разных сортах топлива. Доказано также, что зола, получающаяся при сжигании С., может найти применение как добавка к цементу. Однако С. не нашли еще себе в СССР широкого применения как энергетическое топливо. Помимо своего значения как топлива горючие С. являются высококачественным сырьем для химич. промышленности и в первую очередь служат новым источником получения жидкого горючего моторного топлива. Однако химич. переработка горючих С. в СССР находится еще на более низком уровне своего развития, чем энергетическое их использование, и не вышла еще из стадии лабораторных и полужавоцких опытов. Тем не менее данные о применении С. как моторного топлива (получены при испытаниях С. в газогенераторах), сланцевых смол в двигателях Дизеля и с запальным шаром и сланцевых бензинов в автомобилях доказали принципиальную возможность использования С. в указанных выше целях в большом числе вариантов.

Лит.: Розанов А., Горючие сланцы европ. части СССР, «Материалы по общ. и прикл. геологии», № 73, Л., 1927; Вассерман А., Сырье и энергия, Л., 1931; Стюарт Д., Химия горючих сланцев, пер. с англ., Л., 1920; Вологдин М., Сибирские сапропелиты, Ново-Сибирск, 1931; Гитис В., Сланцы как моторное топливо, Л., 1932; Потонье Г., Сапропелиты, пер. с франц., Л., 1920; Вахрушев Г., Горючие ископаемые Башкирии, Уфа, 1932; Вальгис В., Сланцевая смола и продукты ее перегонки, «Нефтяное и сланцевое хозяйство», Л., 1920, 1—3; Гвоздев Н., Сланцевая промышленность в Шотландии, там же, 1920,

1—3; егo же, Горючие сланцы США, там же, 1920, 1—3; егo же, Горючие сланцы Австралии, там же, 1920, 1—3; Соловьев П., Перегонка волжских сланцев на бензин, там же, 1920, 1—3; Якубов В., Нефть и сланцы в экономике России, там же, 1920, 4—8; Соловьев П., Гонки для сланцев, там же, 1920, 4—8; Кинд В., Сланцы в цементном деле, там же, 1920, 4—8; Вальгис В., Сланцы, как материал для светильного газа, там же, 1920, 4—8; егo же, Сланцы в газогенераторных установках, там же, 1920, 4—8; егo же, Сланцевая смола в двигателях внутреннего сгорания, там же, 1920, 4—8; Коняев Г., Сланцы в металлургии, там же, 1920, 4—8; Бекон Г., Гемпер, Сланцевое дело в Шотландии, пер. с англ., там же, 1920, 4—8; Гвоздев С., Материалы для библиографии горючих сланцев, там же, 1920, 4—8; Слюгин И., Шишкин В., Сланцы Савельевского месторождения, «Горючие сланцы», М., 1931; их же, К Омутнинской проблеме, там же, 1931, 2—3; Шишкин В., Кашпирское месторождение горючих сланцев, там же, 1932, 1; егo же, Горючие сланцы Чувашской АССР, там же, 1932, 2; егo же, За качество сланца, там же, 1932, 5—6; егo же, Горючие сланцы Башкирской АССР, там же, 1932, 5—6; Розанов А., Возможны ли открытия в Заволжье к С. и С.-З. от Общего Сырта сланцев крупного промышленного значения, там же, 1932, 5—6; Волькевич А., Задачи и методы геолог.-развед. работ в Заволжье, там же, 1932, 4; Асмус В., Распространение сланцев по отдельным районам СССР с краткой характеристикой их залежей, «Горючие сланцы и их технич. использование», под ред. Дубова П. и Челлищева В., Л., 1932; Погоребов П., Месторождения горючих сланцев Ленинградской области, там же, 1932; Розанов А., Геологич.-развед. обследование месторождений горючих сланцев на Общем Сырте Нижнего Поволжья, там же, 1932; Попов Н. и Горяинов А. О., Месторождения горючих сланцев в Савельевском районе Нижне-Волжского края, там же, 1932; Sander, Braunkohle bituminose Gesteine, «Brennstoffchemie», Essen, 1929, H. 10; Sander, Oelschiefer, ibid., 1925, Heft 8; Trenkler, Oelschiefer, «Feuerungstechnik», Leipzig, 1925, B. 13, 17; Sander, Leuchtgas aus Oelschiefer, «Gas- u. Wasserfach», München, 1928, B. 71, 29; Fleisemann, Schwellung v. Oelschiefere in Drehöfen, «Brennstoffchemie», Essen, 1928, B. 7, 15; Metivier, «Arts et Métiers», P., 1924, t. 77, 43; Brownlie, Carbonisation à basses températures du chiste, «Chaleur Industrie», P., 1928, t. 9, 102; Soellhen, Oelschiefervergasung im Gaswerk, «Gas-Wasserfach», Mch., 1922, B. 65, 32; Kagermann, Oil-Shale Industry of Estonia, «Gesamtbericht d. 2 Weltkraft Konferenz», B. 8, B., 1931; Ghittis W., Schiefer als Brennstoff f. Gasgeneratoranlagen, «Wirtschafts-Motor», B., 1923, 6; Ghittis W., Schiefer als Brennstoff f. Gasgeneratoranlagen, ibid., 1923, 5; Jenson J. B., «Chemical Metallurgical Engineering», N. Y., 1922, 15/III; Thieson, «Brennstoffchemie», Essen, 1922, 16; Mc Coy, «Journ. of Geology», Chicago, 1919, p. 252; Mitchell G. E., Billions of Barrels of Oil Locked in Rocks, «Geological Magazine», L., 1918, 33; Alderson V. C., Oil Shale Industry, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1918.

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО, сем. Холодная обработка.

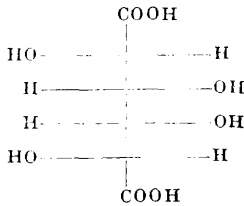
СЛИВА (*Prunus*, сем. Amygdalaceae), кустарник или небольшое дерево (до 7—8 м высотой). Непребовательна к почве, довольствуется сухой и каменистой, почему может служить напр. для облесения Яйлы (Крым). Древесина сливы твердая; уд. в. 0,80—0,83; светлобурая; ценится краснодеревцами (богатая игра древесины под полировкой) и токарями. Известно семейств С. : 1) Венгерка (*Prunus oesopomica*, Pr. damascena—чернослив), культура которой распространена до 56—57° с. ш. Сочинский сушеный чернослив (Черноморское побережье, Кавказ) по своему качеству стоит выше лучших сортов французского чернослива (Бордо). Химич. состав чернослива (по Церевитинову):

	Ишв. сахар	Сахароза	Вода
Сочинский чернослив	35,70—44,68	0,93—6,25	24,45—32,56
Французский чернослив	35,78—41,44	1,07—3,37	28,58—33,54

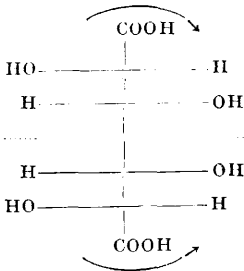
2) Садовая слива, область распространения немного севернее района распространения венгерки. Известно до 800 сортов садовой С. 3) Тернослива (*Pr. insititia*), граница распространения — линия Харьков — Саратов — Сретенск (в Крыму не встречается). 4) Алыча, аладуса, лыча (*Pr. divaricata*), область распространения — Кавказ, Туркестан. 5) Терн,

терновник (*Pr. spinosa*), район распространения—Кавказ. В Среднем Поволжье терн разводят как садовую культуру. 6) Ренклод (*Pr. italica*), область распространения—Крым, Кавказ, Украина. 7) Мирабель (*Pr. syriaca*).

СЛИЗЕВАЯ КИСЛОТА $\text{COOH}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$. Получена впервые Шееле окислением молочного сахара в 1780 г. Получается также при окислении дубльита, галактозы, галактоновой к-ты, камедей, растительных слизей и т. д. Оптически инактивна вследствие внутренней компенсации вращения. Благодаря этому ее можно получить как из *l*-галактозы, так и из *d*-галактозы, двух оптически противоположных соединений. Ее конфигурация, обладающая внутренней симметрией, устанавливается окислением азотной кислотой α -гексеновой кислоты.



Действительно, если разделить молекулу С. к. пополам, то действие на поляризованный свет обеих половин будет взаимно компенсироваться:



Соответственно с такой конфигурацией попытки расщепить С. к. на оптические антиподы кристаллизацией ее солей с оптич. деятельными алколоидами не привели к успеху. При восстановлении С. к. получается рацемич. *dl*-галактоновая к-та. При окислении С. к. перманганатом образуются виноградная и шавелевая к-ты. С. к.—белый кристаллич. порошок, $t_{\text{пл.}} 213^\circ$. Трудно растворима в воде (в 300 ч. холодной воды) в противоположность сахарной к-те. Это свойство С. к. используют при открытии галактозы. С. к. не восстанавливает фелингов раствор. При действии уксусного ангидрида С. к. дает диэтиловый эфир $\text{C}_2\text{H}_5\text{OSO}(\text{CHOH})_4\text{COOC}_2\text{H}_5$ с $t_{\text{пл.}} 172^\circ$.

Лит.: Чичибабин А., Основные начала органич. химии, 3 изд., М.—Л., 1931; Шорыгин П., Химия углеводов, 2 изд., М.—Л., 1931; Meyer V., Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., В. 1, Т. 2, Лpz., 1923. А. Панченко и А. Воппе.

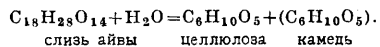
СЛИЗИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА, слизеобразные вещества, весьма распространенные в растениях, образующие в воде коллоидные растворы, и часто способные высаливаться сернокальцием аммонием (слизь из алтея, льна, айвы); см. Камедь, растительные слизи. С. в. отличаются от пектина (см. Пектиновые вещества) неспособностью коагулировать. При гидролизе дают пентозы и гексозы, гл. обр. арабинозу и галактозу. С. в., образуемые некоторыми видами бактерий, состоят гл. обр. из ангидридов углеводов, дающих при гидролизе фруктозу,

глюкозу, галактозу. Ч и р х различает С. в. сл. обр.: 1) целлюлозные слизи, к-рые дают известные реакции целлюлозы и азотной к-той окисляются в шавелевую к-ту, но слизевой к-ты не образуют (слизи из семян айвы, черной и белой горчицы и др.); 2) настоящие слизи, к-рые окрашиваются хлорцинкидом (от желтого до бурого цвета) и окисляются азотной к-той в шавелевую и слизевую к-ты. Настоящие слизи нерастворимы в аммиачном растворе окиси меди (слизи из семян льна, подорожника, корня алтея и др.).

С. в. из льняного семени. Находящийся в молодых семенах льна крахмал превращается частично при созревании семени в С. в., к-рое отлагается в оболочке клеток и при обработке водою дает чрезвычайно сильное набухание. Слизь образуется при стоянии льняного семени с водою (1 : 3); затем жидкость отделяют от семени процеживанием и выжиманием, и из нее осаждают спиртом, немного подкисленным соляной к-той, С. в., к-рые затем промывают спиртом и эфиром. Льняное семя содержит до 6% слизи. Чистая слизь представляет собою белое вещество волокнистой структуры, растворимое в холодной воде и имеющее слабокислую реакцию. Раствор ее вращает вправо. При окислении азотной к-той получается слизевая к-та, при нагревании с HCl —фурфурол. Элементарный анализ приводит к формуле $2(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) \cdot 2(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4)$. При гидролизе однопроцентной серной кислоты образуются глюкоза, галактоза, арабиноза, ксилоза. Находит применение в медицине.

С. в. салепа получается из высушенных богатых слизью клубней ятрышника (*Orchis militaris* L.) и других видов орхидей (O. Morio L., *Plantanthera bifolia* Rich. и др.). Сухие клубни ятрышника носят название салепа; наибольшее количество его добывается в М. Азии, откуда его доставляют на европ. рынки. Это С. в. есть маниан, к-рый при гидролизе переходит количественно в маннозу (см.); фелингову жидкость не восстанавливает; иодом с H_2SO_4 окрашивается в желтый цвет. Салепа находит широкое применение в медицине, реже как питательное средство (с вином, бульоном, молоком и пр.).

С. в. семян айвы (*Sydonia vulgaris*) представляет серовато-белое вещество, в воде набухающее в студенистую массу. Эмпирич. формула $\text{C}_{18}\text{H}_{28}\text{O}_{14}$. При кипячении 1 ч. слизи с 150 ч. разбавленной H_2SO_4 получается хлопья, которые окрашиваются иодом с H_2SO_4 в синий цвет и наполовину растворимы в реактиве Швейцера; т. о. слизь показывает реакции целлюлозы, к-рой в слизи ок. 34%. По Толленсу слизь айвы есть соединение целлюлозы с кадмедью, и ее распад выражается ур-ием:



При дальнейшем гидролизе получают сахара—ксилоза, глюкоза и др. Содержание С. в. в семенах айвы ок. 20%. Применяется в медицине как наружное обволакивающее средство.

С. в. алтея получается из корней растения *Althaea officinalis* L., в сухих корнях содержится ок. 30% слизи. Применяется в медицине при катархах дыхательных органов, а также как питательное средство, входя в состав слизистой диеты. При гидролизе дает галактозу и глюкозу, при окислении азотной к-той—слизевую кислоту (см.).

Бактериальные слизи образуются нек-рыми видами бактерий. На сахарных в-дах иногда в сахарных растворах образуются слизистые сгустки, напоминающие лягушечью икру; причиной их развития являются бактерии *Leucostoc mesenteroides*, клетки к-рых покрыты толстой слизистой оболочкой, состоящей по Шейблеру из декстрина — вещества, имеющего правое вращение ($[\alpha]_D = +223^\circ$), не дающего с иодом (или с иодом вместе с H_2SO_4) окрашивания, растворимого в крепких растворах КОН и NaOH. Эти бактерии в случае заражения ими сахара быстро размножаются, питаются за счет сахара и выделяя инвертазу, переводят значительные количества сахарозы в *инвертный сахар* (см.); они способны переносить высокие t° .

Имеют бактерии, образующие слизи в молоке (тягучее молоко от *Vacillus lactis viscosus*), в вине (ожирение вина от *V. v. vini*), в шиве (*V. v. I* и *II*).

К С. в. можно также отнести *агар-агар* (см.), получаемый из стенок красных морских водорослей, состоящий гл. обр. из желозы (гелозы).

Лит.: K ö n i g, J., *Chemie d. menschlichen Nahrungsmittel*, B. 2, 5 Aufl., Berlin, 1923; *A b d e r h a l d e n* E., *Biochemisches Handlexikon*, B. 2, Berlin, 1911.

Ф. Червятинов.

Словолитное производство, изготовление так наз. наборного материала: шрифта, знаков и пробельного материала, а также линеек, украшений и обкладочного форматного материала (см. *Набор типографский*). Наборный материал идет почти исключительно для выполнения ручного набора, и динамика развития С. п. определяется динамикой развития наборного дела.

Рационализация ручного набора путем введения наборных машин (см.), усиление возможностей механизации набора все более и более сложных наборных форм (смешанных, акцидентных, математических, многоязычных и т. п.), введение в наборные цехи отливных машин типа Лудлова (см. *Наборные машины*) уменьшают темпы роста ручного набора, а значит и С. п., несмотря на общий количественный рост набора. Рост потребности в наборном материале уменьшается также развитием с т е р е о т и п о в а н и я, оберегающего не только время, но и шрифт. Замена гарта менее трудоемким сырьем, введение в наборные цехи машин типа Эльрод, отливающих пробельный материал, и т. п. также уменьшают потребность в продукции С. п. Наконец развитие способов печати офсет и *тифбрук* (см.) также снижает темпы роста потребности в наборном материале и вызывает необходимость в разработке метода фотонабора, который может еще более вытеснить наборный материал даже из типографской печати, поскольку будет разрешена проблема достаточной легкости чтения печати с травленых печатных форм. В указанных условиях перспективы развития С. п. сводятся исключительно к росту его вследствие бурного абсолютного роста полиграфпромышленности при недостаточно быстро проводимой рационализации. Но по мере усиления рационализации С. п. будет терять большие участки.

На ближайшие годы рост С. п. обуславливается развитием широкой сети мелких и средних типографий в колхозах, районах и областях. Необходимо учитывать, что потребность в продукции словолитен определяется не только реальной потребностью около 60 к на печатный лист, но и организацией производственного процесса печати и шрифтового хозяйства. Изъятие потерь времени в процессах набора, корректуры, верстки, спуска и приправки, печати, смывки форм и рабора уменьшит потребность в наборных материалах. Стандартизация шрифтов — также фактор уменьшения продукции словолитен. Советская рационализация наборного дела изживает остатки капиталистич. расхищения рабочего времени и сырья, к-рое выражалось в омертвлении колоссальных количеств различных «оригинальных» шрифтов; кроме того большое количество продукции словолитен переводится с гарта на более рациональное сырье, обрабатываемое вне словолитных цехов, например чугунные марзаны и т. п. Сравнительно медленный рост продукции наших словолитен по сравнению с зарубежными является положительным показателем рационализации союзной полиграфпромышленности и более правильных организационных установок, чем в капиталистич. странах. Дальнейшее развитие этих установок, а главное улучшение

качества (выносливости) наборного материала при повышении производительности словолитных цехов, — очерная задача, к-рая разрешается в настоящее время союзными полиграфистами. Владение сполна техникой С. п., установление стандартных технич. условий и допусков, нормализация производственных процессов — задачи промпинплана ближайших лет полиграфической промышленности.

Технологический процесс производства наборного материала состоит в основном в отливке из гарта (см.). В зависимости от назначения и особенностей наборного материала, от требований, к нему предъявляемых, и технологич. возможностей необходимо различно комбинировать сырье, механизмы и темпы работы. Основное требование к наборному материалу — точность форм и размеров, которые неизбежно необходимы, чтобы были технически возможны набор, печатание и чтение. Отсюда вытекают требования к наборному материалу: 1) полное, четкое, ровное очко (для шрифта, знаков, линеек и т. п.); 2) правильность формы, параллельность всех шести плоскостей, пересекающихся под прямым углом (за исключением косых шрифтов); 3) точность размеров, т. е. соответствие типографской системе по кеглю, росту, линии шрифта и т. д. (см. *Набор типографский*); 4) сохранение качества очка, размеров и формы в процессе печати и матрицирования, т. е. «выносливость» в отношении механических факторов (см. *Стереотипия*); 5) устойчивость по отношению к химич. воздействиям при смывке и в хранении; 6) наименьшая вредность для работающих в процессе изготовления и применения; 7) наименьшая трудоемкость при полном освобождении от заграничной зависимости.

С. п. разрешало раньше эту проблему почти исключительно процессом отлива из гарта. Но изменения технич. и экономич. условий вызывают необходимость замены гарта другим, менее трудоемким сырьем, что и д. б. взято за линию дальнейшего развития С. п. В зависимости от характера очка, величины отливки, разрушающих условий в процессе печати (печатной машины и других механизмов) и условий применения (тиражность) рационально употребление гарта с различными литейными и механич. свойствами, но всегда с установкой на возможно низкую t° отлива. Оптимальное разрешение этой проблемы достигается применением следующих рецептур гарта в %:

	Pb	Sb	Sn	Cu
Шрифты до 6 пунктов	72	23	5	—
» от 8 до 12 пунктов	72	23	4	1
» 16 » 48 »	76	20,5	3—2	0,05
» с очень тонким очком	65—69	20—25	9—10	—
» с всячим очком рукописные	65—69	20—25	9—10	—
Шрифты планатные от 48 до 72 пунктов; рациональное дерево, пластмассы или другие материалы	85	11	1	—
Пробельный материал:				
Шпоны	79	17	4	—
Реглеты	79	20	1	—
Бабашки	}	рациональное	чугун, де-	рево, пластмассы
Марзаны				
Линейки гартовые	77	18	5	—
Линейки из латуни	30—40%	Zn,	60—70	Cu

Учитывая, что технологически на словолитных машинах возможно применять сравнительно высокие отливки ($300—410^\circ$), вполне целесообразно вводить в шрифтовой гарт 0,25—1% меди, к-рая повышает твердость и однородность отливки при меньшем проценте олова. Работы по стандартизации шрифтового гарта начаты в СССР в 1931 г.; сейчас применяются, часто неправильно, самые разнообразные рецепту-

ры. За границей наборные материалы еще не стандартизованы.

Процесс отливки состоит в основном во вприскивании расплавленного гарта в отливную форму, в охлаждении отливки и ее механической обработке. Отливная форма (для шрифта) должна обеспечить получение 1) очка литеры с соблюдением линии шрифта (см. *Набор типографский*); 2) тела литеры с размерами в типографской системе (кегель, рост, ширина), с перпендикулярными смежными гранями. Эти задания реализуются применением отливного инструмента, который дает форму и размеры и включает матрицу, передающую очко. От применения отливного инструмента вручную и отливки литер, требующих последующей обработки рядом отдельных процессов, отливной инструмент перешел на станок (ручную словолитную машину), а затем конструктивно слился с рядом механизмов, заменивших ручную отделку в форме комплектной словолитной машины, выпускающей вполне отделанную литеру. В перспективе имеются громадные возможности еще более глубокой механизации и

даже автоматизации отливки шрифта и возможности ускорения процесса, при одновременном повышении качества шрифта, главным образом его систематической точности и выносливости.

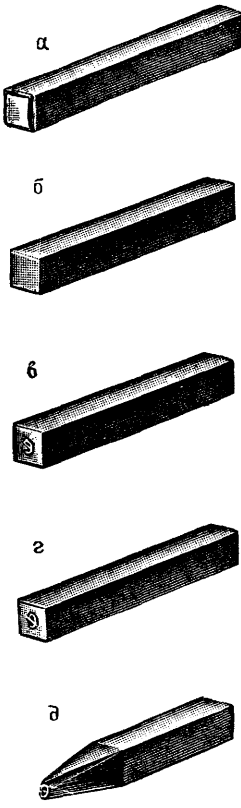
Производственный процесс включает: 1) рисование шрифтов, 2) изготовление матриц, 3) подготовку отливного инструмента, 4) отлив и отделку шрифта, 5) контроль систематической точности и качества, 6) комплектацию и упаковку. Четыре первые стадии производства требуют точности, обеспечивающей возможность набора, печатания и чтения. Контроль, комплектация и упаковка рационализируют шрифтовое хозяйство и обеспечивают эффективность затрат работы и сырья, средств и сил.

Рисование шрифтов имеет задачей придать каждой букве алфавита и каждому знаку такие очертания и соотношения штрихов, чтобы их сочетания в тексте воспринимались с наименьшей затратой времени и напряжением глаза и мозга. Рисовальщик шрифтов ограничен в характере очертания шрифта размерами (техника и экономика), возможностями процесса изготовления матриц и отливки, а также и требова-

ниями выносливости к материалу в процессе печатания и матрицирования. Слишком тонкие и мелкие детали, не защищенные более толстыми, изнашиваются быстро. Реализация рисунка какой-либо буквы шрифта в форме литер получается отливом в матрицу, которая представляет углубленное рельефное и обратное изображение этой буквы. Матрица м. б.

получена непосредственной резбой (на гравировальной машине) или же через посредство пунсона. Пунсон (фиг. 1, д) несет на своей верхней грани рельефно-выпуклое изображение буквы, совершенно подобное литере и обратно перевернутое по отношению к тому, что должно находиться на матрице. Пунсон служит для получения матриц путем его вдавливания в брусочки металла (красной меди или специального сплава) или путем нарощения на него гальванопластической матрицы (медной, никелевой или никелево-медной) (на фиг. 2 показан процесс изготовления матрицы путем вдавливания пунсона; на фиг. 3 и 4—процесс гальванопластич. нарощения). Пунсоны для выдавливания матриц режутся от руки или гравировальной машиной на особенно плотной мелкозернистой отожженной прутковой стали подходящего сечения (на фиг. 1 показан последовательный ход изготовления стального пунсона). Для гальванопластич. изготовления пунсоны режутся на гартовом брусочке (на фиг 3—5 показан процесс изготовления гартового пунсона). Для резбы на стали одного пунсона нужно в среднем 6—36 час., на гарте 4—8 час. По окончании резбы стальной пунсон закаляют, почему и необходима специальная тигельная сталь, которая не дает при закалке трещин, искривлений и т. п. Матрицы как давленные в красной меди, так и нарощенные гальванопластически или выгравированные прямым путем д. б. юстированы, т. е. 1) плоскость дна углубленного изображения буквы или знака д. б. параллельна с плоскостью верхней грани матрицы, иначе печатающая поверхность литеры не будет иметь прямого угла с плоскостью своей ножки и полный оттиск буквы на бумаге будет невозможен; в то же время глубина рельефного изображения

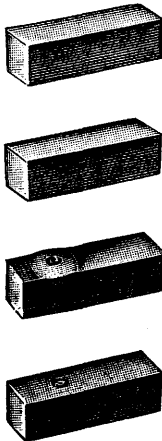
буквы, т. е. расстояние между этими двумя плоскостями, для матриц всех букв шрифта д. б. постоянной величиной, чтобы все отлитые литеры шрифта имели одинаковый рост, иначе будет невозможен оттиск на бумаге набранных букв; 2) боковые стенки матрицы юстируются так, что они образуют прямой угол с осью изображения буквы, иначе буква на бумаге будет иметь наклон по отношению к направлению строк; 3) боковые и верхняя стороны матриц фрезеруются на определенном (для каждого шрифта) расстоянии от внутреннего



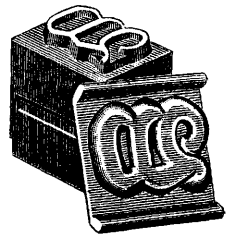
Фиг. 1.



Фиг. 3.



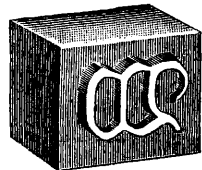
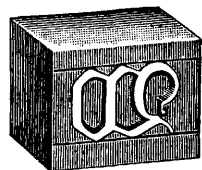
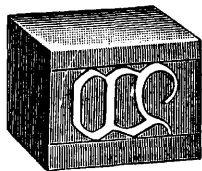
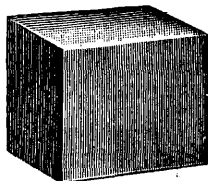
Фиг. 2.



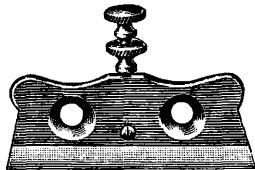
Фиг. 4.

изображения буквы, и матрица получает требуемую толщину и длину; этим обеспечивается линия шрифта. Работа юстировки требует безукоризненной точности, верности глаза и четкости приемов. Она контролируется специальными приборами—юстировальной иглой (фиг. 6), угольниками, калибрами и т. п., чем и обеспечивается правильное положение матрицы в отливном инструменте. На фиг. 7 показан ручной отливной аппарат для контрольных отливок с юстированной матрицы. Матрица представляет собою ту часть отливной формы, которая дает лишь головку литеры с печатающим очком. Для получения же ножки литеры применяется отливной инструмент.

Отливной инструмент (фиг. 8) состоит в простейшем виде из двух основных частей: верхней и нижней; сложенные вместе, они образуют пространство для заполнения расплавленным гартом, который в затвердевшем виде и образует ножку литеры. Размеры пространства отвечают системе шрифта и глубина его ограничивает рост отливаемого гирфта. Матрица закрывает это пространство с одной стороны, образуя форму для отлива головки литеры. Между основными частями привинчены два керны (кегля) равной высоты; они могут переставляться соответственно величине кегля отливаемого шрифта. К основным частям привинчены литниковые части 7 и 8, которые при их соединении образуют приливную воронку для расплавленного гарта и дают литник (гузку, прилив); этим обеспечивается большая плотность отливки. Четыре пластинки дают всему движению частей отливного инструмента направление и служат для закрепления матрицы. В корпусе



Фиг. 5.

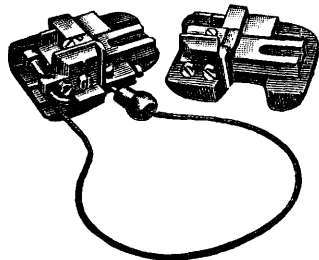


Фиг. 6.

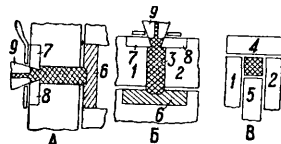
основных частей просверлены каналы для циркуляции воды, так как охлаждение отливного инструмента ускоряет затвердевание гарта, делает литеры более выносливыми и обеспечивает непрерывный и плавный отлив. Отлив вручную практически применяется теперь только при пробных отливах. Отлив на словолитных (комплектных) машинах состоит в том, что в форму отливного инструмента через приливную воронку и мундштук гартоплавильного горшка насосом вырывается расплавленный в горшке гарт.

Отливной инструмент (фиг. 8) наиболее распространенных сейчас комплектных словолитных машин укреплен на фундаменте. Правая и левая основные части (1 и 2) отливного ин-

струмента образуют боковые стенки отливной формы и обеспечивают размеры отливаемой литеры по кеглю. На правой части имеется стальной брусочек 3, обеспечивающий получение с и г а т у р ы (см. *Набор типографский*). Верхняя стенка отливной формы образована движущейся головкой 4, которая вместе с керном 5 обеспечивает толщину отливаемой литеры. Ширина керна соответствует расстоянию между основными частями 1 и 2, т. е. кеглю отливаемой литеры. Поэтому для отлива шрифта каждого кегля необходим соответствующий керн. Керн отливного инструмента укреплен на своей подставке и может переставляться вверх и вниз соответственно толщине отливаемой литеры; он движется вверх в момент выталкивания отлитой затвердевшей литеры. В момент отлива он занимает низшее положение. К одной из сторон полого прямоугольного пространства, образованного основными частями 1 и 2, головкой 4 и керном 5,



Фиг. 7.

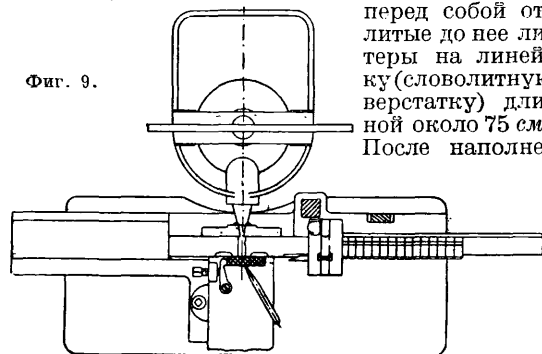


Фиг. 8.

плотно прижимается матрица 6, а к противоположной прикреплены две части 7 и 8 литниковой воронки, к которой прижимается отливной мундштук 9, через который и вспрыскивается

в получившееся полое пространство расплавленный гарт из гартоплавильного горшка. Гартоплавильный горшок представляет собою литой чугунный горшок с кожухом, в котором расположена газовая горелка. Проблема электрифицирования гартоплавильного горшка еще не разрешена полностью ни в СССР, ни за границей. Схема словолитной машины показана на фиг. 9 и 10. Отделанная литера выталкивается на транспортер и продвигается по нему, подталкиваемая литерными, отлитыми вслед за нею, толкая

Фиг. 9.

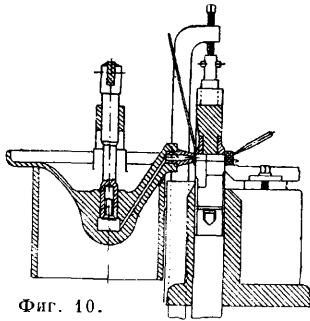


перед собой отлитые до нее литеры на линейку (словолитную верстатку) длиной около 75 см. После наполне-

ния верстатки заменяется новой и так до тех пор, пока не будет отливо требуемое количество литер одной буквы. Тогда первая матрица сменяется на матрицу другой буквы, а керн устанавливается соответственно толщине новой литеры.

При установке матрицы в отливном аппарате необходимо достигнуть правильного по-

ложения матрицы, чтобы очко было правильно расположено на верхней плоскости литеры, чтобы линия шрифта таким образом была выдержана. Это достигается приправкой путем сравнения с литерам, имеющими правильную линию шрифта, к-рые называются приправкой. Матрица закрепляется в матрицедержателе отливного аппарата машины, и производится отлив нескольких литер. Сравнивая их с приправкой, передвигают матрицу специальными винтами до правильного положения. Также проверяется толщина литеры и устанавливается керн. Затем производится отлив требуемого количества второй буквы, матрица снова меняется на матрицу третьей буквы и так далее, до окончания отлива всех литер данного кегля. При переходе на отлив литер другого



Фиг. 10.

кегля необходимо сменить отливной инструмент на инструмент с другим керном соответствующего кегля.

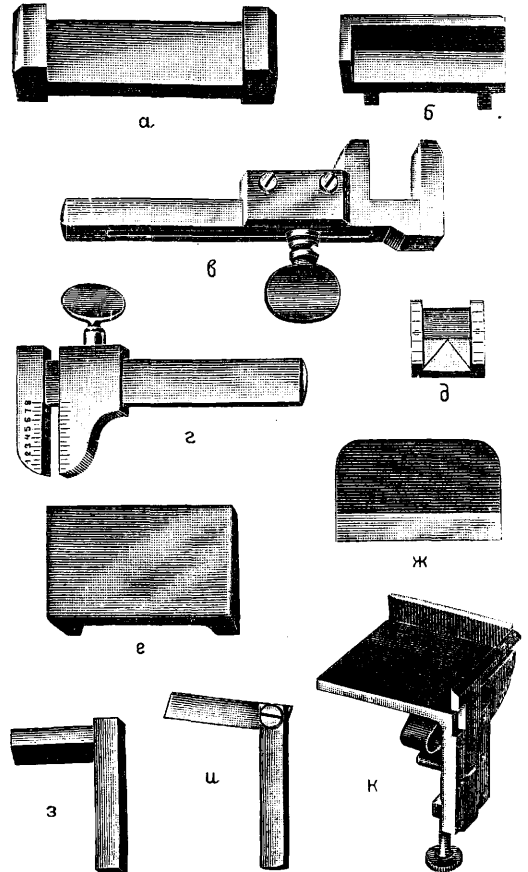
Отлив на словолитной машинетребует не только предварительной регулировки отливного инструмента в отношении кегля, толщины, роста, линии шрифта и т. п.

Необходима периодич. проверка системы и линии шрифта в течение всего отлива. Так напр., матрицедержатель и другие части отливного аппарата могут сдать во время работы. От этого изменится положение очка, линия шрифта или размеры литеры. Части отливочного инструмента расширяются от нагрева и сжимаются при охлаждении. Поэтому изменение в нагреве гарта или в охлаждении отливного инструмента вызывает изменения в росте, кегле и толщине литер, в линии шрифта. Словолитец проверяет отлитые литеры при помощи специальных приборов (фиг. 11, а—и) и регулирует соответственным образом нагрев гарта, приток воды, скорость отлива, а также и установочные винты отливного аппарата. Последовательные удары струй горячего расплавленного гарта вызывают износ очка матрицы: она «выгорает» и очко литеры теряет свою четкость. Это обстоятельство требует контроля очка и своевременной смены выгоревшей матрицы на запасную. Наиболее быстро выгорают матрицы из красной меди; никелевые и стальные выдерживают очень большие количества отливок. Статистика выносливости матриц неизвестна. В процессе отлива могут получаться литеры различной плотности. Так как неплотные литеры сильно усаживаются в печати и матрицировании, то необходимы контроль плотности отливки и регулировка машины. Необходимо держать возможно низкую температуру и обеспечить достаточную подачу расплавленного гарта насосом, регулируя его ход. Забивание отливных отверстий гарью и затвердевшими частями гарта уменьшает подачу; прочистка их и поддержание минимальной t° отлива, соответствующей рецептуре гарта,—обязательные мероприятия. Слишком большая скорость отлива и недостаточная t° вызывают также неплотную отливку и нечеткое очко. При тщательной регулировке отливного аппарата, при правильном подборе рецептуры гарта, t° и ско-

рости отлива и охлаждения вполне обеспечивается качество шрифта, его систематическая точность и выносливость в печати и матрицировании. Литеры, собранные на верстатках, комплектуют соответственно нормам комплектки и упаковывают в пакчи. Необходим контроль не только качественный, но и комплектки, т. к. недостаток литер вызывает простои, а избыток—омертвление запасов шрифта. Процесс отлива происходит по этому принципу и этой схеме на всех системах словолитных машин. Системы отличаются одна от другой гл. обр. различиями в форме и в расположении отдельных частей.

Ручные словолитные машины выпускают из отливного инструмента литеры с гузками и с неотделанными поверхностями и гранями. Отделка производится на особых станках. Этот тип словолитных машин вследствие его большей трудоемкости вытеснен почти полностью комплектными.

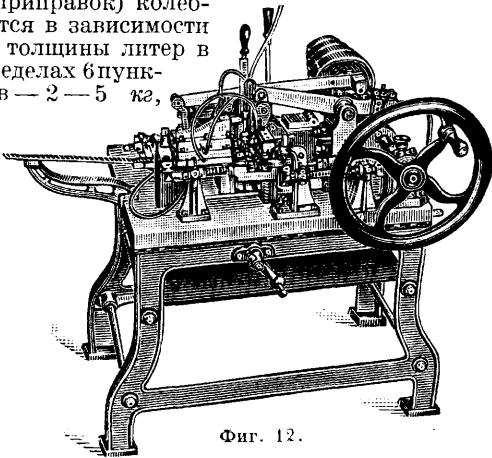
Комплектные словолитные машины выпускают совершенно отделанные литеры, для чего они при более солидной конструкции снабжены отделочным аппаратом. Ком-



Фиг. 11.

плектные машины обычно строятся трех размеров: для отлива наборного материала на 3—14, 14—48 и 48—96 пунктов. При отливке крупных кеглей применяются особые керны, обеспечивающие отлив литер облегченного типа с пустой ножкой. В настоящее время работают комплектные машины системы Фунге, Кюстермана (фиг. 12), Циргибеля, Томсона,

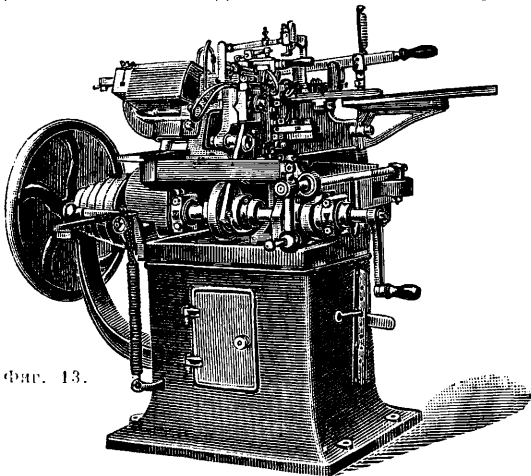
«Пивоталь» и др. Средняя часовая производительность комплектных машин (включая 4—6 приправок) колеблется в зависимости от толщины литер в пределах 6 пунктов — 2—5 кг,



Фиг. 12.

8 пунктов—3—8 кг, 10 пунктов—5—11 кг. Стремление увеличить производительность вызвало специальные конструкции словолитных машин: скороотливных, двойных и т. п.

Скороотливные словолитные машины (фиг. 13) конструированы по принципу комплектных. Увеличение скорости отлива достигается переходом с прямолинейного движения толчками к плавному и непрерывному круговому движению, а также большим числом мелких конструктивных усовершенствований. Гартоплавильный горшок вмещает больше гарта, что обеспечивает более равномерную температуру. Верхняя часть отливного аппарата несколько приподнята, вследствие чего гарт не может стекать обратно в мундштук, что вызывало бы пористость отливок. Опилки и стружки отсасываются, почему они не могут попасть в матрицу и вызвать брак. Обеспечено достаточное охлаждение отливного аппарата,



Фиг. 13.

головки и матрицедержателя. Средняя часовая производительность скороотливных машин значительно увеличена; союзные нормы перерабатываются; ориентировочно часовая производительность в отлитых литерях следующая:

	Обыкновенная (комплектная)	Скороотливная (комплектная)
6 пунктов	3 000—3 700	7 200—12 000
8 »	3 500—4 100	5 400—11 000
10 »	3 000—3 500	3 600—11 000
12 »	2 000—2 400	3 000—9 500

Имеются скороотливные машины конструкции Кюстермана, Фуше, Гурша, Штемпеля, Бётгера и др.

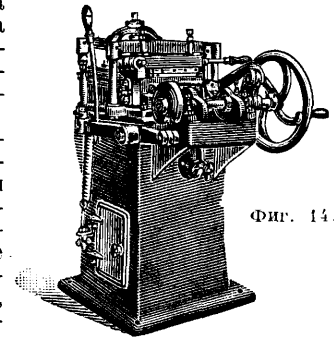
Двойные словолитные машины сист. Фуше и Бертгольда представляют комплектную машину с одним котлом и двумя отливными и отделочными аппаратами. Возможен отлив одновременно литер двух различных кеглей, поскольку скорости их отлива могут быть одинаковы. На машине Фуше плотность литер недостаточна, вследствие одновременной подачи гарта в две отливные формы. В системе Бертгольда подача гарта идет поочередно в первую и вторую формы. В среднем производительность двойных машин лишь в $1\frac{1}{2}$ раза выше обыкновенной, т. к. приходится уменьшить скорость на 25%, чтобы обеспечить плотность отливки.

Двойная скороотливная машина Штемпеля представляет собою скороотливную машину с двумя независимо работающими отливными аппаратами и имеет производительность раза в три выше обыкновенной комплектной; эта машина может отливать на каждом из аппаратов литеры различных кеглей и толщин.

Американские словолитные машины имеют особую конструкцию с расчетом на получение стандартного наборного материала, применяя американские методы отлива литер, к-рые отличаются от европейских очень большой точностью юстировки матриц на линию шрифта и толщину. Отливной инструмент регулируется с микрометрической точностью, а самый процесс отлива максимально нормализован. Поэтому приправка практически не имеет места, шрифт получается на 25% плотнее, чем при обычных германских методах, значительно выносливее в печати и матрицировании, стандартный как систематически, так и по линии шрифта от одной партии отлива до другой.

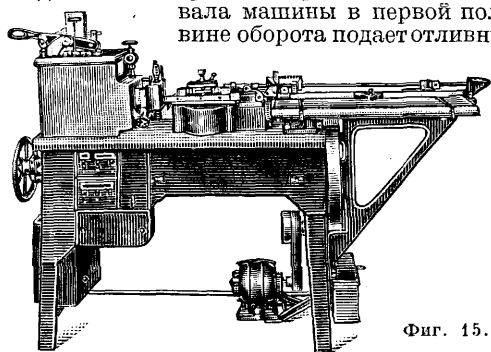
Словолитная машина Томпсона допускает отлив всех кеглей с одной отливной формой при посредстве особых кегельных пластинок. Могут применяться не только словолитные матрицы, но и матрицы наборных машин при посредстве особых матрицедержателей. На машине Томпсона можно отливать также и пробел от 1 до 48 пунктов (низкого или высокого роста), реглеты, марзаны, линейки от 2 до 12 пунктов. Поэтому существовала тенденция введения этой машины в наборные цехи для приливов наборного материала по мере надобности и в целях полного уничтожения разбора печатных форм, набранных вручную. Но распространению этой машины препятствует недостаток высококвалифицированных словолитцев и в большом запасе матриц.

Отлив пробельного материала производят частично на словолитных машинах, но вместо матрицы применяют гладкую пластинку. Кроме того его можно отливать на машинах Томпсона и Эльрод. Шпоны отливают теперь не вручную, а на специальной шпону-



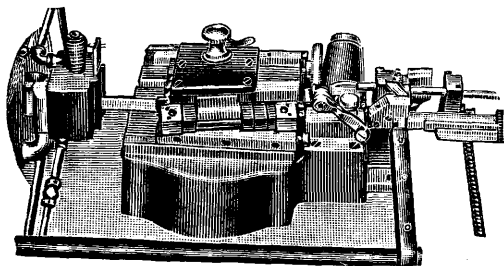
Фиг. 14.

отливной машине (фиг. 14) в виде широких пластин, из которых потом нарубают три шпона. Машина рассчитана на отлив шпон в 1, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 3 и 4 пункта толщиной и длиной до 12 квадратов. Вращение главного вала машины в первой половине оборота подает отливную



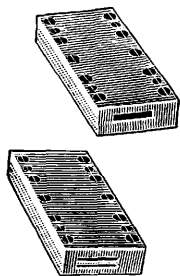
Фиг. 15.

форму к отливному отверстию гартоплавильного котла, закрывает форму, подготовив ее к отливу, и движением поршня впрыскивает расплавленный гарт в форму. Охлаждение водой применяется для шпон толще одного пункта. Вторая половина оборота вала отводит форму от отливного отверстия. Дальнейшая работа не механизирована: вручную открывается форма и вынимают отлитую пла-



Фиг. 16.

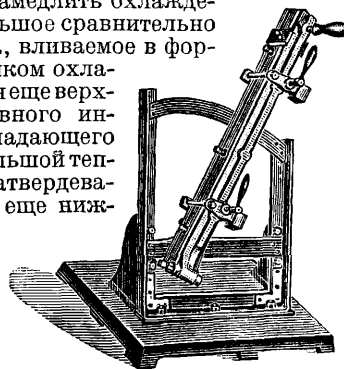
стину. Отлитые пластины рубят по ширине на шпону рубочном ноже, а затем строгают на рост на ростовом станке. Нарубание по системе (в длину) производится или в словолитной или в наборном цехе на шпонурубке. На отливной машине Эльрод шпоны (2—4 пункта) отливают в форме бесконечного



Фиг. 17.

полотна и режут систематически. Отливная машина Эльрод (фиг. 15) имеет горизонтальный отливной аппарат (фиг. 16), в котором отливка не вынимается сполна из формы (фиг. 17), а лишь вытягивается. При следующей подаче насосом расплавленного (электронагревом) гарта он приливается к оставшемуся в форме концу предыдущей отливки. Т. о. получается бесконечная отливка, которая особым аппаратом режется систематически. На машине Эльрод отливают марзаны, реглеты, шпоны и линейки от 2 до 18 пунктов. Средняя часовая производительность при отливе на 6 пунктов ок. 22—30 кг; на 2 пункта—7—10 кг. Применением двойных отливных форм производительность удваивается. Гарт применяют с низкой температурой отлива и незначительной выносливостью порядка линотипного гарта.

Гартовые линейки до сих пор отливались вручную в специальных отливных инструментах (фиг. 18), установленных на стойке, облегчающей открывание и закрывание формы. Внутреннюю часть инструмента обкладывают бумагой, чтобы замедлить охлаждение; иначе небольшое сравнительно количество гарта, вливаемое в форму ложкой, слишком охлаждается, проходяще верхнюю часть отливного инструмента (обладающего сравнительно большой теплоемкостью), и затвердевает, не заполнив еще нижней части формы. Боковые поверхности отливной полосы получаются из-за бумаги неровными. Поэтому полосы отливают несколько толще, чем требуется, и затем строгают на кегль на спец. станке (фиг. 19). Гарт для линеек д. б. менее тугоплавок и хрупок, чем шрифтовой, иначе очко не выходит полным. Гартовые линейки отливают толщиной от 1 до 48 пунктов. Очко линеек наносят при помощи узорных рубанков (фиг. 20) на полосы, зажатые в особом станке (фиг. 21а и 21б), там же ростовым рубанком их строгают на рост. Нарезку по системе производят или в словолитной или в наборном цехе на шпонурубке. Линейки от 2 до 18 пунктов можно отливать на машине Эльрод.



Фиг. 18.

Латунные линейки изготавливают обычно из листовой или полосовой латуни состава 30—40 Zn, 60—70 Cu и толщины, соответствующей требуемому кеглю линейки. Нарезку по системе, нанесение рисунка и выверку роста производят на специальных машинах.

Деревянные шрифты (плататные) изготавливают из твердых пород дерева, обладающих равномерной структурой (бук, груша, клен и т. п.). Дерево должно быть выдержано, чтобы

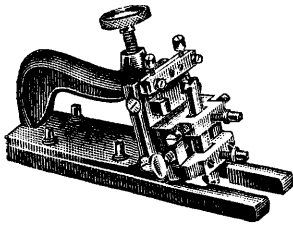


Фиг. 19.

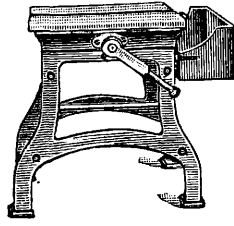
оно меньше подвергалось изменениям размеров при изменениях атмосферных условий. За границей практикуют пропитку дерева перед обработкой. Дерево режут на куски, близкие по размерам к требуемому, и точно обрабатывают по всем размерам, кроме роста. Поверхность, которая должна нести очко, шлифуют

ся. На механизированном пантографе с вращающимся фрезером вырезают очко, применяя цинковые шаблоны. Затем ростовым станком проверяют точную высоту, отделяют литеры при помощи штихелей и контролируют на точность системы и линии шрифта.

Замена гарта другим сырьем для наборного материала еще очень слабо организована. В период дефицитности гарта пробельный мате-



Фиг. 20.



Фиг. 21а.

риал изготовляют из дерева с последующей его пропиткой, т. к. дерево подвержено деформациям и изменением размеров не только при смывке печатных форм, но и при хранении. Процессы изготовления пробельных материалов еще не разработаны, и не выявлена экономич. целесообразность этого сырья. Механич. обработка природных материалов (напр. связинит, гагат, сапропелиты и т. п.)—очень трудоемкий процесс, не разработанный еще до конца.



Фиг. 21б.

Марзаны и другие крупные пробельные материалы лучше всего изготовляются отливкой из чугуна с последующей механич. обработкой на систему. Трудоемкость изготовления деревянных шрифтов вызвала много попыток изготовления их путем отлива или прессования. Были попытки изготовления их из стекла, фарфора, камня, палье-маше, пластмасс, а также стали, латуни и сплавов алюминия. Но все эти попытки не привели еще к решающим сдвигам. Еще менее успешны были попытки замены гарта при отливке шрифтов. Проблема лучшего, чем гарт, сырья для наборного материала имеет большое значение не только в экономическом отношении.

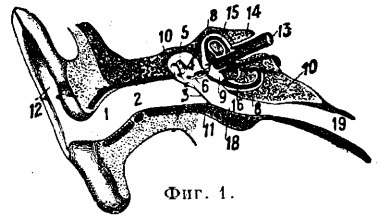
А. Троицкий.

СЛОИСТОСТЬ (в геологии), сложение осадочных пород, обуславливаемое последовательной сменой петрографич. характера отлагавшихся осадков, благодаря чему отдельные слои породы (или пласты) резко отличны друг от друга по цвету или минералогическому составу. С.—один из признаков, отличающих осадочные породы от изверженных массивных. Точное выявление С. необходимо при определении падения и простираения пластов осадочных пород. Массивные известняки и некоторые другие осадочные породы часто лишены С., а потому для определения плоскости наложения приходится тщательно искать пропластков иного цвета или состава или прослойки с окаменелостями. С. особенно хорошо наблюдается на выветренной поверхности обнажения. Диагональная или косая С. наблюдается в породах, образовавшихся при условиях переменн. направления и силы течения (дельтовые, речные, прибрежные и нек-рые другие образования). При образовании складок первоначальная С. маскируется или даже совершенно исчезает благодаря появлению вторичной *сланцеватости* (см.). В случае особо силь-

ной сланцеватости бывает иногда трудно определить первоначальную С., настолько она бывает сильно маскирована. С. используется всегда при добыче камня, так как по ней порода легче раскалывается. Так, по прослойкам глины (иногда очень тонким) производится подрубка каменного угля. Толщина (или мощность) слоя определяется величиной перпендикулярного расстояния между плоскостями наложения. Выше лежащий слой является более молодым по времени образования, чем слой, на котором он лежит, и называется кровлей или высшим боком. Соответственно ниже лежащий слой называется по стел ь ю или ле жа ч и м боком.

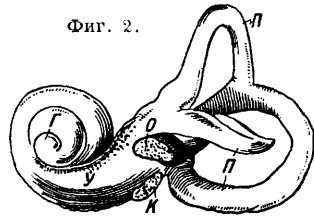
СЛОНОВАЯ ЧЕРЬ, краска черного цвета, материалом для к-рой в прежние время служили отходы слоновой кости. В настоящее время С. ч. называют хорошие сорта обыкновенной жженой кости (см. Черни). Для получения краски отобранные тонкие кости после удаления жира и хряща сушат и измельчают в тонкий порошок, к-рый прокалывают в закрытом тигле без доступа воздуха, после чего еще раз тщательно измельчают, затем отмучивают и сушат. Для получения С. ч. высшего качества жженую кость подвергают дальнейшей обработке с соляной кислотой для удаления из нее минеральных веществ, которых она содержит до 80% и более, после чего остаток тщательно промывают, сушат и просеивают. Полученная таким образом С. ч.—очень нежный и тонкий порошок, состоящий из аморфного углерода с примесью нек-рого количества нерастворимых в к-те минеральных веществ. С. ч. дает с маслом краску глубокого черного цвета, которая применяется в живописи, полиграфической промышленности, для изготовления черных лаков и других целей. Для получения синеватого оттенка к С. ч. прибавляют небольшое количество берлинской лазури. Как водная краска С. ч. почти не употребляется, т. к. обладает, в противоположность масляной краске, очень слабой кроющей способностью. Подобно другим черным краскам, состоящим из углерода, не ядовита и очень устойчива по отношению к свету, а также атмосферным и химич. влияниям. При исследовании краски определяют цвет, содержание золы, примесь грубых частиц, органич. красителей и других веществ. П. Чернин.

СЛУХ, восприятие с помощью уха колебаний материальных тел, совершающихся в определенном интервале частот 20—20 000 колебаний в ск. и передаваемых через воздух или непосредственно через тело (числовые данные по слуху см. Спр. ТЭ, т. X, стр. 363). Строение уха (см. фиг. 1) [1², 3⁴]. Звуковые колебания проходят из воздуха через наружный слуховой проход 1, 2 и, производя изменения давления, приводят в колебание упругую барабанную перепонку 3 и связанную с ней цепь из трех сочлененных косточек: молота 4, наковальни 5 и стремени 6, которые лежат в воздушной полости среднего уха: 7—овальное окно, 8—костный лабиринт, 9—перилимфатич. область, 10—височная кость, так наз. скалистая часть, 11—круглое окно, 12—ушная раковина, 13—слуховой нерв, 14—



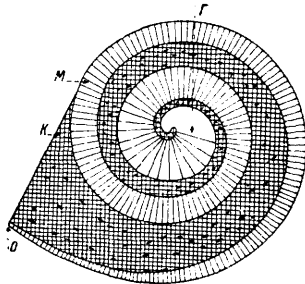
Фиг. 1.

внутренний слуховой проход, 15—один из трех полукружных каналов, 16—улиточный ход, 18—среднее ухо, 19—евстахиева труба. Основная стрени сросшена с упругой перепонкой закрывающей овальное окно *O*, ведущее в полость внутреннего уха (лабиринт) (см. фиг. 2), куда и передаются колебания стрени. Внутреннее ухо является периферическим органом слуха и одновременно органом равновесия (полукружные каналы *П*); оно представляет собой сложной формы костное образование в глубине височной кости, наполненное жидкостью (лимфой) особого состава. Звук может проникать во внутреннее ухо также непосредственно через воздух среднего уха и через кости черепа (костная проводимость), поэтому барабанная перепонка и слуховые косточки не безусловно необходимы для восприятия звука. Орган слуха расположен в спиральной части внутреннего уха—улитке *У*. Главную роль в восприятии звуков играет спиральная перепонка—основная мембрана (membrana basilaris), идущая вдоль всего хода улитки от овального окна до вершины улитки, вдоль к-рой разветвляются окончания слухового нерва. Улитка имеет еще второе отверстие, ведущее в полость среднего уха—круглое окно *K*, затянутое также упругой перепонкой, что позволяет жидкости под действием колебаний стрени свободно смещаться через ходы улитки, приводя попутно в движение основную мембрану. Барабанная перепонка м. б. более или менее сильно натянута действием особого мускула (musculus tensor tympani), под действием к-рого чувствительность уха может в широких пределах изменяться. Схематич. разрез улитки в плоскости основной мембраны дан на фиг. 3, причем все завитки улитки условно изображены в одной плоскости; поперечная штриховка, нанесенная на основной мембране *M*, показывает направление ее структурных волокон; ширина основной мембраны у вершины улитки (*Г*—геликотрема) ок. 0,5 мм, у основания возле овального окна *O*—ок. 0,4 мм; ширина улиточного хода по длине улитки не одинакова 1—3 мм, длина его от 30 до 33 мм. Улиточный канал по всей длине разделяется на две половины, причем границей между ними служит частью костная перегородка *K* (lamina spiralis), частью

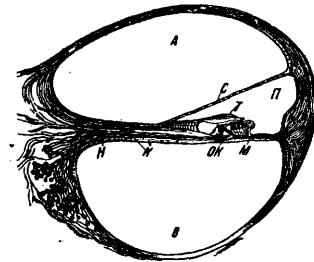


Фиг. 2.

же—основная мембрана *M* (фиг. 4). Та половина хода, к-рая прилежит к овальному окну, носит название преддверного, или вестибулярного, хода—*A*; другая половина, прилежащая к круглому окну, называется барабанным ходом—*B*. Барабанный и вестибулярный ходы сообщаются у вершины улитки через малое отверстие площадью $\frac{1}{4}$ мм², называемое геликотремой—*Г* (фиг. 2). Основная мембрана вместе с присоединенными к ней преддверной мембраной *C* и оболочкой, лежащей у стенки лабиринта, образуют спиральную полость трехгранного сечения (перепончатый лабиринт—*П*), идущую по всей длине улитки; она наполнена жидкостью (эндолимфой), в которую погружены все структурные элементы основной мембраны с разветвляющимися по ней нервными окончаниями. Основная мембрана состоит из большого числа (по данным разных авторов 13 000—24 000) поперечных волокон, слабо связанных друг с другом и как бы подобных натянутым струнам [1, 2, 3, 4, 5]. У края костной перегородки *K* основная мембрана сильно утолщена, и параллельно этому утолщению по всей длине расположена тонкая перепонка—текториальная мембрана—*T* (фиг. 4 и 5). В области утолщения в основной мембране заложены ряд сложных образований, называемых органами Корти—*OK*, с к-рыми повидимому связаны упругие свойства основной мембраны; орган Корти состоит из упругих дуг Корти (внутренних—*ДК₁* и внешних—*ДК₂*) и разветвленных между ними нервных волокон *H* с окончаниями в виде волосатых клеток—*ВК*, выступающих в эндолимфу перепончатого лабиринта напротив текториальной мембраны (фиг. 5). Общее число кортиевых дуг с нервными клетками на концах составляет около 24 000. Слуховой нерв *H* содержит около 3 000 отдельных нервных волокон; центральные части этих волокон, проводящие возбуждение, имеют диам. 0,01 мм и одеты довольно толстой миелиновой оболочкой. Слуховой нерв выходит из улитки и проходит к мозгу в области нижней части варолиева моста *ВМ*; здесь часть нервных волокон оканчивается, переключается в новые волокна и частично переходит с правой стороны на левую и обратно (фиг. 6); в области среднего мозга *СМ* такое переключение и переход снова имеют место. В результате нервные пути от каждого уха *ЛУ* и *ПУ* достигают слухового центра в височной доле мозга, частью на той же стороне, как и ухо, частью на противоположной; восприятие звука т. о. дублируется в обоих мозговых полушариях (правом *П* и левом *Л*); поэтому при заболевании или удалении области мозга, содержащей слуховой центр с одной стороны, противоположное ухо не глухнет [5]. Ниже приводятся данные о сред-



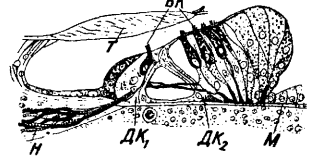
Фиг. 3.



Фиг. 4.

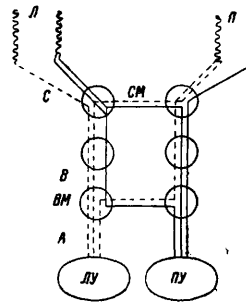
ного мозга *СМ* такое переключение и переход снова имеют место. В результате нервные пути от каждого уха *ЛУ* и *ПУ* достигают слухового центра в височной доле мозга, частью на той же стороне, как и ухо, частью на противоположной; восприятие звука т. о. дублируется в обоих мозговых полушариях (правом *П* и левом *Л*); поэтому при заболевании или удалении области мозга, содержащей слуховой центр с одной стороны, противоположное ухо не глухнет [5]. Ниже приводятся данные о сред-

же—основная мембрана *M* (фиг. 4). Та половина хода, к-рая прилежит к овальному окну, носит название преддверного, или вестибулярного, хода—*A*; другая половина, прилежащая к круглому окну, называется барабанным ходом—*B*. Барабанный и вестибулярный ходы сообщаются у вершины улитки через малое отверстие площадью $\frac{1}{4}$ мм², называемое геликотремой—*Г* (фиг. 2). Основная мембрана вместе с присоединенными к ней преддверной мембраной *C* и оболочкой, лежащей у стенки лабиринта, образуют спиральную полость трехгранного сечения (перепончатый лабиринт—*П*), идущую по всей длине улитки; она наполнена жидкостью (эндолимфой), в которую погружены все структурные элементы основной мембраны с разветвляющимися по ней нервными окончаниями. Основная мембрана состоит из большого числа (по данным разных авторов 13 000—24 000) поперечных волокон, слабо связанных друг с другом и как бы подобных натянутым струнам [1, 2, 3, 4, 5]. У края костной перегородки *K* основная мембрана сильно утолщена, и параллельно этому утолщению по всей длине расположена тонкая перепонка—текториальная мембрана—*T* (фиг. 4 и 5). В области утолщения в основной мембране заложены ряд сложных образований, называемых органами Корти—*OK*, с к-рыми повидимому связаны упругие свойства основной мембраны; орган Корти состоит из упругих дуг Корти (внутренних—*ДК₁* и внешних—*ДК₂*) и разветвленных между ними нервных волокон *H* с окончаниями в виде волосатых клеток—*ВК*, выступающих в эндолимфу перепончатого лабиринта напротив текториальной мембраны (фиг. 5). Общее число кортиевых дуг с нервными клетками на концах составляет около 24 000. Слуховой нерв *H* содержит около 3 000 отдельных нервных волокон; центральные части этих волокон, проводящие возбуждение, имеют диам. 0,01 мм и одеты довольно толстой миелиновой оболочкой. Слуховой нерв выходит из улитки и проходит к мозгу в области нижней части варолиева моста *ВМ*; здесь часть нервных волокон оканчивается, переключается в новые волокна и частично переходит с правой стороны на левую и обратно (фиг. 6); в области среднего мозга *СМ* такое переключение и переход снова имеют место. В результате нервные пути от каждого уха *ЛУ* и *ПУ* достигают слухового центра в височной доле мозга, частью на той же стороне, как и ухо, частью на противоположной; восприятие звука т. о. дублируется в обоих мозговых полушариях (правом *П* и левом *Л*); поэтому при заболевании или удалении области мозга, содержащей слуховой центр с одной стороны, противоположное ухо не глухнет [5]. Ниже приводятся данные о сред-



Фиг. 5.

же—основная мембрана *M* (фиг. 4). Та половина хода, к-рая прилежит к овальному окну, носит название преддверного, или вестибулярного, хода—*A*; другая половина, прилежащая к круглому окну, называется барабанным ходом—*B*. Барабанный и вестибулярный ходы сообщаются у вершины улитки через малое отверстие площадью $\frac{1}{4}$ мм², называемое геликотремой—*Г* (фиг. 2). Основная мембрана вместе с присоединенными к ней преддверной мембраной *C* и оболочкой, лежащей у стенки лабиринта, образуют спиральную полость трехгранного сечения (перепончатый лабиринт—*П*), идущую по всей длине улитки; она наполнена жидкостью (эндолимфой), в которую погружены все структурные элементы основной мембраны с разветвляющимися по ней нервными окончаниями. Основная мембрана состоит из большого числа (по данным разных авторов 13 000—24 000) поперечных волокон, слабо связанных друг с другом и как бы подобных натянутым струнам [1, 2, 3, 4, 5]. У края костной перегородки *K* основная мембрана сильно утолщена, и параллельно этому утолщению по всей длине расположена тонкая перепонка—текториальная мембрана—*T* (фиг. 4 и 5). В области утолщения в основной мембране заложены ряд сложных образований, называемых органами Корти—*OK*, с к-рыми повидимому связаны упругие свойства основной мембраны; орган Корти состоит из упругих дуг Корти (внутренних—*ДК₁* и внешних—*ДК₂*) и разветвленных между ними нервных волокон *H* с окончаниями в виде волосатых клеток—*ВК*, выступающих в эндолимфу перепончатого лабиринта напротив текториальной мембраны (фиг. 5). Общее число кортиевых дуг с нервными клетками на концах составляет около 24 000. Слуховой нерв *H* содержит около 3 000 отдельных нервных волокон; центральные части этих волокон, проводящие возбуждение, имеют диам. 0,01 мм и одеты довольно толстой миелиновой оболочкой. Слуховой нерв выходит из улитки и проходит к мозгу в области нижней части варолиева моста *ВМ*; здесь часть нервных волокон оканчивается, переключается в новые волокна и частично переходит с правой стороны на левую и обратно (фиг. 6); в области среднего мозга *СМ* такое переключение и переход снова имеют место. В результате нервные пути от каждого уха *ЛУ* и *ПУ* достигают слухового центра в височной доле мозга, частью на той же стороне, как и ухо, частью на противоположной; восприятие звука т. о. дублируется в обоих мозговых полушариях (правом *П* и левом *Л*); поэтому при заболевании или удалении области мозга, содержащей слуховой центр с одной стороны, противоположное ухо не глухнет [5]. Ниже приводятся данные о сред-



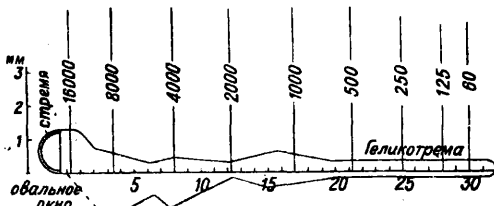
Фиг. 6.

же—основная мембрана *M* (фиг. 4). Та половина хода, к-рая прилежит к овальному окну, носит название преддверного, или вестибулярного, хода—*A*; другая половина, прилежащая к круглому окну, называется барабанным ходом—*B*. Барабанный и вестибулярный ходы сообщаются у вершины улитки через малое отверстие площадью $\frac{1}{4}$ мм², называемое геликотремой—*Г* (фиг. 2). Основная мембрана вместе с присоединенными к ней преддверной мембраной *C* и оболочкой, лежащей у стенки лабиринта, образуют спиральную полость трехгранного сечения (перепончатый лабиринт—*П*), идущую по всей длине улитки; она наполнена жидкостью (эндолимфой), в которую погружены все структурные элементы основной мембраны с разветвляющимися по ней нервными окончаниями. Основная мембрана состоит из большого числа (по данным разных авторов 13 000—24 000) поперечных волокон, слабо связанных друг с другом и как бы подобных натянутым струнам [1, 2, 3, 4, 5]. У края костной перегородки *K* основная мембрана сильно утолщена, и параллельно этому утолщению по всей длине расположена тонкая перепонка—текториальная мембрана—*T* (фиг. 4 и 5). В области утолщения в основной мембране заложены ряд сложных образований, называемых органами Корти—*OK*, с к-рыми повидимому связаны упругие свойства основной мембраны; орган Корти состоит из упругих дуг Корти (внутренних—*ДК₁* и внешних—*ДК₂*) и разветвленных между ними нервных волокон *H* с окончаниями в виде волосатых клеток—*ВК*, выступающих в эндолимфу перепончатого лабиринта напротив текториальной мембраны (фиг. 5). Общее число кортиевых дуг с нервными клетками на концах составляет около 24 000. Слуховой нерв *H* содержит около 3 000 отдельных нервных волокон; центральные части этих волокон, проводящие возбуждение, имеют диам. 0,01 мм и одеты довольно толстой миелиновой оболочкой. Слуховой нерв выходит из улитки и проходит к мозгу в области нижней части варолиева моста *ВМ*; здесь часть нервных волокон оканчивается, переключается в новые волокна и частично переходит с правой стороны на левую и обратно (фиг. 6); в области среднего мозга *СМ* такое переключение и переход снова имеют место. В результате нервные пути от каждого уха *ЛУ* и *ПУ* достигают слухового центра в височной доле мозга, частью на той же стороне, как и ухо, частью на противоположной; восприятие звука т. о. дублируется в обоих мозговых полушариях (правом *П* и левом *Л*); поэтому при заболевании или удалении области мозга, содержащей слуховой центр с одной стороны, противоположное ухо не глухнет [5]. Ниже приводятся данные о сред-

них размерах различных частей слухового аппарата человека:

Площадь наружного слухового канала, см ² . . .	0,33—0,5
Глубина » » » см . . .	2,1—2,6
Объем » » » см ³ . . .	1
Горизонтальный диаметр барабанной перепонки, см . . .	1
Вертикальный диаметр барабанной перепонки, см . . .	0,85
Площадь барабанной перепонки, см ² . . .	0,65
Вес молоточка, г . . .	33
» наковальни, г . . .	25
» стремени, г . . .	2
Объем внутреннего уха, см ³ . . .	0,2
Объем улитки, см ³ . . .	0,12
Длина основной мембраны, мм . . .	31
Ширина » » у основания, мм . . .	0,04
» » у вершины, мм . . .	0,5
Площадь отверстия геликотремы, мм ² . . .	0,25
» овального окна, мм ² . . .	3
» круглого . . .	2

Пределы слуха по высоте и распределение восприятия тонов по основной мембране. Самые низкие тоны, воспринимающиеся ухом как звук, имеют частоту 16—20 Hz, самые высокие—ок. 20 000 Hz [1, 2, 4]. Тоны, имеющие менее 16 Hz, воспринимаются уже как отдельные толчки, а не как звук. В последнее время высказываются гипотезы [5], что восприятие низких тонов происходит лишь в силу того, что они возбуждают в слуховом аппарате обертон (т. н. с у б ъ е к т и в н ы е т о н ы) и что фактически в улитке нет чувствительных элементов, соответствующих тону ниже 50, а м. б. и 80 Hz. К звукам свыше 15 000 Hz ухо становится сразу менее чувствительным [6]; на интервале 14 000—19 000 Hz чувствительность падает в 10⁶ раз. Это заставляет предполагать, что в высокой области крайние волокна улитки вероятно соответствуют ~15 000 Hz или даже ниже и звуки, лежащие выше этого предела, лишь слабо возбуждают эти крайние волокна, причем действие их быстро падает по мере повышения возбуждающего тона. Усиление тона в 25 раз повышает верхнюю границу слуха на 1 000 Hz; усиление в 10 раз—на 200 Hz. У старых людей верхняя граница обычно падает до 10 000—12 000 Hz и ниже. Многие люди могут слышать звуки несколько более высокие, чем 20 000 Hz. Собаки слышат несомненно более высокие звуки, чем люди [9]. В результате ряда исследований Виджель и Лен [1, 7] приводят вероятную картину распределения восприятия тонов вдоль длины основной мембраны улитки (фиг. 7). На фиг. 7 показана ширина канала улитки в направлении, перпендикулярном

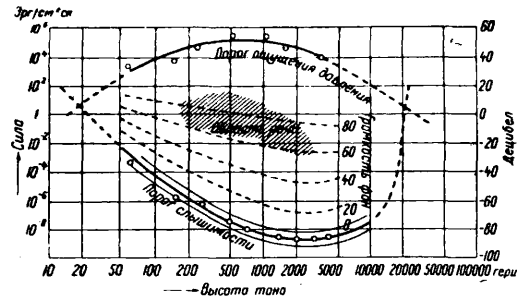


Фиг. 7.

основной мембране. Низкие тоны воспринимаются у вершины улитки, в более широкой части мембраны, высокие—у корня улитки, близ овального окна, где мембрана наиболее узка. Эту картину распределения высоты тонов подтверждает ряд физиологич. опытов и медицинских наблюдений [4]. Виттмак [9] нашел, что длительное воздействие высоких тонов приводит к атрофии волокон ближе к основанию

улитки, воздействие низких—волокон у вершины. Андреев [9] и Гельд и Клейнкнехт [10], работая по методу условных рефлексов, нашли, что при просверливании улитки тонким сверлом вблизи вершины выпадает ощущение низких тонов, при просверливании у основания—высоких тонов. Болезненные процессы, затрагивающие обычно прежде всего область улитки, прилежащую к среднему уху, т. е. основание ее, вызывают выпадение высоких тонов.

Порог слышимости и чувствительность слуха. Минимальная ощущаемая величина силы звука (потока звуковой энергии), в эрг/см² ск., называется порогом слышимости, а обратная величина—



Фиг. 8.

чувствительностью S . На фиг. 8 нижняя кривая дает порог слышимости для некоторого среднего уха в зависимости от высоты тона по данным Флетчера [1]; эти данные являются в настоящее время наиболее надежными [4]. На фиг. 8 применен логарифмический масштаб, т. к. чувствительность меняется с частотой очень резко. Справа нанесен общепринятый в настоящее время масштаб в децибелах [единица для измерения отношения интенсивностей (мощностей) звуков и других аналогичных величин]*. Если два звука имеют силу J_1 и J_2 ($J_1 > J_2$), выраженную в эрг/см² ск., то величина $\lg \frac{J_1}{J_2} = \lg J_1 - \lg J_2$ будет выражать разность энергетич. уровней этих звуков в логарифмич. единицах; этой единице в США присвоено название б е л (в честь изобретателя телефона Белла); десятая часть бела названа децибел (дб). Выражение разности уровней энергии в децибелах, получаемое по формуле $10 \lg (J_1/J_2)$, удобнее, т. к. минимальная ощущаемая разница в силе звука не превышает 1 дб и потому вес величины имеет смысл округлять до целых единиц. Изменение уровня на 10 дб соответствует изменению в 10 раз, на 20 дб—в 100 раз, на 30 дб—в 1 000 раз и т. д. Уровень силы тона J , измеренный по отношению к порогу слышимости J_0 , называют уровнем ощущения:

$$S = 10 \lg \frac{J}{J_0}.$$

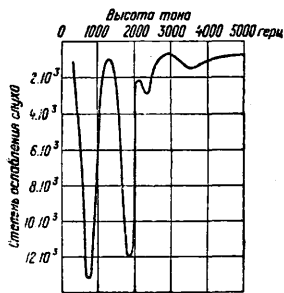
Если два звука имеют амплитуды a_1 и a_2 или давления p_1 и p_2 (эффективные значения) или силы J_1 и J_2 , то разность уровней силы звука между ними в дб будет:

$$20 \lg \frac{a_1}{a_2} = 20 \lg \frac{p_1}{p_2} = 10 \lg \frac{J_1}{J_2}.$$

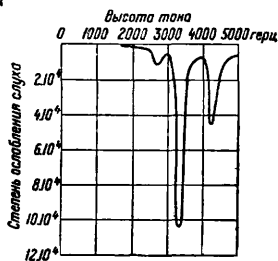
Для расчета порога слышимости в единицах звукового давления p следует применить ф-лу $p = 6,4 \sqrt{J_0}$, где J_0 выражено в эрг/см² ск., а

* Подробнее о децибеле см. *Затухание (единицы передачи)* и *Телефонная передача*, а также *Спр. ТЭ. т. X, стр. 363.*

p — в барах (дина/см²); очень часто для звуковой мощности применяют также как единицу $1 \mu W = 10 \text{ эрг/см}^2 \text{ ск.}$ Из фиг. 8 мы видим, что максимум чувствительности (минимум порога) лежит около 2 000 Hz и составляет ок. $2 \cdot 10^{-9} \text{ эрг/см}^2 \text{ ск.}$, что приблизительно соответствует чувствительности глаза для зеленых лучей; т. о. ухо и глаз имеют одинаковую абсолютную чувствительность. При частоте 50 Hz порог повышается до $5 \cdot 10^{-3} \text{ эрг/см}^2 \text{ ск.}$, т. е. чувствительность падает примерно в 2,5 млн.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

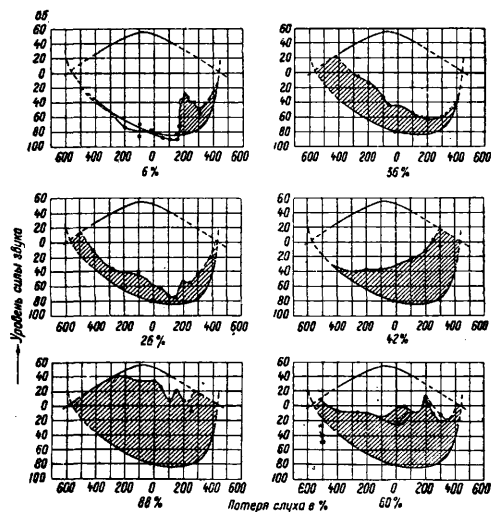
раз. Чувствительность к тонам в 20 000 Hz примерно в 100 млн. раз меньше, чем при 2 000 Hz. Приведенная на фиг. 8 кривая порога дает средние значения; индивидуальные отклонения порога нормального слуха лежат в пределах $\pm 5 \text{ дБ}$ и показаны на фиг. 8 тонкими линиями. Индивидуальные отклонения остроты С. от нормы м. б. очень велики, особенно при различных заболеваниях, напр. насморк и заболевания среднего уха сильно понижают чувствительность в области низких тонов. На фиг. 9 и 10 показана (по Мintonу [11]) степень ослабления С. при склерозе уха и при заболевании внутреннего уха. Очень часто наблюдается повышенная против нормы чувствительность С. в узкой области частот.

Порог ощущения давления, или порог осязания. При усилении звука до известного предела в ухе начинает ощущаться давление или звук как бы начинает «осязаться ухом». Для низких частот это ощущение наступает при давлениях порядка $0,2 \text{ г/см}^2$, для высоких — при давлениях ок. 2 г/см^2 ; это давление того же порядка, какое уже ощущается кожей. Выше этого предела наступает ощущение боли в ухе и головокружение, так как по видимому затрагивается орган равновесия (лабиринт). Верхняя кривая на фиг. 8 дает порог ощущения давления в зависимости от частоты. Порог осязания в ухе обусловлен несомненно перегрузкой аппарата среднего уха — барабанной перепонки и слуховых косточек. В последние годы сделан ряд интересных работ по исследованию чувства осязания, которое оказалось по своим характеристикам очень сходным со слухом [83]. При помощи осязания оказывается возможным различать звуки различного тембра и даже звуки речи, что дает возможность говорить о частичном замещении утерянного С. при помощи осязания [81].

Область слухового восприятия. Кривая порога слышимости и кривая порога давления на фиг. 8 ограничивают некоторую замкнутую область слухового восприятия. Человек может воспринимать лишь звуки, лежащие по высоте и силе в пределах этой области. Она имеет размер в 10 октав по высоте (на

уровне около $1 \text{ эрг/см}^2 \text{ ск.}$) и около 140 дБ по силе звука (в области 1 000—2 000 Hz). Область звуков речи, показанная штриховкой, занимает приблизительно середину области слухового восприятия.

Методы испытания чувствительности С. Для ряда вопросов профессионального и медицинского характера определение чувствительности С. является основным вопросом. Испытание С. важно в следующих профессиях: шоферы, летчики, машинисты, телефонисты и радиотелеграфисты (слухачи), военные слухачи для звукоулавливателей, врачи, музыканты и др. Как средство медицинской диагностики заболеваний уха испытание С. также очень важно. Изчрение повышения порога слышимости при шуме может служить для оценки громкости шума. Абсолютное измерение порога слышимости в зависимости от высоты тона производилось многими исследователями [4]; наиболее надежен метод термфона [12] и метод калиброванного конденсаторного микрофона [13]. Оба эти метода сложны и м. б. применены лишь в лабораторной обстановке. Для измерений практического характера америк. фирмой Western Electric Co. построены специальные а у д и о м е т р ы, снабженные генератором звуковых частот, градуированным телефоном и приспособлением для изменения силы звука в широких пределах (аттенюатор). Для быстрых испытаний одновременно многих лиц построены аудиометры со специальными граммафонными пластинками [1]. Этим последним способом в США в 1927 г. испытано около 250 000 школьников и найдено, что 8—12%



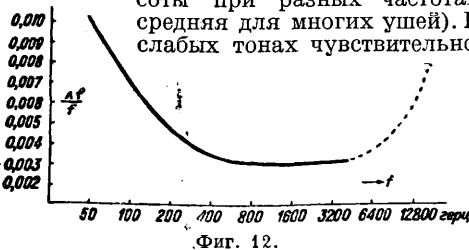
Фиг. 11.

имеют дефекты С. На фиг. 11 приведены шесть а у д и о г р а м м, характеризующих степень потери слуха при разных частотах (повышение порога слышимости в дБ). По предложению Флетчера [1] суммарная потеря С. характеризуется отношением площади между кривой порога слышимости для данного уха и для нормального (заштриховано) ко всей площади слухового восприятия; этот способ дает точную оценку степени инвалидности вследствие глухоты. На фиг. 11 уровни силы звука отсчитывают от $1 \mu W/\text{см}^2 = 10 \text{ эрг/см}^2 \text{ ск.}$ (0 на ординате), высота тона считается от 1 000 Hz (0 на абсциссе) в сантиоктавах.

Из числа обычных медицинских испытаний достаточно точность может дать лишь метод камертона, заключающийся в том, что испытуемый слушает затухающий тон камертона, возбужденного ударом определенной силы, и отмечает промежуток времени, через который звук достигнет до порога слышимости. Если это время для нормального уха t_0 , а для исследуемого t , то потеря S , т. е. разница между порогом слышимости для здорового и больного уха, в дБ будет равна: $\Delta(t - t_0)$, где Δ — коэф., характеризующий затухание камертона и определяемый для каждого камертона из особого опыта. Обыкновенно при медицинских испытаниях не соблюдается условие постоянства начального возбуждения камертона и неизвестна константа Δ ; поэтому эти испытания имеют цену лишь для сравнения между собой наблюдений, произведенных одним и тем же врачом при помощи определенного набора камертонов; цифры, полученные с разными камертонами, без знания константы Δ друг с другом несравнимы. Испытания S при помощи наблюдения тикания карманных часов — способ довольно грубый; он может давать приблизительное представление об остроте слуха только в области частот около 2 000 Hz, так как в этой области лежит максимум амплитуды в спектре звука карманных часов [1]. Испытание при помощи слушания шопота или тихой речи является способом мало точным. Флетчер дает таблицу, из которой можно определить (приблизительно) суммарную потерю S (в том смысле, как она подсчитана на фиг. 11) из испытания на разборчивость счета при разной силе голоса и на разных расстояниях в тихой комнате с поглощающими стенами; ниже в таблице (ст. 250) даны расстояния в м, на которых счет перестает разбираться испытуемым с данной потерей S в дБ (см. *Стр. ТЭ*, т. X, стр. 369).

Порог различения изменения высоты тонов есть наименьшее осязаемое относительное изменение частоты тона $\frac{\Delta f}{f}$. По данным Кнудсена [14] величина $\frac{\Delta f}{f}$ зависит от

силы звука; значения $\frac{\Delta f}{f}$ при уровне ощущения в 40 дБ в зависимости от частоты f даны на фиг. 12 (чувствительность к изменению высоты при разных частотах — средняя для многих ушей). При слабых тонах чувствительность



Фиг. 12.

к различению высоты уменьшается; так, для тона 700 Hz на уровне ощущения $S = 10$ дБ $\frac{\Delta f}{f}$ возрастает в 3 раза по сравнению со значением при $S = 40$ дБ. По данным Флетчера [1] ухо способно различить на разных уровнях ощущения следующее число N градаций высоты тона

S	20	40	60	80
N	520	1 270	1 610	2 150

Музыкальные интервалы. Гамма. Частота тона связана с особым слуховым ощущением, к-рое обозначают как высоту тона. Если частота тона меняется в определенном от-

ношении, то этому соответствует ощущение прироста (или уменьшения) высоты тона на определенную величину — интервал. Так, интервалы частот, имеющих отношение 2 : 1, ощущаются как равные, в какой бы области ни лежали соответствующие тоны; этот интервал 2 : 1 носит название октавы. Интервал $\frac{3}{2}$ носит название квинты; $\frac{3}{4}$ — большая терция; $\frac{6}{5}$ — малая терция; $\frac{4}{3}$ — кварта; $\frac{5}{4}$ — малая секста; $\frac{3}{2}$ — большая секста; $\frac{9}{8}$ — большая секунда, $\frac{25}{24}$ — полутон, или диез; $\frac{9}{5}$ — малая септима. Ряд тонов, составленный из интервалов: 1; $\frac{9}{8}$; $\frac{5}{4}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{5}{3}$; $\frac{15}{8}$; 2 носит название мажорной натуральной гаммы; ряд тонов 1; $\frac{9}{8}$; $\frac{5}{4}$; $\frac{4}{3}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{9}{5}$; 2 называется минорной натуральной гаммой. Эти последовательности тонов воспринимаются ухом как одинаковые на какой бы высоте они ни лежали. Тоны мажорной гаммы носят название: c, d, e, f, g, a, h или соответственно: do (ut), re, mi, fa, sol, la, si. Чем меньше целые числа, которыми выражается отношение частот тонов интервалов, тем более цельно (слитно) и спокойно звучит сочетание таких тонов; такие интервалы носят название консонансов; интервалы, к-рые не м. б. выражены отношениями малых целых чисел, звучат беспокойно, шероховато и называются диссонансами. В музыкальной практике пользуются обычно не чистой, а темперированной гаммой, где натуральные интервалы воспроизводятся лишь приблизительно. Темперированный полутон определяется как $\frac{1}{12}$ часть октавы или 83,3 миллиоктавы, т. е. тоны этого интервала имеют отношение ча-

стот $\sqrt[12]{2} : 1 = 1,0595$. Целый темперированный

тон будет равен $\sqrt[6]{2} : 1 = 1,122$; консонансы звучат в темперированной гамме хуже, чем в натуральной (не так чисто и слитно), так как отношение чисел колебаний уже не соответствует точно целым числам, напр. большая терция выразится числом 1,26 вместо $\frac{5}{4} = 1,25$.

Минимальная длительность t , необходимая для восприятия высоты тона, и соответственное ей число колебаний Δf различны на разных высотах [15].

	Слабая сила звука			Средняя сила звука		
f Hz	128	384	512	256	381	512
t ск.	0,095	0,063	0,058	0,069	0,044	0,043
Δ Hz	12	24	30	18	17	22

При быстрых трелях или прерываниях тона перерывы в конце-концов перестают ощущаться ухом. Для трели, из двух близких тонов при частоте трели большей 10 раз в ск. (5 раз каждый тон), получается слитие тонов [3], при такой же приблизительно частоте перестают замечаться перерывы звучания одного тона или шума [16].

Порог различения изменений силы звука [14, 17]. На фиг. 5 *Стр. ТЭ*, т. X, стр. 365 приведены данные исследований (Рисс [18]) порога восприятия изменений силы тона $\frac{\Delta f}{f}$ при различных частотах и для различных уровней ощущения 5—60 дБ. При значительной силе звука ухо наиболее чувствительно к изменениям силы звука, а именно оно ощущает изменение около 10%, т. е. 0,4 дБ; при слабых звуках ощущаемое изменение $\frac{\Delta f}{f}$ становится гораздо большим и достигает нескольких единиц. Результаты Рисса получены

методом наблюдения биений. Кнудсен [19] произвел наблюдения, сравнивая два тона с силой J и $J + \Delta J$ при быстром их чередовании (15 раз в ск.); он также нашел увеличение $\frac{\Delta J}{J}$ при повышении уровня ощущения тона S , но не столь сильное, как Рисс. Порог различения силы звука при различных уровнях ощущения по данным Кнудсена [19].

S дБ	5	10	20	30	40
$\frac{\Delta J}{J}$	0,35	0,25	0,15	0,12	0,10

Бекеш [17] указывает на ошибки в методике предыдущих работ и при более строго поставленных наблюдениях находит, что чувствительность к изменению силы звука не зависит от высоты тона и меняется лишь при изменении уровня ощущения S ; им найдено: $\frac{\Delta J}{J} = 0,36$ при $S = 20$ дБ; $\frac{\Delta J}{J} = 0,27$ при $S = 40$ дБ. Данные Бекеш указывают на одинаковость закона раздражения для всех нервных окончаний в улитке в согласии с законом Вебера-Фехнера.

Из данных Рисса Флетчер подсчитывает число N различных ухом градаций силы звука от порога слышимости до порога боли при разных высотах: оно составляет максимум для 1 000 Hz $N = 374$, уменьшаясь вниз и вверх по высоте (при $F = 31$ Hz $N = 3,11$; при $F = 16 000$ Hz $N = 16,3$). Общее число различных по высоте и громкости тонов, воспринимаемых ухом, оказывается чрезвычайно большим (540 000).

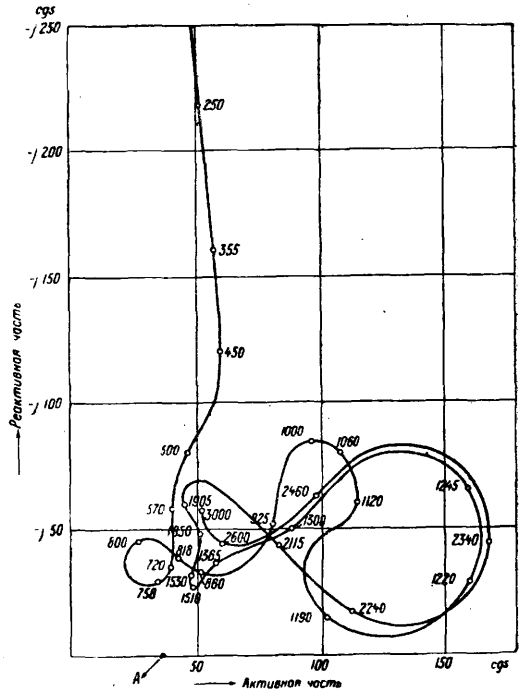
Акустический импеданс слухового прохода. Для ряда техник расчетов весьма существенно знать акустич. характеристику уха, когда оно приложено к тому или иному прибору. Трегер [23] измерил в широком диапазоне частот акустич. импеданс уха (отношение действующей силы звукового давления к получающейся скорости частиц воздуха). Акустич. импеданс уха имеет действительную (активную) часть — сопротивление, связанное с потерей энергии, и мнимую (реактивную) часть — реакция массы (положительная мнимая величина) или реакция упругости (отрицательная мнимая величина). Импеданс уха Z при всех частотах имеет преимущественно упругий характер с добавлением активного сопротивления. Абсолютная величина импеданса уха зависит от частоты; по измерениям Трегера имеем:

f . . .	200	500	800	1 000	1 500	2 500
Z . . .	250	120	40	150	50	150.

На фиг. 13 импеданс уха дан в форме векторной диаграммы. Петли кривой ясно показывают на наличие резонансных явлений в барабанной перепонке.

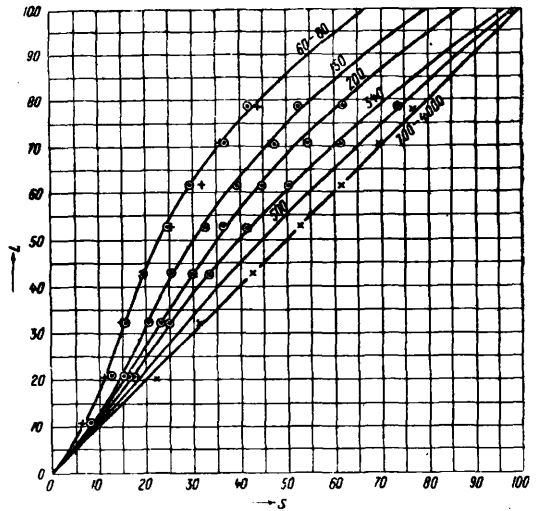
Громкость звука [1,4]. Исходя из общего психофизич. закона Вебера-Фехнера, можно думать, что громкость или субъективно ощущаемая сила звука д. б. пропорциональна логарифму физич. силы звука; т. к. величина единицы для оценки громкости звука в логарифмич. масштабе м. б. выбрана произвольной, то можно принять ее равной 1 дБ. Тогда громкость L выражалась бы уровнем ощущения в децибелах $L = S = 10 \lg \frac{J}{J_0}$. Исходя из этих предположений, мы могли бы ожидать, что тоны разных высот, лежащие на одном и том же уровне ощущения S , будут иметь одинаковую громкость, однако опыт показывает, что это имеет место лишь в области частот выше 800 Hz. Как видно из фиг. 8, кривые рав-

ной громкости (пунктир) идут приблизительно параллельно кривой порога слышимости лишь для тонов выше 800 Hz; в области низких тонов громкость возрастает быстрее, чем уровень ощущений, и следовательно кривые равной



Фиг. 13.

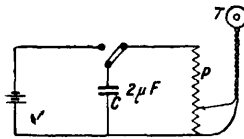
громкости сходятся ближе. Так, прирост уровня ощущения на 20 дБ при 2 000 Hz произведет вдвое меньший прирост громкости, чем такой же прирост уровня ощущения при 50 Hz. Интересно отметить, что верхняя кривая равной громкости 80 идет почти на одном энергетическом уровне, близком 1 эрг/см² ск., т. е.



Фиг. 14.

сильные звуки равной физической силы являются примерно равными и по громкости. На фиг. 14 дана связь между уровнем ощущения S и громкостью L для тонов различных высот 60—4 000 Hz. Причина неодинаковос ти есс-

приятия громкости высоких и низких тонов лежит повидимому в том, что низкие тоны образуют вследствие нелинейности воспринимающего механизма уха сильнее обертоны, к-рые возбуждают дополнительные области на основной мембране улитки, что сопряжено с приростом громкости. По предложению герм. комиссии по единицам и обозначениям (АЕФ), введенному в 1930 г., громкость звука оценивается как величина уровня ощущения нормального тона в 1 000 Нз, равногромкого с данным звуком; для этой единицы громкости предложено название ф. о. Оно введено было прежде Баркгаузеном для логарифмич. единицы уровня силы звука при основании два, но теперь герм. авторы отказались от этого термина. Америк. авторы определяют громкость совершенно так же, но применяют за единицу для измерения ее децибел. Следует отметить, что «громкость», определенная т. о., не выражает вполне верно силу нашего восприятия, т. к. воспринимаемая нами громкость оказывается не пропорциональной величинам L . Ряд работ показывает, что напр. уменьшение громкости в два раза не происходит при уменьшении вдвое числа L ; оно получается при уменьшении уровня примерно на 10 дб (на всех уровнях ощущения) [47]. Приборы для измерения громкости носят название ф. о. н. о. м. е. т. р. о. в. Фонометр Баркгаузена [20] построен на принципе сравнения измеряемого звука со звуком стандартного зуммера с неоновой лампой, возбуждающего телефон, сила звучания которого заранее проградуирована в единицах громкости. Фонометр Бекеша [21]



Фиг. 15.

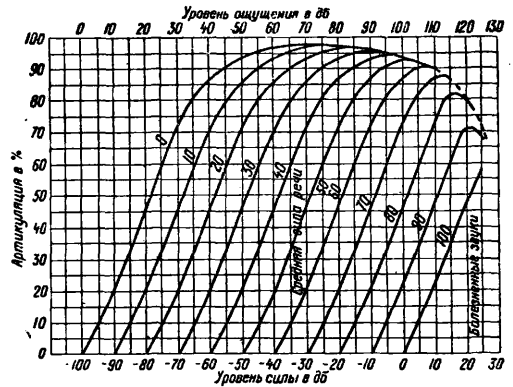
(фиг. 15) очень простой и портативный, построен на принципе сравнения громкости исследуемого звука со звуком удара («щелчка»), получающегося в телефоне при разряде через него конденсатора, заряженного до некоторого постоянного напряжения; сила звука телефона также заранее д. б. проградуирована (на фиг. 15 Т—телефон, Р—потенциометр, С—конденсатор). Америк. авторы пользуются для измерения громкости аудиометрами; в нем громкость звука при данной частоте измеряется путем определения повышения порога слышимости тона этой частоты на фоне данного звука по сравнению с порогом в полной тишине. Таким образом можно найти аудиограммы сложных звуков, или шумов, характеризующие действие их на внутреннее ухо, и измерить ощущаемую ухом силу звука, т. е. громкость [22]. Этого рода измерения имеют большое значение для организации борьбы с шумами в городах и на производстве. В приведенной ниже таблице указаны результаты исследований, произведенных в Нью Йорке комиссией по борьбе с шумами.

Можно изготовить объективно регистрирующий прибор, который будет давать громкость шума, для чего придется снабдить его нек-рым корректирующим приспособлением, которое учитывало бы чувствительность уха при разных частотах. Приборы этого рода носят название измерителей шума, или акустиметров в [22]. Шум чрезвычайной сильно влияет на разборчивость (а р т и к у л я ц и ю) речи. На фиг. 16 дана кривая артикуляции для отсутствия шума и для шумов различного уровня над порогом (уровень в дб написан рядом скри-

Громкость различных шумов [22].

Источники шумов	Уровень шума, дб	Расстояние, м
Наружные шумы		
Мотор аэроплана	116	5
Клепальная машина	97	5—6
Поезд, идущий по эстакаде	50—75	—
Грузовой автомобиль	60—75	5—20
Громкий разговор	70	1
Легковой автомобиль	50—65	5—20
Спокойная улица	50—58	—
Шум в городе ночью	38	—
Шопот, шелест листьев	10	1,5
Шумы в зданиях		
Котельная	97	—
Станция подземной ж. д.	95	—
Шумы на заводах	68—85	—
Оркестр (форте)	80	—
Машинное бюро	70	—
Шумное учреждение	47—57	—
Городская квартира	25—45	—

выми; 0 на верхней абсциссе соответствует порогу слышимости, 0 на нижней — $1 \mu W / \text{см}^2$: Артикуляция в отсутствие шума имеет макси-



Фиг. 16.

мум при уровне, соответствующем средней разговорной силе речи. При большей силе речи артикуляция падает вследствие значительных нелинейных искажений, возникающих в ухе. При больших уровнях шума, например 90 дб, артикуляция ни при какой силе речи не может подняться выше 71%. Те же кривые могут характеризовать артикуляцию для различных степеней глухоты, если цифры на кривых считать за степень глухоты, т. е. повышение порога для глухого уха в дб.

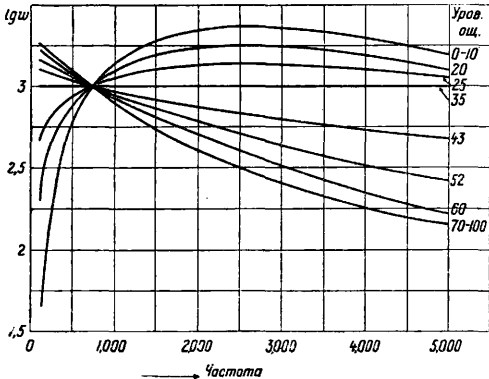
Громкость сложных звуков м. б. предвычислена, если известен звуковой спектр источника. Флетчер и Штейнберг [24] дают следующую эмпирич. ф-лу для этой цели:

$$L = 10 \frac{r^2}{3} \lg \sum w_i \cdot p_i,$$

где L —громкость в дб, Σ —знак суммы, распространенной на все значения i ; p_i —давление i -й компоненты звукового спектра; w_i —весовой множитель i -й компоненты, зависящий от высоты тона и уровня ощущения (фиг. 17); r — f -ия уровня ощущения S сложного звука, где $S = 20 \lg \frac{p}{p_0}$, где p —суммарное давление данного звука, а p_0 —та же величина на пороге слышимости; функция r в зависимости от S дана на фиг. 18.

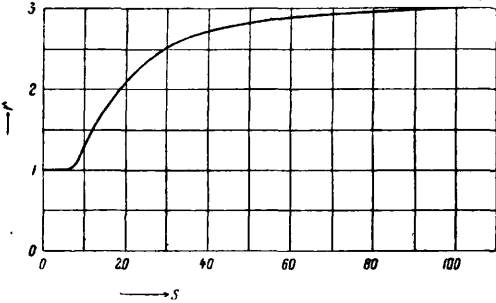
Время наличия звукового восприятия [21]. Внимание может сосредото-

ваться на звуке лишь в течение ограниченного промежутка времени (0,5—1 сек.), к-рый называют временем наличия (Präsenzzeit).



Фиг. 17.

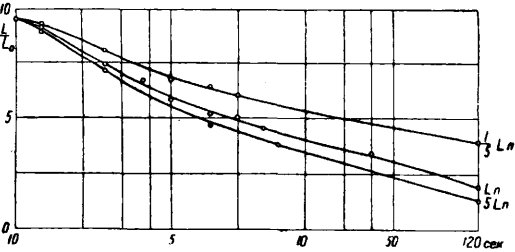
Благодаря этому плавно затухающий звук кажется нам умолкнувшим, когда он еще звучит, а затем он снова входит в сферу внимания. Бекеша считает, что при музыкальном исполнении время отзвука (до порога слышимости) не должно превышать времени наличия T ; принимая для сольного исполнения классической музыки $T = 1,2$ сек., Бекеша находит зависимость



Фиг. 18.

мость оптимального времени реверберации от объема помещения.

Утомляемость, или адаптация, слуха. Как показал П. Лазарев [25], исходя из развитой им ионной теории возбуждения, под действием длительного звука должно происходить уменьшение чувствительности слуха, по прекращении звука чувствительность будет постепенно восстанавливаться. Это явление исследовано на опыте Беликовым [26] и особенно тща-

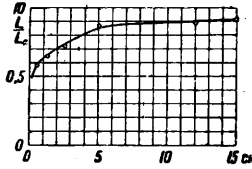


Фиг. 19.

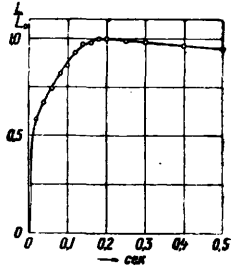
тельно Бекеша [27]. На фиг. 19 даны кривые, показывающие относительное уменьшение громкости L (по отношению к громкости L_0 , воспринимаемой неутомленным ухом) с течением времени под действием тона 800 Hz трех различных громкостей: L_n (давление 10 бар), $5L_n$ (давление

50 бар) и $1/5 L_n$ (давление 2 бара). В области 300—8 000 Hz утомляемость очень мало зависит от высоты тона. Фиг. 20 показывает восстановление чувствительности уха по прекращении звучания источника для тона 800 Hz с давлением в 10 бар. Фиг. 21 показывает, что нарастание громкости (для тона 800 Hz 10 бар) в первый момент по включении источника звука происходит лишь постепенно в течение ~0,2 сек.; для очень слабых тонов вблизи порога слышимости нарастание громкости до максимальной величины происходит еще дольше—до 0,5 сек. Вследствие явления утомления всякое изменение силы звука воспринимается слухом в преувеличенном виде [27].

Утомление сказывается в уменьшении чувствительности не только на той частоте, какую имеет воз-



Фиг. 20.

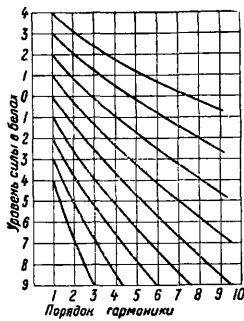


Фиг. 21.

действующий тон, но и на [соседних, причем действие утомления постепенно убывает по мере удаления от него. Так, если утомляющий тон имеет 800 Hz, то при 250 и 2 000 Hz утомление в 2 раза меньше, чем при 800 Hz. Как показал Бекеша, предварительное утомление уха сильным тоном 800 Hz вызывает искаженное восприятие высоты тона, причем наблюдаются кажущееся понижение высоты (почти полтона) ниже воздействующего тона и такое же повышение—выше его. В процессе адаптации слуха важную роль играет мускул, натягивающий барабанную перепонку (musculus tensor tympani); однако основное влияние оказывает утомляемость нервных окончаний в улитке. Нервные центры мозга повидимому очень мало утомляемы.

Нелинейные искажения и комбинационные тоны. При одновременном звучании двух и более сильных тонов ухо ощущает не только эти воздействующие тоны, но и целый ряд дополнительных тонов, называемых комбинационными; при звучании одиночного сильного тона ухо также воспринимает его не в чистом виде, а с добавлением ряда субъективных обертонов. Возникновение этих искажений следует искать в том, что в ухе мы имеем дело с упругими органами, к-рые не подчиняются закону Гука, т. к. их упругость неодинакова при отклонениях в разные стороны и возрастает не пропорционально действующей силе. Если два первичных тона имеют частоты F_1 и F_2 , то частоты комбинационных тонов будут выражаться ф-лой: $f = nF_1 \pm mF_2$, где n и m —целые числа; наиболее силен обычно тон $f_1 - f_2$ (разностный тон первого порядка), а также иногда тон, число колебаний к-рого f' является общим наибольшим делителем f_1 и f_2 ; все тоны, выражаемые приведенной формулой, а также и первичные тоны являются гармониками тона F . Комбинационные тоны, для к-рых $n + m = 2$, называются тонами первого порядка; если $n + m = 3$, то мы имеем тоны второго порядка и т. д. В случае звучания трех или более тонов, числа колеба-

ний к-рых относятся как ряд небольших последовательных целых чисел, комбинационный тон с частотой, равной общему наибольшему делителю, и его первые гармоники образуются чрезвычайно сильно и все созвучие приобретает характер сложного тона с рядом обертонов. Как показал Флетчер [29], в случае исключения из состава сложного звука основных тонов, несущих значит. долю всей энергии, тембр звука почти не изменяется, так как ухо восполняет в силу своих нелинейных свойств недостающие тоны. По этой причине отрезание низких частот до 200 Гц очень мало искажает передачу по радио и телефону. Нелинейные свойства уха характеризуются в наиболее простой форме возникновением субъективных обертонов. На



Фиг. 22.

фиг. 22 дана сила субъективных обертонов (определенная методом маскировки) [29], возникающих при воздействии чистого тона различной силы (на фиг. 22 это 1-я гармоника). Уровни силы отсчитываются от нулевого уровня в $1 \mu\text{В}/\text{см}^2$. Эти данные пригодны для тонов всех высот, так как сила обертонов является функцией лишь силы воздействующего тона, но не его уровня ощущения. Для тонов, лежащих ниже 60 дБ, гармоники уже не возникают. Для низких тонов (ниже 60 Гц) даже на пороге слышимости образуются сильные гармоники; уровень ощущения второй гармоники оказывается всегда выше, чем основного тона, т. е. октава начинает слышаться раньше, чем основной тон. Это заставляет предполагать, что низкие тоны вообще не воспринимаются как таковые, а ощущаются лишь за счет своих гармоник. Более быстрый рост громкости низких тонов (по сравнению с высокими) с увеличением уровня ощущения повидимому обусловлен образованием сильных гармоник, которые возбуждают большую площадь основной мембраны, что дает дополнительный прирост громкости.

К о н с о н а н с и д и с с о н а н с [2, 3, 4]. Гельмгольц [2] объясняет диссонанс образованием биений между обертонами двух тонов, в результате чего звук приобретает дребезжащий, шероховатый характер; Гельмгольц нашел, что при увеличении числа биений в ск. звук приобретает все более неприятный характер; это качество достигает максимума при 33 биениях в ск. и затем постепенно ослабевает вплоть до полного исчезновения. Учитывая (количественно) шероховатость, обусловленную биениями для всех обертонов интервала попарно друг с другом, Гельмгольц вычислил степень диссонанса различных интервалов. Чем проще числовое соотношение тонов интервала, тем незначительнее степень его диссонанса; самые совершенные консонансы: октава 2 : 1, квинта 3 : 2, дуодецима 3 : 1. В низких частотах число биений при тех же интервалах уменьшается и потому менее совершенные консонансы, напр. малая терция, становятся диссонансами. Штумпф [30] считает, что одного отсутствия биений недостаточно для объяснения консонанса, и вводит еще понятие о степени слиятия тонов (Tonverschmelzung). Т. к. звучание аккордов теснейшим образом связано с образованием комбина-

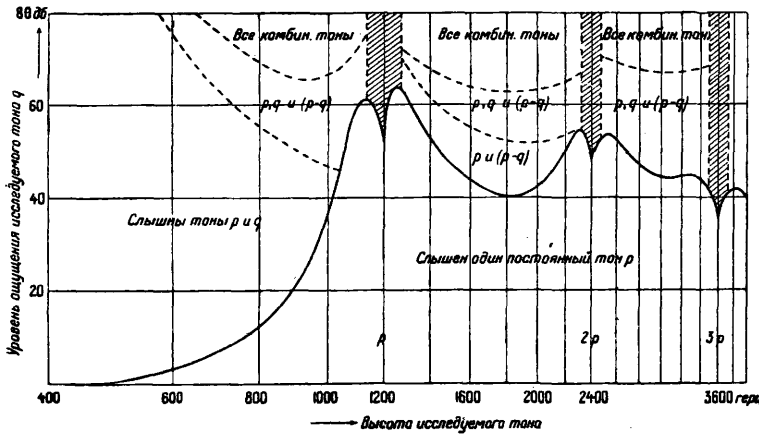
ционных тонов, то их структура и биение между ними имеют огромное значение для теории музыки [31]; понятия мажора и минора находят себе полное объяснение в структуре комбинационных тонов. Исследовать субъективное восприятие сложного созвучия можно при помощи т. н. зондирующего тона [32] переменной высоты и силы. При совпадении этого тона с какой-либо компонентой ухо слышит биения, к-рые наиболее отчетливы при равенстве силы зондирующего тона и исследуемой компоненты звука.

А н а л и з з в у к а с л у х о м [2]. Анализ звука является одним из замечательных свойств уха. С. разлагает сложный звук на синусоидальные простые тоны и доводит их до сознания различно (з а к о н О м а). Конечно объективная точность анализа звука на С. не всегда бесспорна, так как слуховой аппарат дает добавочные тоны и может менять соотношения силы различных составляющих сложного звука, но в основном ухо дает нам чрезвычайно ценное средство анализа, причем способность к анализу м. б. в сильнейшей мере развита путем упражнений. Прирожденная способность к тонкому анализу звука в соединении с острой памятью на высоту тона называется обычно абсолютным слухом. Крайне существенно, что ухо воспринимает лишь амплитудный спектр сложного звука, разности же фаз всех компонент в восприятии тембра роли не играют [4, 26]. Это обстоятельство крайне важно для построения теории С. Разность фаз компонент влияет однако на величину максимальной амплитуды кривой сложного звука за время периода, и потому при сильных звуках, когда возможны нелинейные искажения, тембр может меняться при изменении разности фаз [26], т. е. изменяется соотношение амплитуд комбинационных тонов и обертонов; наблюдения, подтверждающие эти соображения, сделаны Бизлеем [2].

М а с к и р о в а н и е о д н о г о з в у к а д р у г и м [1, 4, 5]. Новый метод исследования созвучий при помощи определения степени маскирования, или заглушения, разработан Виджелем и Леном [32] и состоит в том, что при помощи аудиометра определяется при различных частотах прирост порога слышимости (в дБ) на фоне исследуемого звука, и в результате строится аудиограмма, характеризующая частотный спектр этого звука в таком виде, как он воспринимается ухом. На фиг. 23 сплошная кривая показывает, что маскировка чистым тоном p постоянной высоты 1200 Гц и с силой 80 дБ нижележащих тонов относительно невелика, она стремится к максимуму при близком соседстве исследуемого q тона с маскирующим p ; в той области, где слышались биения (заштриховано), маскировка уменьшена, так как биения позволяют легче заметить исследуемый тон. Особенно существенно отметить, что в области тонов $2p$, $3p$ и т. д. появляются максимумы маскировки, что указывает на образование сильных субъективных обертонов. На фиг. 23 пояснен состав сложного звука, как он слышится уху, при переходе исследуемого тона в область выше кривой маскировки; интересно отметить, что между частотами p и $2p$ на фоне маскирующего тона появляется первым не тон q , а разностный тон ($p - q$) и только при большей силе становится слышимым тон q , а далее все другие комбинационные тоны. Исследование методом маскировки показывает, что для низких тонов субъективные обертоны появляются раньше, чем основной тон достигает поро-

га слышимости, что имеет существенное значение для теории С. Исследование маскировки при действии тона на ухо человека с резекцией ули-

но 30°, 21° и 10°. При частотах ниже 2000 Нз этот эффект в действительных условиях слушания не может играть существенной роли. На фиг. 24 показаны разности фаз и отношения сил звука в правом и левом ухе для тона 256 Нз при расстояниях источника на 20, 50, 100 и 400 см, измеренные на манекене; для $\theta = 90^\circ$ (звук идет сбоку) при расстоянии в 400 см мы имеем $\frac{J_R}{J_L} = 0,82$, что дало бы по ф-ле Стюарта сдвиг лишь на 6,9° вместо 90°; главное влияние принадлежит таким образом разности фаз. При подведении двух слабых звуков, немного различных по частоте, к двум ушам наблюдается явление бинауральных биений [40], т. е. звук приобретает пульсирующий характер; при медленных биениях можно ощущать, что звуковой образ как бы блуждает, обходя вокруг головы; явление это не наблюдается выше 800 Нз и обусловлено явно теми же причинами, как и бинауральный эффект, так как при биениях разность фаз постепенно меняется от 0 до 2π за период биения. При слушании двумя ушами раздельно возникают и обычного характера биения, воспринимаемые при любой высоте тона, но для этого один тон д. б. примерно на 50 дб



Фиг. 23.

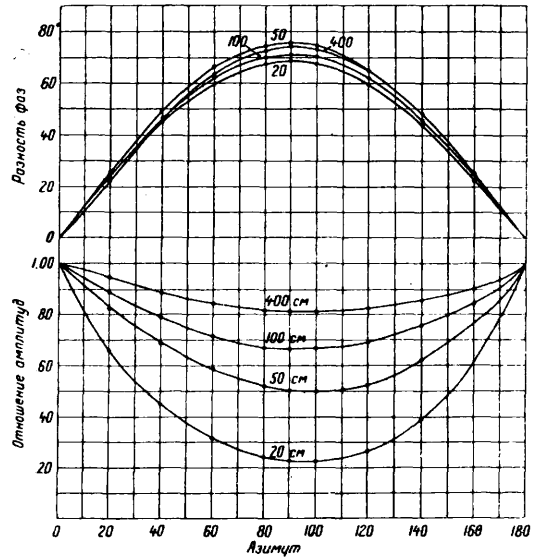
тки (полная односторонняя глухота) позволяет определить, что сила звука при прохождении через череп к противоположному уху ослабевает на 50—55 дб. Исследование маскирующего действия различных звуков и шумов позволяет определить спектр звука во внутреннем ухе, который обычно существенно отличен от физической картины звукового спектра.

Бинауральный эффект [1, 4, 38] есть способность слухового аппарата определять направление, в котором находится источник звука. Согласно исследованиям Стюарта [35], способность различать направление тесно связана с разностью фаз между звуками, воспринимаемыми одним и другим ухом. Бинауральный эффект, вызываемый разностью фаз, наблюдается лишь для тонов не выше 1200 Нз. Если обозначить θ угол сдвига от средней плоскости (азимут) звукового образа для тона с частотой f , а через Φ — разность фаз, то для звуков одинаковой силы эти величины связаны соотношением:

$$\theta = \Phi : (0,7 + 0,003f),$$

коэф-ты в этом соотношении взяты средние из ряда наблюдений; наименьший замечаемый угол сдвига независим от частоты и составляет 4—5°. Простой пересчет показывает, что для высоких тонов ($f > 500$) отклонение на угол θ приблизительно пропорционально разности времени прихода звука к двум ушам: $\theta = 10^\circ \Delta t$, где θ выражено в градусах, а Δt — в ск.; это соотношение не зависит от высоты. Исследования Хорнбостреля и Вертхеймера [37] показали, что для звуковых импульсов угол сдвига θ пропорционален разности времен Δt . Они нашли, что минимальный замечаемый сдвиг соответствует времени $3 \cdot 10^{-3}$ ск., причем звук кажется идущим под азимутом в 3° от средней плоскости; сдвиг на 90° получается при $\Delta t = 6,3 \cdot 10^{-3}$ ск.; при $\Delta t = 12 \cdot 10^{-3}$ ск. два импульса воспринимаются уже раздельно. Кроме разности фаз кажущийся сдвиг звукового образа получается также и при различии силы звука в двух ушах. Если J_R и J_L — сила звука в правом и левом ухе, то получается кажущийся сдвиг на угол $\theta = B \ln \frac{J_R}{J_L}$, константа B уменьшается с частотой; при $f = 256; 512$ и 1024 Нз B равно соответствен-

но 30°, 21° и 10°. При частотах ниже 2000 Нз этот эффект в действительных условиях слушания не может играть существенной роли. На фиг. 24 показаны разности фаз и отношения сил звука в правом и левом ухе для тона 256 Нз при расстояниях источника на 20, 50, 100 и 400 см, измеренные на манекене; для $\theta = 90^\circ$ (звук идет сбоку) при расстоянии в 400 см мы имеем $\frac{J_R}{J_L} = 0,82$, что дало бы по ф-ле Стюарта сдвиг лишь на 6,9° вместо 90°; главное влияние принадлежит таким образом разности фаз. При подведении двух слабых звуков, немного различных по частоте, к двум ушам наблюдается явление бинауральных биений [40], т. е. звук приобретает пульсирующий характер; при медленных биениях можно ощущать, что звуковой образ как бы блуждает, обходя вокруг головы; явление это не наблюдается выше 800 Нз и обусловлено явно теми же причинами, как и бинауральный эффект, так как при биениях разность фаз постепенно меняется от 0 до 2π за период биения. При слушании двумя ушами раздельно возникают и обычного характера биения, воспринимаемые при любой высоте тона, но для этого один тон д. б. примерно на 50 дб

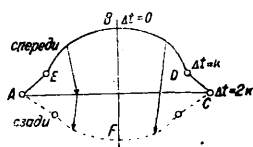


Фиг. 24.

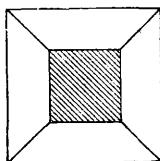
сильнее другого, чтобы при прохождении через череп в ухе получались два звука, примерно равные по силе, что необходимо для получения резких биений.

Источник звука имеет нек-рые кажущиеся размеры. Для низких тонов он велик, для высоких, «острых», звуковых импульсов он становится очень резким и бинауральная чувствительность сильно возрастает. В виду резкости бинаурального эффекта при импульсивных звуках Бенкши [41] произвел на них ряд важных исследований. Звуковой образ при постепенном увеличении разницы времени Δt в двух ушах перемещается от средней плоскости

(фиг. 25) в сторону опережающего звука, двигаясь почти по круговой траектории (BE или BD) около головы; при $\Delta t = k$ звуковой образ кажется сдвинутым почти на 90° ; начиная отсюда (точки D, E), траектория изламывается, и источник кажется быстро удаляющимся. При $\Delta t = 2k$ это удаление прекращается, и источник кажется при увеличении стоящим на месте; при еще больших Δt звуковая картина распадается на два импульса. Кроме траектории впереди головы $AEBDC$ некоторые наблюдатели ощущают заднюю траекторию AFC



Фиг. 25.



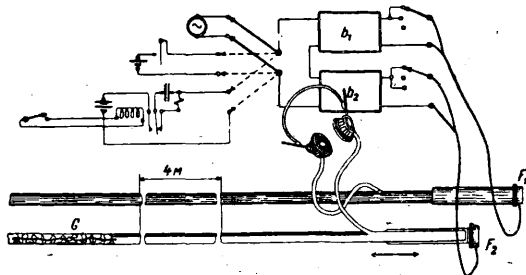
Фиг. 26.

(затылочное положение), причем источник кажется несколько ближе к голове, чем при передней траектории. Возможно ощущать еще и некоторую среднюю траекторию AC , проходящую по прямой между ушами. При известной споровке можно локализовать звук на любой из трех траекторий по желанию (стрелки показывают возможность перескоков), подобно тому как фиг. 26 можно воспринимать как выпуклую, вогнутую или плоскую. При утомлении одного уха длительными звуками источник звука кажется смещенным в сторону неутомленного уха, так как в данном случае два уха воспринимают звуки неодинаковой громкости (см. выше); при уравнивании громкости кажущийся сдвиг исчезает. Константа k у некоторых людей (при увеличении звукового давления в 100 раз) растет с увеличением силы звука от $0,5 \cdot 10^{-3}$ ск. до $1,5 \cdot 10^{-3}$ ск., у других же остается постоянной и равной ок. $1,5 \cdot 10^{-3}$ ск.; липа с устойчивой величиной k обладают устойчивой по отношению к внешним раздражениям нервной системой и особенно пригодны для наблюдений по методу бинаурального эффекта, что важно учесть при ряде работ на практике. При усилении звука траектория кажется приближенной к голове; при некоторой средней силе траектория кажется лежащей на коже головы и при еще более сильных звуках она проходит уже как бы внутри головы.

Бинауральный эффект проще всего исследуется при помощи резиновой трубки длиной ок. 1,5 м, подводимой концами к двум ушам; источником звука являются удары по трубке; удар по некоторой точке соответствует совершенно определенной разности ходов звука к двум ушам; при этих испытаниях замечаются изменения точки удара до 1 см; у многих людей ощущение звука в средней плоскости получается при ударе не в середине трубки, а несколько сбоку; это имеет значение при отборе слушателей для различного рода звукоулавливающих станций; такое явление часто носит временный характер. Более совершенный метод испытания предложил Бекеш (фиг. 27). Звуковые частоты от желаемого источника (удары, зуммер, тон) разделяются на две линии, снабженные аттенуаторами (магазинами затухания) b_1 и b_2 , позволяющими установить в каждой линии желаемую силу звука, и подаются в два телефона F_1 и F_2 , установленные на концах двух длинных раздвижных труб; на конце труб имеются закладки G из кружков

тонкой материи, насаженных на проволоку, уничтожающие отражение звука. Звук через тонкие боковые отрезки подводится к двум ушам. Перестановка длинных труб позволяет дать ушам любую разность фаз.

Практические приложения бинаурального эффекта весьма разнообразны, т. к. в сущности он дает возможность измерения на-слух малых промежутков времени, напр. возможно применение для определения времени срабатывания реле, для определения скорости звука. Во всех этих методах по бинауральному эффекту измеряется не угол кажущегося сдвига изображения, что было бы не особенно точно, а лишь устанавливается наличие или отсутствие минимального сдвига от средней плоскости, что гораздо точнее, причем звуковой образ приводится к средней плоскости при помощи специальных акустич. или электрич. компенсаторов [42], вводящих дополнительное запаздывание для опережающего по фазе звука. Бинауральный эффект используется для целей пеленгации (см. *Звук, Звукоулавливатели*), т. е. определения направления на источник звука [42, 48]; задача разрешается как для подводных звуков, так и для воздушных. Эти методы важны в морском и военном деле. Для увеличения чувствительности используются увеличением воспринимающей базы, что дает возможность искусственно увеличить точность определения разности времен при данном направлении на источник звука. Бинауральное чувство чрезвычайно важно для восприятия внешнего



Фиг. 27.

мира; частичное выключение его у глухих на одно ухо уже сильно вредит способности ориентироваться в пространстве и разбирать речь. Отладение бинаурального эффекта при передаче по радио и телефону сильно понижает разборчивость речи и музыкального исполнения, т. к. у слушателя отпадает способность локализовать источники звука в пространстве по их направлению; суждение по одной лишь силе и тембру звука часто дает обманчивое впечатление; этот дефект м. б. исправлен при помощи бинауральной, или пластичной, радиопередачи [44].

Теория С. [1, 2, 3, 4, 30]. Посвященная этому вопросу литература очень обширна. Из появившихся за последнее время работ отметим: 1) работы Бекеша, давшего полную критич. переработку всей теории С. [27, 41, 46]; 2) новую теорию С. Флетчера [6], к-рому удалось объяснить факт огромного разнообразия звукового восприятия по силе и высоте тона (540 000 различных комбинаций) при ограниченности числа нервных волокон, введя представление о передаче по нервам к мозгу тональных импульсов, число к-рых растет с силой звука, и 3) экспериментальное доказательство звуковой периодичности нервных импульсов в слуховом нерве, данное Вевером и Бреем [46].

Лит.: 1) Fletcher H., Speech a. Hearing, N. Y., 1929; 2) Waetzmann E., Resonanztheorie des Hörens, Brschw., 1912; 3) Helmholtz H., Die Lehre von den Tonempfindungen, Brschw., 1877; 4) Ржевский Н. С., Слух и речь, М.—Л., 1928; 5) Fletcher H., «Journ. of the Acoustical Society of America», Menasha, Wisconsin, 1930, v. 1, p. 311; «УФН», 1931, т. 11, вып. 6, стр. 894; 6) Lane C., «The Physical Review», N. Y., 1922, v. 19, p. 492; 7) Wegel R. a. Lane C., ibid., N. Y., 1924, v. 23, p. 266; 8) Wittmaack, «Ztschr. f. Ohrenheilkunde», Wiesbaden, 1907, B. 54, p. 37; Pflüger's Archiv f. Physiol. B., 1907, V. 120, p. 249; 9) Андреев Л., Арх. биол. наук, том в честь акад. И. П. Павлова, Л., 1924; 10) Held a. Kleinknecht, «Leipzig. Ber.», Lpz., 1925, V. 77, p. 137; 11) Minton J., «The Physical Review», N. Y., 1922, v. 19, p. 30; 12) Kranz F., ibid., 1923, v. 22, p. 66; 1923, v. 21, p. 576; 13) Fletcher H. a. Wegel R., ibid., 1922, v. 19, p. 555; 14) Knudsen V., ibid., 1923, v. 21, p. 84; 15) Fletcher H., «Journ. of the Franklin Instit.», Philadelphia, 1923, 194, p. 323; 16) Békésy G., «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1928, B. 29, p. 793; 17) Békésy G., ibid., 1930, B. 30, p. 115; 18) Riesz R., «The Physical Review», N. Y., 1928, v. 31, p. 867; 19) Knudsen V., ibid., 1923, v. 21, p. 1; 20) Barkhausen H., «Ztschr. f. technische Physik», Lpz., 1926, p. 599; 21) Békésy G., Annalen d. Physik, Lpz., 1931, Folge 5, B. 8, p. 851; 22) Методы исследования шумов, Сборн. статей под ред. С. Ржевкина, М., 1932; 23) Tröger, «Physik. Ztschr.», Lpz., 1930, B. 31, p. 26; 24) Fletcher H. a. Steinberg J., «The Physical Review», N. Y., 1924, v. 24, p. 306; 25) Лазарев П., Ионная теория возбуждения, М., 1916; 26) его же, «Изв. физич. ин-та и ин-та биофизики», 1920, т. 1, вып. 3 и 4, стр. 120 и 150; 27) Békésy G., «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1929, V. 30, p. 115; 28) Fletcher H., «The Physical Review», N. Y., 1924, v. 23, p. 427; 29) Fletcher H., «Journal of the Acoustical Society of America», Menasha, Wisconsin, 1930, v. 1, p. 314; 30) Stumpf C., Tonpsychologie, Lpz., B. 1—2, 1890—93; 31) Гарбузов Н., Акустич. сборн., т. 1, М., 1925; 32) Wegel R. a. Lane C., «The Physical Review», N. Y., 1924, v. 23, p. 266; 33) Knudsen V., «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1930, B. 2, p. 71; 34) Gault R., «Science», 1927, Apr. 22, «Journ. of the Frankl. Institute», Philadelphia, 1927, v. 204, p. 329; 35) Stewart G., «The Physical Review», N. Y., 1920, v. 15, pp. 425, 432; 36) Stewart G. a. Lindsay R., Acoustics, p. 229, L., 1931; 37) Hornbostrel E. a. Wertheimer M., «Berliner Berichte», B., 1920, p. 338; 38) Stewart G. a. Honda, «The Physical Review», N. Y., 1918, v. 25, p. 242; 39) Firestone F., «Journal of the Acoustical Society of America», Menasha, Wisconsin, 1930, v. 2, p. 260; 40) Lane C., «The Physical Review», N. Y., 1925, v. 26, p. 401; 41) Békésy G., «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1930, B. 31, p. 824, 857; 42) Beasley W., «Journ. of the Acoustical Society of America», Menasha, Wisconsin, 1930, v. 1, p. 385; 43) Дрюделл, Морская подводная сигнализация, «УФН», М., 1925, 5, стр. 206; 44) Meyer E., «Elektrische Nachrichtentechnik», B., 1927, V. 2, p. 137; 45) Békésy G., «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1928, B. 29, p. 793; 1929, V. 30, p. 115; 1930, B. 31, p. 824, 887; 46) Weaver E. a. Bray C., «Journ. Exper. Psychol.», 1930, 13, p. 373; 47) Riesz R., «Journ. Acoust. Soc. of Amer.», Menasha, Wisconsin, v. 4, p. 214, 1933; 48) Головин Н., Акустические пеленгаторы и подслушатели, Ленинград, 1933.

С. Ржевкин.

Слюда, листовый и порошкообразный материал, производимый из минералов того же названия и в силу своеобразного сочетания ценных технич. свойств представляющий один из первых по значению электроизоляционных материалов. Минералогический термин «слюда» объединяет ряд минералов не по химич. составу, а по общности физич. свойств—весьма совершенной спайности по основному пинакоиду и способности расщепляться на тонкие гибкие пластинки и листки; химически же С. представляет водные алюмосиликаты щелочных и щелочноземельных металлов с частичным замещением железом, хромом и другими элементами. В табл. 1 приведены важнейшие С. и их признаки. Практически наибольшее значение принадлежит в этой группе мусковиту и флогопиту, в значительно меньшей степени—фиогиту и лепидолиту; наконец в последнее время начинают применяться в молотом виде хлориты и вермикулиты. Несмотря на многочисленность исследований, предмет которых была С., до настоящего времени в литературе нет достаточно полных сведений о свойствах

этого материала. Настоящая статья в своей физико-химической части опирается на работы, проведенные в Отделе минераловедения ВЭИ группой сотрудников (А. Архангельский, М. Макаров, И. Мачина, Петрашова, Сидорова, Р. Лифиц, Г. Катто, Н. Герман и другие) под руководством П. А. Флоренского и с ближайшим участием М. И. Мантрова.

Химический состав С. существенно изменяется при переходе от одного минералогич. вида к другому, но и в пределах одного вида довольно неустойчив. В табл. 2 приведен состав некоторых видов слюды.

Табл. 2.—Химический состав некоторых видов С. (в %).

Состав	Мусковит	Флогопит
SiO ₂	ок. 45,0	39,0—40,0
Al ₂ O ₃	33,0—37,0	17,0—17,5
Fe ₂ O ₃	1,1—3,1	0,3—3,5
TiO ₂	0,05—1,1	0,6—1,0
CaO	0,2—1,1	0—6,9
MgO	0,2—1,9	15,7—26,5
K ₂ O	8,3—10,2	9,9—10,0
Na ₂ O	0,8—2,3	0—0,6
MnO	0—0,08	—
FeO	0,2—2,16	0,2—2,6
F	0—0,7	0,3—2,2
H ₂ O	3,8—6,1	3,0

Несмотря на многочисленные анализы С., до сих пор не удалось получить общепризнанных рациональных формул С. Причина этих затруднений объясняется помимо большой сложности состава содержанием в С. включений. Из них часть твердых сравнительно легко м. б. контролируема; но всегда присутствующие между элементарными слоями С. электролиты попадают в анализ вместе с самой С. и делают химич. картину весьма неустойчивой и запутанной. По Г. Чермаку С. представляет изоморфные смеси основных (в общем смысле) молекул, обозначаемых символами К, М и S, где К = H₂KAl₂Si₃O₁₂; М = Mg₆Si₃O₁₂ и S = H₂Si₅O₁₂; напр. состав мусковита выражается в главном ф-лой 2H₂O·K₂O·3Al₂O₃·6SiO₂. Раммельсберг считает С. состоящей из трех силикатов: R₂SiO₃, R₄SiO₄ и R₆SiO₅ в различных молекулярных соотношениях между собою. Кларк считает возможным рассматривать всю С. как замещенные производные ортокремневой и поликремневой к-т, так что получаются различные смеси из соединений типов:

$$1 \left\{ \begin{array}{l} m\dot{R}_3Al_3(SiO_4)_3 \\ n\dot{R}_3Al_3(Si_3O_6)_3 \end{array} \right. 2 \left\{ \begin{array}{l} m\dot{R}_6Al_2(SiO_4)_3 \\ n\dot{R}_6Al_2(Si_3O_6)_3 \end{array} \right. 3 \left\{ \begin{array}{l} m\dot{R}_9Al(SiO_4)_3 \\ n\dot{R}_9Al(Si_3O_6)_3 \end{array} \right.$$

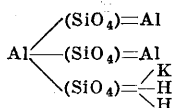
Здесь \dot{R} означает одновалентный металл (H, K, Na, Li) или одновалентный радикал (MgF, AlF₂, AlO). Далее каждая пара замещающих атомов $\dot{R}\dot{R}$ м. б. заменена одним дивалентным атомом \ddot{R} , т. е. Mg, Fe, Mn и т. д. Если обозначить кислотный радикал (тот или другой) через X, то пределы различных замещений будут $\dot{R}_3Al_3X_3$ и \dot{R}_9AlX_3 . Так например, обыкновенный мусковит содержит $\dot{R}_3 = H_2K$ при кислотном радикале Al(SiO₄)₃, а фенгит (кислый мусковит) представляет смесь этого ортосиликатного кремнекислого мусковита H₂KAl₃(SiO₄)₃ с поликремнекислым H₂KAl₃(Si₃O₆)₃. По В. И. Вернадскому состав С. выражается основной ф-лой M₂(Al, Fe, Cr) Si₂O₆, где M—одновалентный металл или водород и может заключать: K, Li, Na, Ba, (Sr), (Ca), Fe, Mg, Cr, (Ti), (Mn), ((Rb)), ((Cs)). Структурная ф-ла С. еще ме-

Табл. 1.—Важнейшие слюды и их признаки.

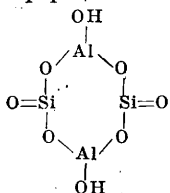
Название	Химич. формула	Цвет	Блеск	Твердость	Уд. в.	Плавокость	Породы и спутники
Авагит (хромовая С.)	Разность мусковита с 14,6% Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	В кварците
Астрофиллит (хр.)	R ₄ R ₄ Ti(SiO ₄) ₄ , где R=K, Na и R= =Fe, Mn, Mg, Ca; Zr изомерен Si	Бронзовый до золотисто-желтого	Перламутровый до металлоидного	3	3,3—3,4	2,5—3	В цирконовом сиените
Биотит (упр.) *1	(K, H) ₂ (Mg, Fe) ₂ (Al, Fe) ₂ (SiO ₄) ₃	Зеленый, желтый, бурый-черный	Блестящий на плоскостях спайности	2,5—3	2,7—3,1	5	В гранитах, сиенитах, гнейсах, слюдяных сланцах
Вермикулит (гб., но не упр.)	Выветрелая С. — гидратированный Mg-Al силикат (также Fe, иногда Na, K)	Желтый, бурый, от светло-до темнозеленого	Перламутровый	1—1,5	2,2—2,3	3,5	С серпентином, тальком, хлоритом, корундом и настоящими слюдами
Дамурит *2	Разности мусковита	—	—	—	2,8—2,9	—	—
Кеммерерит (Сг—хлорит) (упр.)	H ₈ (Mg, Fe) ₅ (Al, Cr) ₂ Si ₂ O ₁₈	От светло- до темнокрасноватого и фиолетовый	От стеклянного до перлам.	2—2,5	2,65—3,1	5—5,5	В перидотитах и змеевиках; хромит, серпентин, тальк и др. хлориты
Клинтонит (зейбертит) (хр.)	H ₃ (Mg, Ca) ₄ Al ₅ Si ₂ O ₁₈	Красновато-бурый, медно-красный	Перламутровый	4—5	3,0—3,1	>5	В известняке; авгит, роговая обманка, графит, шпинель Турмалин
Кооцит (упр.)	Li[Al(F, OH) ₂](SiO ₃) ₂	Белый, до желтовато-зеленого	Перламутровый	2,5	2,70	4,5—5	—
Ксантофиллит (валуевит) (хр.)	H ₃ (Mg, Ca) ₁₄ Al ₁₆ Si ₅ O ₅₂	Светлозеленый	Стеклянный, перламутровый	4—5	3,0—3,1	>5	В тальковых и хлоритовых сланцах
Ленидолит (упр.)	LiK[Al(OH, F) ₂](AlSiO ₃) ₃	Фиолетовый, зеленовато-белый, красноватый, желтоватый	Перламутровый	2,5—4	2,8—2,9	2—2,5	В пегматитах; турмалин, рубеллит, амблигонит, сподумен, касситерит
Лепидомелан (аннит) (упр.)	(K, H) ₂ (Mg, Fe) ₂ (Al, Fe) ₂ (SiO ₄) ₃	Зеленый до черно-зеленого	Алмазный до полуметаллич.	3	3 —3,2	4,5—5	В гранитах, гнейсах, сиенитах, слюдяных сланцах
Маргарит (жемчужная С.) (хр.)	H ₂ CaAl ₄ Si ₂ O ₁₂	Серый, белый, желтоватый, розоватый	Стеклянный, на плоск. спайности перламутровый	3,5—4,5	2,35—3,08	4—4,5	Хлорит, диаспор, корунд, шпинель
Мусковит (упр.) *3	H ₂ KAl ₃ (SiO ₄) ₃ Fe (изоморфно с Al)	Белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый, буроватый, также розовый	Стеклянный до перламутровый или шелковистого	2—2,5	2,76—3	4,5—5	В пегматитах, гранитах, гнейсах, слюдяных сланцах и контактных зонах; полевой шпат, кварц, турмалин, берилл, гранат
Онкозин *4	Разности мусковита	Сероватый, зеленоватый и зеленый разных оттенков	Шелковистый и др.	—	—	—	—
Парагонит (упр.)	H ₂ NaAl ₃ (SiO ₄) ₃	Желтоватый, зеленый, серовато-белый	Перламутровый до стеклянного	2,5—5	2,76—2,90	5	В сланцах; киванит, ставролит, турмалин, акринолит
Роскоеллит	H ₃ K ₂ (Mg, Fe)(Al, V) ₄ (SiO ₃) ₁₂	Бурый, буровато-зеленый	Перламутровый	2	2,93	2,5	В жилах с кварцем, золотом и теллуридами; в песчанниках с карнотитом
Флогопит (упр.)	[HK(MgF)] ₃ Mg ₃ Al(SiO ₄) ₃ (немного Fe, изоморфного с Mg и Al)	Желтовато-бурый, зеленовато-белый, бесцветный	Перламутр. до полуметаллического	2,5—3	2,78—2,85	4,5—5	В кристаллич. известняках (на контактах, в змеевике); пироксен, амфиболы, серпентин, апатит, графит, корунд
Фунсит (хромовая С.)	Разность мусковита с 4% Cr ₂ O ₃	Зеленый разных оттенков	—	—	—	—	—
Цинвальдит (гб.)	(K, Li) ₂ Fe(AlO)Al(F, OH) ₂ (SiO ₄) ₃	Серый, желтый, бурый, фиолетовый	Перламутровый	2,6—3	2,8—3,2	2,5—3	Касситерит, вольфрамит, шеелит, флюорит, кварц, топаз
Эдлахерит (бариевая С.)	Равность мусковита	—	—	—	2,88—2,91	—	—
Хлорит (гб.) *5	H ₃ (Mg, Fe) ₅ Al ₂ Si ₃ O ₁₈ (часто немного Cr)	Зеленый различных оттенков	Стеклянный до перламутрового	1—2,5	2,6—2,56	5—5,5	В сланцах, змеевиках; магнетит, хромит, гранат, диопсид, тальк, серпентин, корунд

Механические свойства: хр.—хрупкость, гб.—гибкость, упр.—упругость. *1 Разновидность биотита аномит. *2 Разновидности дамурита: гидромусковит, маргародит, гильбертит, адаманит, стерлингит, ивингнит, серицит, метасерицит, лепидоморфит, пикнофиллит, лейкофиллит. *3 Дамурит, серицит, фенгит. *4 Онкофиллит, дидимит или дидримит, амфилогит. *5 Клинохлор, пенниня.

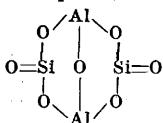
нее установилась. Для примера можно указать, что по Ф. В. Кларку (1882 г.) мусковит обладает строением следующего вида:



Наиболее вероятно представление В. И. Вернадского, выдвинутое в 1891 г. и все более подтверждающееся, о С. как изоморфных смесях солей каолиновой к-ты, в основе к-рой лежит неорганич. хромофор-цилич. каолинзвое ядро



или, по последней версии 1932 г.,



Сводка основных данных о важнейших С. содержится в табл. 1.

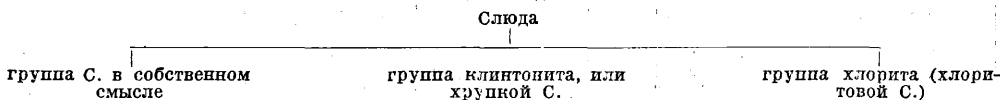
Классификаций С. существует несколько; здесь приводятся некоторые из них.

гамит, собственно вермикулит, керрит, луказит, леннилит, галлит, пайнтерит, филадельфит, протOVERМИКУЛИТ, ваалит, маконит, пирокслерит, розеит, виллкоксит, зонолит. Представители этой группы гидросиликатов часто относятся к хлоритам. По химич. составу иногда они весьма далеки друг от друга, генетически же представляют продукты разрушения настоящих С. (биотита, флогопита и др.) и хлоритовых С., причем сохраняют б. или м. совершенную спайность и часто оптич. характер исходных С. Состав вермикулитов неопределен; он зависит от рода исходной С. и степени ее разрушенности. Пластинки вермикулитов вообще мягки, гибки, неупруги; блеск этих минералов перламутровый или полуметаллический; цвет изменяется от белого и желтого до бурого.

Химическая стойкость С. С. обладает в своих разных видах и даже минералогических разностях одного вида различною степенью химич. стойкости. На мусковит соляная и серная к-ты даже при кипячении оказывают малое воздействие. Однако под длительным воздействием воды, насыщенной углекислотой, возникают гидрослюды, причем утрачивается блеск и упругость. При длительном воздействии кислот С. и в том числе даже мусковит подвергаются выщелачиванию. Для охарактеризования степени разрушенности С. данным воздействием среды, напр. к-ты, может служить система оценочных баллов (табл. 3).

Практически в отношении серной и соляной кислот при комнатной t° мусковиты и параго-

а) Американская классификация.



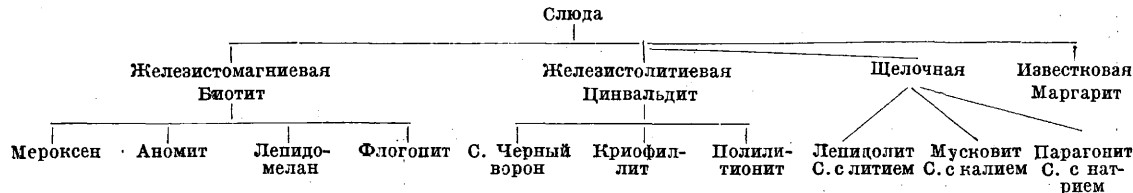
б) Классификация Чермана.



в) Классификация А. Лавруа.



г) Классификация Гинтце.



Вермикулиты. Особо д. б. упомянуты вермикулиты, джефферисит, кульсагесит, пель-

нит могут считаться достаточно устойчивыми, тогда как флогопиты и биотиты в тех же усло-

Табл. 3.— Система оценочных баллов химической стойкости и разрушения С.

Оценочный балл		Признаки разрушения
стойкости	химич. разрушения	
1,0	0,0	Никаких внешних изменений
0,9	0,1	Появление серебристого пятна у края либо в середине при сохранении механич. свойств
0,8	0,2	Появление серебристых пятен вдоль краев при сохранении механич. свойств
0,7	0,3	Отдельные пятна по всей поверхности; небольшое ухудшение механич. свойств
0,6	0,4	Пятна, сливаясь, занимают меньшую часть поверхности; небольшая хрупкость
0,5	0,5	Пятна, сливаясь, занимают половину поверхности; хрупкость
0,4	0,6	Пятна, сливаясь, занимают большую часть поверхности; хрупкость
0,3	0,7	Сильное изменение внешнего вида, почти полное побеление поверхности; большая хрупкость, иногда распадение на отдельные куски
0,2	0,8	Полное побеление поверхности, иногда распадение на мелкие кусочки при неполном побелении
0,1	0,9	Частичное разложение
0,0	1,0	Полное разложение

виях подвергаются значительному разрушению. Действие соляной к-ты возрастает с концентрацией ее, а действие серной максимально при той концентрации, к-рая при данной t° соответствует наибольшей электропроводности. Повышение t° весьма ускоряет процесс разложения С. к-тою. При кипячении в серной кислоте наиболее активной концентрации (30%) флогопиты теряют 63,5% своей массы, а мусковиты 30%. Из мусковитов наименьшую устойчивость отличаются зеленатовые. Едкие щелочи при комнатной температуре на мусковиты практически не действуют, а на флогопиты действуют слабо.

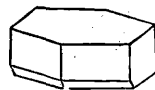
Капиллярные свойства С. близки к химическим свойствам; первые представляют большое практическое значение при производстве различных материалов на слюдяном основании (см. *Миканит, Наполнители*). Краевой угол при соприкосновении С. с расплавленными смолами характеризуется данными табл. 4. Т. о. между флогопитом и мусковитом

Табл. 4.— Данные о краевом угле некоторых смол при соприкосновении со С.

Род смолы	Краевой угол при соприкосновении данной смолы с	
	мусковитом	флогопитом
Шеллак	$39 \pm 5^\circ$	$38 \pm 4^\circ$
Глиптал	$50 \pm 4^\circ$	$47 \pm 3^\circ$
Бакелит (фенольный)	$79 \pm 4^\circ$	$80 \pm 3^\circ$

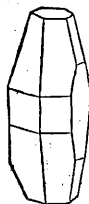
в отношении названных смол резкой разницы не наблюдается; из смол же на первом месте по приставаемости стоит шеллак, затем идет глиптал и наконец бакелит. Обработка поверхности С. нек-рыми жидкостями, оставляющими тонкую пленку (бензин, керосин, отчасти денатурат), весьма повышает растекаемость по С. лаков с означенными смолами, т. е. увеличивает прилипание лаковой пленки.

Кристаллографическое строение. Кристаллографически С. относится к моноклинной системе, но некоторые С. вследствие незначительности угла между оптическими осями (флогопит) близки к системе ромбической. Кристаллы С. бывают либо пластинчатые (фиг. 1) иногда значительного размера либо пирамидальные (фиг. 2).



Фиг. 1.

Параллельно плоскостям основного пинакоида С. обладает совершенной спайностью или, как выражаются слюдяники, «хорошо щиплется». В отношении расщепляемости С. близка к гипсу и несколько превосходит его; но в отличие от хрупких листочков последнего листочкам С. принадлежит единственное среди минералов место по их большой гибкости. Если к пластинке С. приложить острие и ударить по нему, то возникают характерные трещины (фигура удара, фиг. 3). Подобные трещины часто получаются в С. при добыче ее взрывами. При медленном надавливании на пластинку С. стерженька с закругленным концом возникают трещины (фигура давления), подобные предыдущим, но повернутые в отношении первых на 30° (фиг. 4); вид одного из лучей фигуры давления показан на фиг. 5. По тем и другим линиям можно с известной точностью распознать кристаллографич. направления в обломке С., т. к. они происходят в плоскостях скольжения, параллельных граням особой призмы и особой пирамиды, наклоненной к основному пинакоиду под углом ок. 113° . Линии удара и интерференционные фигуры в С. видимы при скрещенных николях в сходящемся свете в виде расходящихся гипербол; у одних С. (С. I рода: мусковит, паррагонит, лепидолит, анамит) характерна линия удара, т. е. наиболее длинная и наиболее широкая (Leitstahl), располагается перпендикулярно к действительной оси расходящихся гипербол (фиг. 6, а), а у других (слюды II рода: цинвальдит, биотит, лепидомелан, флогопит)—параллельно ей (фиг. 6, б). К кристаллографич. особенностям С. относятся двойниковые, тройниковые и кратные более высокого порядка (полисинтетические) срастания, обнаруживающиеся лишь в поляризованном свете и ведущие к непрочности по линиям срастания, что иногда весьма понижает качество слюды или делает ее негодной к использованию.

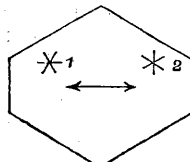


Фиг. 2.

Линии удара и интерференционные фигуры в С. видимы при скрещенных николях в сходящемся свете в виде расходящихся гипербол; у одних С. (С. I рода: мусковит, паррагонит, лепидолит, анамит) характерна линия удара, т. е. наиболее длинная и наиболее широкая (Leitstahl), располагается перпендикулярно к действительной оси расходящихся гипербол (фиг. 6, а), а у других (слюды II рода: цинвальдит, биотит, лепидомелан, флогопит)—параллельно ей (фиг. 6, б). К кристаллографич. особенностям С. относятся двойниковые, тройниковые и кратные более высокого порядка (полисинтетические) срастания, обнаруживающиеся лишь в поляризованном свете и ведущие к непрочности по линиям срастания, что иногда весьма понижает качество слюды или делает ее негодной к использованию.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Оптические свойства С. Слюды оптически двуосны, но угол между осями бывает иногда весьма мал. Показатели преломления: у мусковита 1,561 и 1,594; у флогопита 1,562 и 1,606; у биотита 1,541 и 1,574. По цвету мусковиты различны: бывают бесцветные, фиолетовые, красные, желтые, бурые, зеленые, но обычно окраска их не особенно интенсивна; наилучшими свойствами обладают красные разновидности (рубиновый мусковит), тогда как зеленые в разных отношениях стоят ниже. Флогопиты

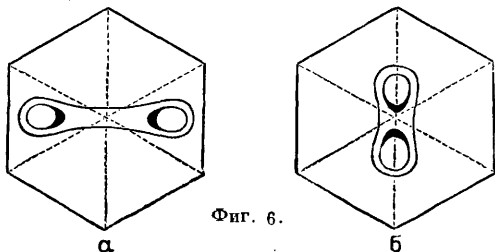
более однообразны по цвету—от черного до янтарного и даже белого. Биотиты—темнозеленые, реже—светлобурые и светлозеленые.

Мусковиты, если не содержат посторонних включений, обычно отличаются высокой прозрачностью в отношении видимых лучей, особенно розовые разновидности. Флогопиты обычно прозрачны лишь в тонких пластинках вследствие интенсивности своей окраски. Биотиты вообще непрозрачны или полупрозрачны; однако южноафриканские биотиты бывают вполне прозрачны. Тональность и интенсивность окраски С. служат до известной степени сопутствующим признаком других ее свойств. Некоторые из С. (флогопиты, напр. канадские и слюдянские) обнаруживают в проходящем свете



Фиг. 5.

своеобразное явление астеризма: светлую звезду из шести лучей, выходящих из светящейся точки; при неперпендикулярности луча зрения к пластинке С. лучи звезды, как установлено Г. Я. Арьякасом, изгибаются. Явление астеризма полезно для распознавания С., но препятствует оптическому применению С.



Фиг. 6.

В отношении к невидимым лучам С. показывают значительную прозрачность как в сторону ультрафиолетовой части спектра, так и инфракрасной; особенно прозрачностью в инфракрасной области отличается биотит. В отношении к инфракрасной части спектра С. обладают прозрачностью, примерно до длины волн в 8μ ; особенно замечательна инфракрасная прозрачность биотита в виду его полной непрозрачности в световой области. Мусковиты прозрачны также и в отношении ультрафиолетовых лучей, например для волн длиной $300 \text{ м}\mu$.

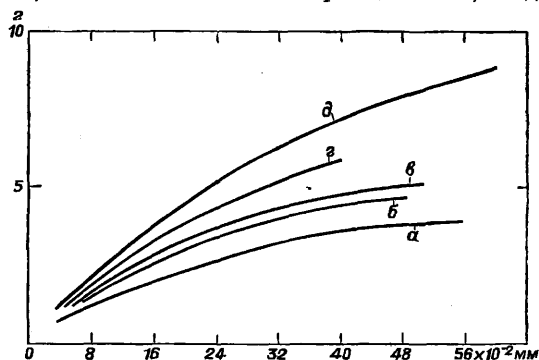
Механические свойства С. Удельный вес С. по данным различных измерений оказывается неустойчивым, что объясняется не только неустойчивостью химич. состава, но и методическими трудностями: толстые пластинки С. содержат внутренние расщепы, а тонкие обладают слишком большой уд. поверхностью, что понижает точность при измерении уд. в. Поэтому благоразумнее довольствоваться при общей характеристике С. более грубыми данными уд. в.: у мусковитов $2,76-3$; у флогопитов $2,78-2,85$; у биотитов $2,7-3,1$.

Прочность на разрыв мусковита без складок, волнистости и прочих недостатков колеблется в пределах $16,6-135,7 \text{ кг/мм}^2$. У флогопита значения прочности содержатся в пределах $16,0-22,3 \text{ кг/мм}^2$. Коэффициент прочности возрастает с уменьшением толщины и для толщины 1μ достигает шестикратного значения сравнительно со значениями при толщинах, больших 10μ . Если разделить прочность на слагаемое объемное и слагаемое поверхно-

стное, то первое у флогопита (со Слюдянки) оказывается при разрыве, перпендикулярном к побочной оси, $21,5 \text{ кг/мм}^2$, а второе, т. е. поверхностное, $8,8 \cdot 10^8 \text{ кг/мм}^2$; следовательно в 400 раз больше. Значение разрывного усилия зависит от направления разрыва, а также от условий на поверхности. Так напр., разрывная прочность возрастает при смачивании поверхности ксилолом.

Прочность на сжатие характеризуется пределом пропорциональности: у мусковитов $4-5 \text{ т/см}^2$; у флогопита черного $1,8-2,4 \text{ т/см}^2$; у других флогопитов $1,2-1,8 \text{ т/см}^2$. Предел прочности характеризуется у мусковитов значением $8,3-12,5 \text{ т/см}^2$, причем испытуемый образец разрушается в порошок; коэф. усадки $5,4-13,9 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$. Предел прочности флогопитов $3-6 \text{ т/см}^2$, причем образец расщепляется, а после снятия давления вспучивается. Наконец у биотитов предел прочности $3-4,5 \text{ т/см}^2$; образец крошится в порошок; коэф. усадки $16-19 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$. Модуль Юнга у мусковитов характеризуется значением $1,5-1,8 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$; у аномита $1,77 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$ и у флогопитов $2,2-2,4 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$. Гибкость характеризуется при данной толщине С. h (в μ) тем предельно малым радиусом цилиндра R (в мм), вокруг к-рого пластинка С. может отгибаться без нарушения своей целостности. Опыт показывает линейную зависимость R и h , причем все графики проходят в начало координат. Т. о. гибкость С. может быть охарактеризована угловым коэф-том графика радиус—толщина: $h = aR$, где a — угловой коэффициент.

Расщепляемость С., т. е. легкость, с к-рою поверхности по плоскости спайности способны быть отделяемы друг от друга, м. б. охарактеризована грузом, который д. б. приложен к цилиндру определенного диам. (в опытах в ВЭИ диам. $4,2 \text{ мм}$), вставленному в расщеп вертикально поставленного листочка определенной толщины С., чтобы листок начал расщепляться далее. Величина этого груза пропорциональна ширине С. В общем мусковиты расщепляются легче флогопитов, а последние легче биотитов, однако отдельные представители флогопитов могут равняться некоторым из мусковитов или даже превосходить их; пятнистость облегчает расщепление, тогда



Фиг. 7.

как серебристость затрудняет. Наиболее расщепляемый сильно пятнистый мусковит из Хето-Ламбина требует для расщепления груза примерно вдвое меньшего, чем наиболее трудно расщепляемый флогопит со Слюдянки (фиг. 7, где a —кривая для мусковита из Хето-Ламбина, b —карского розоватого мусковита,

в из Нероя, g —карского серебристого мусковита, d —черного слюдянского флогопита; по оси абсцисс толщина в сотых мм, по оси ординат—расщепляющий груз в g). Расщепляемость зависит также от рода среды, сопоставляющейся с вновь возникающими поверхностями расщепления; так, ксилол затрудняет расщепление, а вода действует обратно.

Твердость С. характеризуется по Мосу числами: мусковиты 2—2,5; флогопиты 2,5—3; биотиты 2,5—3. При испытании царапанием на приборе Мартенса большинство мусковитов по твердости превосходит флогопиты. Однако это правило м. б. утверждаемо лишь в общем виде, но не в отношении частных случаев. Напр. черный флогопит со Слюдянки показал из всех испытанных С. наибольшую твердость. По ходу зависимости между нагрузкой и шириной черты можно разделить поверхностную твердость и объемную. Объемная твердость для мусковита составляет 40—150 кг/мм², тогда как поверхностная $n \cdot 10^3$ кг/мм² ($n < 10$). В зависимости от поверхностных условий эта твердость изменяется и, вообще говоря, увеличивается против твердости сухой С. Наибольшее изменение твердости наблюдалось с ксилолом, превосходя в 11 раз таковую же сухой С. Значение твердости зависит также от направления царапания и напр. по биссектрисе между осями оказывается несколько меньше, чем в направлении, параллельном главной оси.

Измельчение С. В виду большой упругости измельчение листочков С. представляет значительное затруднение, но может ускоряться созданием таких условий, при к-рых повышается поверхностная твердость С., а вместе с нею и хрупкость. К числу таких условий относится легкое смачивание, напр. ксилолом, С., помещенной в шаровую мельницу. В лабораторных условиях, напр. при производстве анализа, растирание С. в ступке заметно облегчается смачиванием даже водой или спиртом.

Электрические свойства С. При изучении С. как электротехнич. материала необходимо иметь в виду два обстоятельства, пренебрежение которыми может повести к выводам неправильным. Первое из этих обстоятельств—тонкость листочков С., подвергающихся различным электрич. испытаниям. Как следствие этой тонкости различные явления, возникающие на поверхности испытуемого диэлектрика, входят заметным слагаемым в общую сумму явлений, тогда как при толстых слоях диэлектриков подобные явления оказываются практически незаметными. Второе обстоятельство—это своеобразное строение слюды с исключительно развитыми плоскостями-спайности, вследствие чего слюда обладает резко выраженной анизотропией различных свойств. Слабость связи между плоскостями спайности ведет к легкости проникновения между ними электролитов. Для пояснения свойств С. можно воспользоваться примером стопки тончайших листочков из вещества с чрезвычайно высокими изоляционными свойствами, слипшихся силою заключенной между листками влаги; объемное содержание последней в мусковитах составляет 0,3—0,6% (влага, удаляемая до 10,5°) и до 13,5% (влага, удаляемая при просачивании), в флогопитах же может идти речь только о последней, и содержание ее колеблется от 1,5 до 9%. Понятно, что свойства подобной системы в направлении, нормальном к плоскостям этих листочков, не будут иметь ничего общего со свой-

ствами ее в направлении связующих пленок, т. е. в направлении тангенциальном. Если бы с подобной системой пришлось иметь дело конструктору и он забыл об этой разнородности направления, то он рисковал бы наделать грубые ошибки. Между тем в отношении слюды различия направлений или забываются или замалчиваются, и потому в практике, применении С. нередко проявляет различные неожиданности. В отношении первого обстоятельства необходима большая внимательность к методике испытания; однако невыясненность физич. механизма различных возникающих здесь явлений заставляет наряду с разработкой методики возможно строго вести испытания различных С. в сравнимых условиях, поскольку в настоящий момент не м. б. заранее учтены все приводящие побочные явления. В отношении второго из указанных обстоятельств необходимо углубленное изучение С. не только в нормальном направлении, как это делается обычно, но и в тангенциальном.

Электрические свойства С. в нормальном направлении. Уд. объемное электросопротивление С. различных месторождений Союза при комнатной t° и в направлении, нормальном к плоскостям спайности, характеризуется значениями: у мусковитов $8,6 \cdot 10^{14}$ — $4,9 \cdot 10^{15} \Omega\text{-см}$; у флогопитов $5,1 \cdot 10^{13}$ — $1,6 \cdot 10^{14} \Omega\text{-см}$ и у биотита $5 \cdot 10^{10}$ — $1,6 \cdot 10^{12} \Omega\text{-см}$. Из мусковитов СССР наименьшим сопротивлением обладает карельский серебристый, вероятно вследствие выветрелости и соответственного поглощения влаги. Однако электросопротивлению слюды может быть ошибочно приписано чрезмерно малое значение, если при испытании край слюды будет касаться одного из электродов, так как тогда наряду с нормальным направлением тока возникнет также и тангенциальное. С течением времени ток спадает; наиболее быстрое спадание проходит в течение первых 5 минут и затем в течение следующих 10 минут; за 15 минут сопротивление повышается сравнительно с таковым же, измеренным через 1 мин., в 5—10 раз. При этом абсорбционный ток характеризуется более сложной зависимостью от времени, чем экспоненциальная зависимость $i = ac^{-kt}$, обычная для многих диэлектриков. Нормальное сопротивление С. ρ зависит также от толщины ее h при данном напряжении, причем ρ и h связаны гиперболич. соотношением $\rho h = \text{Const}$. Если толщина h измерена в μ , то для зеленого чуйского мусковита значение этой постоянной 250, а для бирюзового розовато-желтого мусковита 200. Г. Г. Пуль (Н. Н. Роол, 1917) и Шиллер (1925) установили эмпирич. зависимость $\lg \rho = -b \cdot aE$, где E —градиент поля, a и b —постоянные. Это соотношение пригодно при условии $E < 400 \text{ kV/cm}$, причем в области высоких градиентов прямолинейная характеристика несколько искривляется. При повышении t , a остается неизменным, а b возрастает, так что график зависимости смещается параллельно себе. Теоретически Гюнтершульце вывел зависимость:

$$\lg \rho = b - aE + \lg E.$$

Диэлектрический коэффициент С. Значение диэлектрич. коэф-та ϵ даже для одних и тех же С. дается различными наблюдателями весьма различное, колеблющееся в пределах от 2,5 до 10. Дж. Р. Викас (J. R. Weeks, 1922) указал на внутренние расщепы С. и за-

зоры между С. и электродами, как на одну из причин слишком низких значений его для С. Как установил Ж. Гранье, диэлектрич. коэф. зависит от состояния поверхности С. (напр. загрязненности) и от степени прилегания электродов. Это прилегание, как показано П. А. Флоренским и М. И. Мантровым (1929), можно улучшить при помощи давления p (в $\text{кг}/\text{см}^2$), и тогда диэлектрич. коэф. того же самого образца С. повышается. С другой стороны, вредность пространства зазоров м. б. ослабляема, если брать образцы С. более толстые. Так. обр. кажущийся диэлектрич. коэф. ϵ , толщина образца x и давление p связаны между собою соотношением $\epsilon = F(x, p)$. Сечение соответственной поверхности, построенной по экспериментальным данным; для разных толщин выражается уравнением:

$$p + A(\epsilon - B) = -A,$$

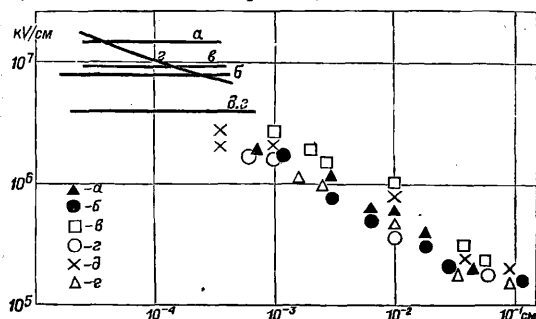
где B есть асимптотич. значение диэлектрич. коэф-та для данной толщины x :

$$B = \varphi(x).$$

Для розово-желтого бирюссинского мусковита $A=0,17$, $B=0,332$. Зависимость ϵ от x при давлении $1,1 \text{ кг}/\text{см}^2$ (это значение ϵ принималось, хотя и не совсем точно, за асимптотическое) выражается в следующем соотношении: $(\epsilon - 8,4)/(x + 3,5) = 294$, где x дано в μ . Вычисление показывает, что величина двух зазоров между электродом и поверхностью С. составляет при электродах давления $2,84 \mu$, при наложении амальгамы $2,68 \mu$, а при ртутных обкладках $1,06 \mu$. Однако измеренное значение диэлектрического коэффициента обусловлено не только эффектом зазора. В самом деле, вычисленное значение зазора оказывается зависящим от рода среды, смачивающей поверхность С.; однако приведенные значения зазоров (при делении вычисленной толщины на диэлектрич. коэф-т жидкости) не оказываются равными, как это следовало бы ждать. Отсюда следует, что в указанных зазорах емкостное сопротивление перестает быть аддитивным и что следовательно значение диэлектрич. коэф-та С. искажено сорбционными явлениями на поверхности. Еще больший эффект того же рода производит вымачивание С. в различных жидкостях, причем эти жидкости проникают между элементарными слоями С. и ведут к расслоению ее. Т. о. затруднительно дать сколько-нибудь точное значение диэлектрич. коэф-та С. без указания на условия, при к-рых он был измерен. Однако следует отметить, что при прочих равных условиях у флогопитов он больше, чем у мусковитов, а у биотитов больше, чем у флогопитов. С возрастанием частоты диэлектрич. коэф. С. убывает, но весьма незначительно и практически может считаться неизменным.

Электрическая крепость С. Электрич. крепость С. в нормальном направлении весьма велика и объясняется ее слоистостью, при к-рой оказывается использованным эффект упрочнения диэлектриков большой тонины; наличие электролитов между элементарными слоями С. не только не вредит ее электрич. крепости в нормальном направлении (но только в нормальном), но даже, напротив, способствует таковой, служа барьером ионной лавины. Эта естественная осуществленность в С. тонкослойного диэлектрика делает ее чрезвычайно интересным материалом как на практике, так и в теории. Вместе с тем эта использованность в С. эффекта упрочнения заставляет

отрицать (предполагавшуюся ранее по экстраполяции опытных данных) чрезвычайно большой рост электрич. крепости при значительном утонении С., так как эффект упрочнения уже реализован в С. и известное повышение прочности при переходе от толстых слоев к несколько более тонким объясняется иными причинами. В самом деле электрич. крепость С. в промежутке толщин от 92μ до 1 мм проходит через три существенно различных этапа. В промежутке от $0,2$ до $5,8 \mu$ у мусковитов электрич. крепость постоянна и в среднем равна $10^7 \text{ В}/\text{см}$. Далее, примерно до толщины в 1 мм , электрич. крепость убывает по гиперболич. закону, а для толщин, больших 1 мм , она опять становится независимой от толщины и равной примерно $10^6 \text{ В}/\text{см}$. У флогопитов первый промежуток независимости электрич. крепости, равной $6 \cdot 10^6 \text{ В}/\text{см}$ толщины, составляет $0,3-8,3 \mu$. На логарифмической сетке диаграмма электрич. крепость—толщина С. выражается линиями, параллельными оси абсцисс и наклонной (фиг. 8). Участок гиперболич. зависимости в технике настоящего дня особенно важен. Значение пробойного напряжения в этом промежутке для союзных С. при различных толщинах показано на фиг. 8, где по оси абсцисс



Фиг. 8.

отложена толщина, по оси ординат — электрическая крепость: а, б, в, г — мусковит, д, е — флогопит. Будучи поставлена в специальные условия (напр. в кислотную среду), С. средних толщин обнаруживает электрическую крепость постоянную, но зависящую от толщины (А. Ф. Вальтер и Л. Д. Инге). Необходимо отметить, что у мусковитов, как таковых, в отношении электрического пробоя в не слишком тонких пластинках нет преимуществ пред флогопитами, и флогопиты некоторых рудников несколько не отстают от наилучших мусковитов; но разница между С. одного минералогического вида, но разного происхождения весьма значительна, и поэтому в вопросах практики прежде всего д. б. учитываемо местопроисхождение данной С. Кроме указанных факторов электрическая крепость, как было указано впервые Т. Молонеем (1901), затем подтверждено Рейнером (1912), А. Ф. Вальтером и Л. Д. Инге (1928), М. М. Михайловым (1929) и рядом других, зависит от среды, в которой производится пробой, причем одни жидкости (трансформаторное масло, скипидар, олеиновая кислота) снижают электрич. крепость сравнительно с таковой же при пробое в воздухе, тогда как скипол, толуол, бензол и анилин, напротив, повышают ее. Причина указанной зависимости электрической крепости от среды не получила общепризнанного объяснения; одни наблюдатели останавливаются преимущественно на

шественно на искажающих явлениях краевого эффекта и короны, тогда как другие подчеркивают участие поверхностных явлений. Электрич. крепость S . от частоты не зависит, как не зависит (при тонких слоях) и от времени выдержки под напряжением до 1 μ -сек. включительно (А. Ф. Вальтер и Л. Д. Инге); однако более толстые слои S . снижают свою электрич. крепость, если выдержка превосходит 1 сек.—обстоятельство, к-рое объясняется повидимому неоднородностями материала.

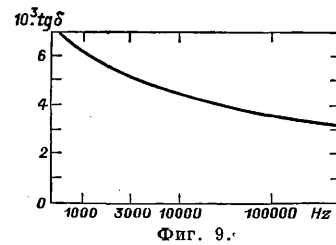
Диэлектрические потери. Измерение диэлектрич. потерь в S . от неудачливой методики и несоблюдения ряда предосторожностей нередко страдает еще более, чем измерение других электрич. констант; трудность получить образцы достаточной площади, свободные от внутренних расщепов и других пороков, ведет к необходимости пользоваться образцами малой площади, к-рые для получения надлежащей емкости д. б. достаточно тонки; следствием же тонкости оказывается необходимость работать при больших градиентах поля, легко вызывающих корону и соответственно коронные потери. Последние легко могут оказаться в сотни раз превосходящими потерю в самой S .; т. о. подобные измерения ни в какой мере не будут характеризовать свойства испытуемого материала. Признаком участия короны в процессе измерения служит большое значение тангенса угла диэлектрич. потерь ($\text{tg } \delta$) от приложенного напряжения, тогда как в самой S . $\text{tg } \delta$ весьма мал и почти не возрастает при росте напряжения. Неискаженного значения $\text{tg } \delta$ можно добиться лишь при вполне прилегающем к образцу электроде (ртуть или аквадаг) и при пользовании охранным кольцом, у к-рого зазор от электрода д. б. не более как $1/2$ — $1/3$ толщины испытуемого образца. При таких условиях наиболее чистые образцы мусковита толщиной 0,1—0,2 мм и напряжения 100—200 В характеризуются значениями $\text{tg } \delta$ в пределах между 0,0002 и 0,0001, тогда как у флогопита при тех же условиях $\text{tg } \delta$ колеблется в пределах 0,003 и 0,007. У разных образцов S . одного и того же месторождения как у мусковита, так и у флогопита $\text{tg } \delta$ значительно изменяется, иногда даже в 5—18 раз; вероятно эти колебания объясняются внутренними расщепами или незамеченными трещинами. При подъеме напряжения $\text{tg } \delta$ у образцов, хотя бы и не содержащих ясно видимых включений, растет; у мусковита при напряжении до 3 600 В он доходит до 0,002—0,003, а у флогопита при 2 000 В—до 0,06—0,07. Однако в виду синдромности внутренних расщепов и быстроты роста $\text{tg } \delta$ можно подозревать, что и указанный медленный рост $\text{tg } \delta$ все же обусловлен весьма тонкими расщепами. У биотита (Таджикистанского месторождения) $\text{tg } \delta$ разных образцов колеблется в пределах 0,09—0,14, причем зависимости от напряжения (в пределах 300—2 000 В) не наблюдается. Зависимость диэлектрич. потерь W S . от частоты ω выражается по Гранье (1923) и Мак-Леоду (1923) соотношением вида

$$W = M\omega^{0,88}.$$

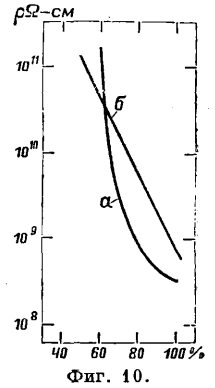
Таким образом потери почти пропорциональны частоте. Значение $\text{tg } \delta$ с частотой (в пределах от 500 до 500 000 Hz) убывает, а далее должно согласно теории К. В. Вагнера пройти через весьма растянутый максимум; вид кривой этой зависимости (по Мак-Леоду) показан

на фиг. 9 (по оси абсцисс отложена частота), однако абсолютные значения $\text{tg } \delta$ следует считать преувеличенными.

Электрические свойства S . в тангенциальном направлении. Поверхностное сопротивление должно рассматриваться как частный случай тангенциальной проводимости, но при специальных условиях более облегченной сорбции. Проводимость на поверхности кристаллов должна зависеть от направления на плоской грани, поэтому нижеприводимые данные, полученные с кольцевыми электродами, должны рассматриваться как средние значения проводимости по поверхности. При комнатной t° ок. 20° и относительной влажности атмосферы 55—60% поверхностное сопротивление мусковитов в среднем равно $5,5 \cdot 10^{11}$ Ω -см с колебаниями в промежутке $1,8 \cdot 10^{11}$ — $1,6 \cdot 10^{12}$, а флогопитов $1,9 \cdot 10^{11}$ Ω -см с колебаниями в промежутке $0,12 \cdot 10^{11}$ — $2,86 \cdot 10^{11}$ Ω -см; эти колебания относятся к различным месторождениям. Если исключить крайние значения для мусковита из 2-го Нероя и мягкий флогопит со 2-го рудника Слюдянки, то уд. поверхностн. сопротивление мусковитов $4,3 \cdot 10^{11}$ Ω -см, а флогопитов $2,48 \cdot 10^{11}$ Ω -см.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

При возрастании удельной влажности от 60 до 100% уд. поверхностное сопротивление у мусковита падает от $2,9 \cdot 10^{11}$ до $4,2 \cdot 10^8$, а у флогопита от $7,3 \cdot 10^{10}$ до $9,1 \cdot 10^8$. При просушке S . при комнатной t° в атмосфере, заранее просушенной хлористым кальцием, поверхностное сопротивление возрастает (у карельского розового мусковита) до 10^{13} Ω -см (в 34 раза), а при дальнейшем подсушивании—до $5 \cdot 10^{15}$ Ω -см. Т. о. поверхностное сопротивление обусловлено пленкой влаги. На фиг. 10 даны графики зависимости удельного сопротивления ρ (ордината) от относительной влажности (абсцисса) для мусковита № 1 с Колотэвки (кривая α) и черного флогопита № 1 с 1-го рудника со Слюдянки (кривая β). Измерение на поверхности свежерасщепленных дает сопротивление $5 \cdot 10^{11}$ через 1 мин. после расщепления; это заставляет предполагать наличие уже существовавшей водной пленки между плоскостями спайности. Поверхностная электропроводность обуславливает также прохождение тока через измельченную S . При возрастании среднего диам. чешуек от 0,5 до 7 мм объемное поверхностное сопротивление возросло в одном из опытов от $2,76 \cdot 10^8$ до $2,63 \cdot 10^{10}$ Ω -см. Поверхностная электропроводность S . обнаруживает униполярность; при обоих направлениях с течением времени возникает эдс поляризации в 200 В при приложенном напряжении 500 В.

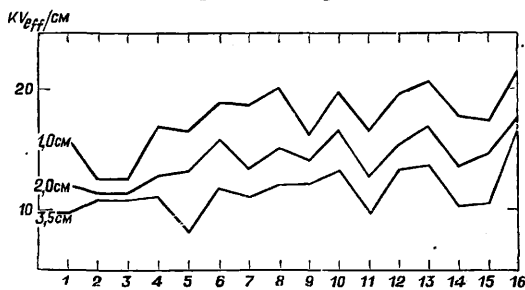
Внутренняя тангенциальная электропроводность. У мусковитов уд. внутреннее тангенциальное электросопротивление

тивление при измерении на тонких пластинках оказалось $3,8 \cdot 10^8$ — $4,8 \cdot 10^8 \Omega\text{-см}$, тогда как при измерении на толстых кристаллах $1 \cdot 10^8 \Omega\text{-см}$. У флогопитов в тонких пластинках оно оказалось $4,2 \cdot 10^8$ — $1,9 \cdot 10^8$, тем меньше, чем тоньше пластинка, а у толстого кристалла $5,9 \cdot 10^7$. Серебристый карельский мусковит обладает исключительно большим тангенциальным сопротивлением $12,5 \cdot 10^8 \Omega\text{-см}$. Т. о. при условии облегченного удаления влаги сопротивление С. в атмосфере с повышенной влажностью должно падать. Эти процессы происходят так же, как и при поверхностной сорбции, но гораздо медленнее. Так, 29-часовое подсушивание кристалла флогопита над хлористым кальцием увеличивает его тангенциальное электрическое сопротивление в два раза, а последующая 150-часовая выдержка в атмосфере 100%-ной влажности понижает электропроводность в 30 раз сравнительно с сопротивлением подсушенного флогопита. При изменении влажности от 10 до 100% тангенциальное сопротивление падает до $10^6 \Omega\text{-см}$, как это было выяснено на тонких и на толстых кристаллах. При этом обмен влагою происходит через торец, и потому заделка его влагонепроницаемым веществом, напр. парафином, сообщает С. электрич. устойчивость. Обмен влагою при комнатной t° (как поглощение, так и отдача) у флогопита происходит труднее, чем у мусковита, в соответствии с дегидратацией при высокой t° ; так, при 100%-ной влажности атмосферы электропроводность флогопита в 10 раз меньше, чем у мусковита, а при 10%-ной влажности—в 100 раз меньше, чем у мусковита. Прохождение постоянного тока ведет к повышению электропроводности; так, у флогопита за $7\frac{1}{2}$ ч. повысилось на 30%. Тангенциальное электропроводность С. в виде цилиндров, набранных из шайб, оказывается для мусковита $3,2 \cdot 10^{11}$ — $1,6 \cdot 10^{12} \Omega\text{-см}$, а для флогопита $3,5 \cdot 10^9$ — $6,6 \cdot 10^{10} \Omega\text{-см}$, т. е. примерно в 1 800 раз и в 590 раз превосходит тангенциальное сопротивление цельных кристаллов; это обстоятельство частью обуславливается сопротивлением контактов, частью же зависит от удаления влаги из листов С., когда они не были еще собраны в цилиндр.

Диэлектрический коэффициент. Диэлектрич. коэф. цельных кристаллов С. должен быть в связи с наличием влаги весьма велик; он не измерен вследствие технических затруднений. Измерение его на цилиндрах, собранных из шайб, дало значение 10,7—15,8 для мусковита и 22,9—45,8 для флогопита, т. е. в среднем у флогопита в 2,7 раза более, чем у мусковита. В связи с весьма повышенным значением тангенциального электропроводности означенных цилиндров эти значения диэлектрического коэф-та должны считаться далеко не достигающими значений той же характеристики у цельных кристаллов, но и они значительно превосходят диэлектрич. коэф. тех же С. в нормальном направлении.

Электрическая крепость. При пробое в тангенциальном направлении разряд идет по самой толще С., даже если имеется внутренний расщеп; это указывает на весьма низкое значение электрической крепости в тангенциальном направлении. Сравнительные значения электрич. крепости различных С. вдоль плоскостей спайности показаны для различных межэлектродных расстояний на фиг. 11, где цифры по абсциссе обозначают: 1—воздух, 2—С. из Колотовки, 3—из Луговки, 4—Комнига, 5—

Массиковская с черными включениями, 6—она же без включений, 7—серебристая параллельно оси, 8—она же перпендикулярно оси, 9—розовая параллельно оси, 10—она же перпендикулярно оси, 11—С. из Хето-Ламбино с черными включениями, 12—она же с красными включениями, 13—она же без включений, 14—из 2-го рудника Нероя, 15—из неизвестного рудника, 16—парафин, причем от 2 до 13 включительно—мусковиты, 14 и 15—флогопиты. Значение электрич. крепости меняется с толщиной и именно падает, как и вообще для диэлектриков, но порядок величины здесь 10 — 20 kV/cm при межэлектродном расстоянии 0,5—3,2 см. У флогопитов тангенциальная электрическая крепость примерно та же, что и у мусковитов, может быть несколько ниже; и та и другая приблизительно соответствуют электрич. крепости воздуха при соответственной толщине. Однако флогопит отличается от мусковита своим сильным разогреванием в электрич. поле. Тангенциальная электрич. крепость зависит от кристаллографич. направления в плоскости спайности. Так, при 3,5 см межэлектродного расстояния электрическая крепость изменяется



Фиг. 11.

с направлением от 8 до $13,5 \text{ kV/cm}$, при расстоянии 2 см—от 11,2 до $16,8 \text{ kV/cm}$ и при расстоянии 1 см—от 11,4 до $20,2 \text{ kV/cm}$.

Диэлектрические потери. Малое значение тангенциального электропроводности и тангенциальной крепости С. заставляют предполагать значительность угла диэлектрич. потерь в тангенциальном направлении. На цельных кристаллах С. измерение не произведено. Но даже слюдяные цилиндры из мусковитовых шайб, обнаруживающие сравнительно большое электропроводность, показали значения $\tan \delta$, равные 0,3 и более. Флогопитовые же цилиндры по углу потерь значительно превосходят цилиндры мусковитовые.

Тепловые свойства С. $t_{\text{пл}}$ биотита (Мнас) 1145 — 1150° , флогопита (Цейлон) 1290 — 1330° , мусковита (Нью Гемпшир) 1255 — 1260° ; теплоемкость мусковита 0,2049.

Теплопроводность С. по данным Британской ассоциации электрич. и связанных с нею отраслей пром-сти (ERA, 1930 г.) составляет: у бразильских и индийских мусковитов $0,00130$ — $0,00135 \text{ cal/cm}^2 \text{ ск. } ^\circ\text{C}$, а у канадского флогопита $0,00114 \text{ cal/cm}^2 \text{ ск. } ^\circ\text{C}$. В испытаниях, произведенных в ВЭИ (1932 г.), теплопроводность бирюсинского мусковита оказалась $0,00110$ — $0,00134$, а в среднем $0,00116$, у хето-ламбинского мусковита $0,00110$, у карельской серебристой $0,00104$, у слюдянского флогопита $0,00130$ — $0,00165$, а в среднем $0,00146$, и у черного флогопита $0,00116$ — $0,00130$, а в среднем $0,00132$. На хето-ламбинском мусковите установлена зависимость теплопроводности от пя-

теп: чистый образец дал 0,00110, с красным пятном и черными крапинами 0,00104, а с черным пятном 0,00119. Все приведенные значения теплопроводности относятся к направлению, нормальному к плоскостям спайности. Отношение теплопроводностей A и B к C составляет у двусосных C . (см. *Спр. ТЭ*, т. VII, стр. 470—472) 5,84 и 6,30 соответственно, а у практически одноосных 5,20 и 6,00.

Теплостойкость C . Хотя C отличается значительной теплостойкостью, тем не менее известные признаки происходящего процесса разрушения обнаруживаются значительно раньше, чем будут утрачены все технич. свойства C . Темп-ры низкие, до 200° , а м. б. и выше, не оказывают почти никакого заметного действия на C . даже при длительном прогреве последней. Так например, были подвергнуты 107-суточному нагреву при 105° мусковит из месторождения 1-го Нероя Бирюсинского месторождения и слабovolнистый флогопит из 2-го рудника на Слюдянке, после чего были произведены параллельные испытания образцов остарившейся и свежей C . на электрич. крепость и угол диэлектрич. потерь. Эти испытания показали, что у образцов мусковита, начиная с толщины 40 μ и больше, и флогопита, начиная с толщины 60 μ и больше, никакого заметного различия свойств после остаривания нет, но образцы более тонкие после остаривания показали несколько большую электрич. крепость и несколько больший тангенс угла потерь. Для оценки отдельных моментов процесса старения при более высоких t° можно предложить систему баллов (табл. 5).

большая потеря массы падает на промежуток $700-900^\circ$, а после 900° потеря почти уже не возрастает. Кинетика обезвоживания в зависимости от времени τ в первом приближении выражается ф-ией $q = a \lg \tau + b$, где q —потеря массы, отнесенная к единице массы C ., b —потеря массы по прошествии 1 ч., a —постоянная, зависящая от t° и для данной t° примерно одна и та же у всех разностей одного минералогич. вида; a и b зависят также от размеров и формы испытуемых образцов. Первые 10 ч. процесс обезвоживания идет сравнительно быстро и притом тем быстрее, чем выше t° ; после этого срока для t° , не превосходящих 840° , начинается этап весьма медленного обезвоживания; для более высоких t° процесс потери массы отстает от такового же для t° , меньших 845° . Флогопиты более теплостойки, чем мусковиты; при t° , не превышающих 700° , они не обнаруживают ни заметной потери массы ни каких-либо видимых изменений, но то и другое начинается с 825° . Еще более теплостойки биотиты. Наибольшая потеря массы у флогопитов доходит при 1200° до 4%, а у биотитов до 1,64% (у ильменского биотита 2,2%). При сравнительно низких t° (до 700°) по возрастающему порядку потери массы C . располагаются в последовательности: флогопиты, биотиты, мусковиты; при более высоких t° , порядка 900° , последовательность (биотиты и флогопиты) начинает нарушаться и при 1200° изменяется на обратную: биотиты, флогопиты, мусковиты. Процесс обезвоживания сопровождается понижением технич. свойств C . (механических, оптических, электрических) и заканчивается

Табл. 5.— Система баллов для оценки поведения слюды при нагреве.

Оценочный балл		Мусковиты	Флогопиты	Биотиты
теплого разрушения	теплостойкости			
1,0	0,0	Никаких внешних изменений Появление разноцветных полос или пятен, указывающее на отщепление тонких пластинок, без заметного изменения механич. свойств	Никаких внешних изменений Изменение цвета в сторону посветления без изменения механич. свойств	Никаких внешних изменений
0,9	0,1			
0,8	0,2			
0,7	0,3			
0,6	0,4			
0,5	0,5	Серебристая поверхность и небольшое расщепление у краев	Золотистая поверхность, появление небольшой хрупкости	Никаких внешних изменений
0,4	0,6	Слабозолотистая поверхность, остатки разноцветных полос, слабое расщепление у краев, небольшая хрупкость	—	Никаких внешних изменений
0,3	0,7	Золотистый цвет, исчезновение разноцветных полос, поверхность блестящая, расщепление и хрупкость	Золотистый цвет, гладкая блестящая поверхность, хрупкость	Небольшое изменение цвета в сторону посветления, хрупкость
0,2	0,8	Цвет бело-перламутровый, большая хрупкость	Чешуйчатая поверхность, большая хрупкость	Небольшое изменение цвета в сторону посветления, поверхность блестящая, большая хрупкость
0,1	0,9	Поверхность матовая, вздутая, спекания нет	Слабое спекание пластинок, пластинки не деформированы, поверхность матовая, вздутая	Слабое спекание пластинок, пластинки не деформированы, поверхность матовая, вздутая
0,0	1,0			
		Значительное спекание пластинок, пластинки сильно деформированы, поверхность вздута, при ударе спекшиеся пластинки издают ясный звон	Сплавление	

Взвешивание C . показывает, что мусковиты обычно теряют при прокалке не более 4,5 весовых %, причем эта потеря относится гл. обр. к влаге. До 525° мусковиты могут считаться практически теплостойкими; начиная с 580° обнаруживается заметная потеря массы; наи-

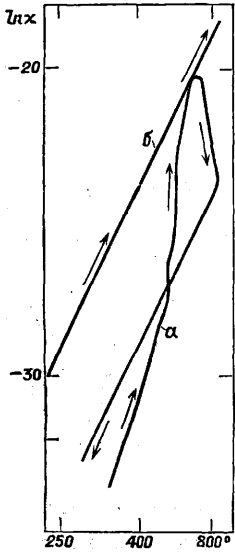
полным разрушением ее и превращением в непрозрачные чешуйки; биотиты и флогопиты оказываются при этом значительно устойчивее мусковитов. Вермикулиты, напротив, ценны именно своей теплонестойкостью, позволяющей получать из них технически полезные

продукты тепловым разрушением. При нагреве до 100—110° (или над серною к-тою) они выделяют свыше 10% воды, вероятно гигроскопической; при 300° выделяется другая ее часть, а при красном калении еще в большем количестве. Некоторые из вермикулитов при прогреве постепенно разбухают в длинные червеобразные образования или в очень легкие пластинчатые скопления; продукты эти сохраняют расщепляемость, но ломки, мягки, неупруги, содержат много железа. Удельный в. непрокаленного джефферисита 2,30, а после прогрева 2,13—2,19, причем цвет становится золотистым. Подобно же ведут себя и многие разновидности С. Легкие продукты разрушения отличаются высокой теплоизоляционной способностью (табл. 6) и красивым цветом и блеском, вследствие чего составляют важную отрасль пром-сти, особенно в США.

Табл. 6.—Сравнительная теплоизоляционная способность слюдяных отходов и различных теплоизоляционных материалов (по данным Аткинсона).

Род тепловой изоляции нагретого котла	Потеря t° за 5 ч., $^{\circ}\text{C}$	t° по прошествии 5 ч., $^{\circ}\text{C}$
Отсутствие специальной изоляции	84	128
Асбестовый теплоизоляционный состав	53	159
Магнезиевая изоляция	33 $\frac{1}{2}$	178 $\frac{1}{2}$
Дерево с воздушными зазорами	33 $\frac{1}{2}$	178 $\frac{1}{2}$
Кизельгуровая изоляция	30—33 $\frac{1}{2}$	178 $\frac{1}{2}$ —182
Асбест и дерево	30	182
Слюда	20	192

Температура начала плавления С. характеризуется данными: биотит 1 145—1 155° (для нек-рых разностей указывается 1 240°);



Фиг. 12.

лепидомелан и рубеллан 1 150—1 165°; мусковит 1 260—1 290°; флогопит 1 270—1 330°; аномит 1 325°; мероксен 1 355°.

Зависимость электрических характеристик от нагрева. Все изоляционные материалы изменяют свои электр. характеристики при нагреве и притом в сторону невыгодную. С. относится к числу немногих материалов, электроизоляционная функция к-рых при нагреве может считаться относительно устойчивой. При этом необходимо различать направление нормальное и направление тангенциальное.

Нормальное направление. Диэлектрич. коэф. С. при нагреве в пределах от 20 до

350° меняется незначительно и практически в этом промежутке может считаться постоянным. Напротив, объемное электросопротивление С. в нормальном направлении претерпевает при нагреве значительные изменения; зависимость электросопротивления от t° выра-

жается соотношением $\rho = \rho_0 e^{\frac{a}{T}}$, где a — для

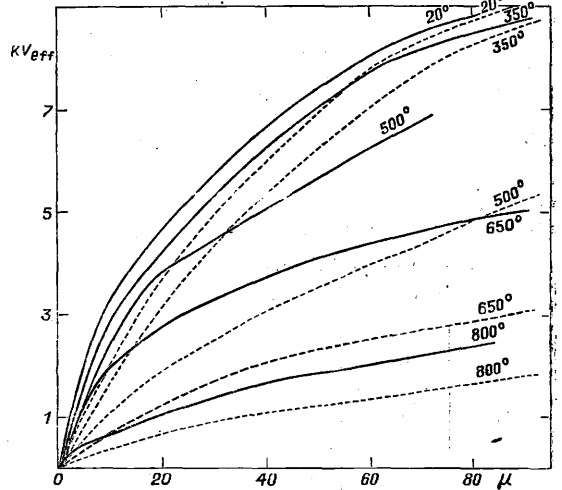
мусковита равно $2,5 \cdot 10^4$, а для флогопита $1 \cdot 10^4$. Приблизительно с 700° (650—750° для мусковитов разного происхождения) кривая обсуждаемой зависимости для мусковита проходит через пик, но при охлаждении минует его и в промежутке 800—250° достаточно хорошо выражается вышеуказанным ур-нем. Флогопиты же не обнаруживают подобного пика, по крайней мере в указанном температурном промежутке до 800°. График зависимости уд. электропроводности от t° в полулогарифмич. координатах показан на фиг. 12 (а—мусковит из Колотовки с Мамских месторождений толщиной 40 μ , б—флогопит со Слюдянки толщиной 48 μ). Электрич. крепость С. по нормальному направлению в промежутке от 20 до 800° выражается соотношением:

$$E = (a - \beta t) h^{-k}$$

и соответственно пробойное напряжение V (в kV) соотношением:

$$V = (a - \beta t) h^k,$$

где E — пробойный градиент в kV/cm, h —толщина в μ ; a , β и k —константы, значение к-рых



Фиг. 13.

д. б. установлено для каждого рода С.; в виде примера в табл. 7 даны значения констант для:

Табл. 7.—Значения коэффициентов, характеризующих пробойное напряжение и градиент С. в зависимости от толщины и t° .

Род слюды	Температурный промежуток, $^{\circ}\text{C}$	k	a	β
Мусковит с Колотовки Мамских месторождений	20—310	0,5	1,02	—
То же	340—800	0,5	1,561	0,0016
Флогопит со Слюдянки	20—200	0,3	0,44	—
То же	200—800	0,3	0,56	0,0006

указанных С. На фиг. 13 показан ход экспериментальных кривых зависимости пробойного напряжения (ордината) от толщины (абсцисса) для разных t° (сплошные кривые—мусковит, пунктирные—флогопит). Коэф. $(a - \beta t)$ до определенной t° (280° для мусковита и 200° для флогопита) остается неизменным, т. е. до соответственных пределов t° электрич. крепость

С. от t° не зависит. После указанных пределов t° электрич. крепость начинает падать, но у мусковитов падает быстрее, чем у флогопитов. По ходу кривых видно, что при нек-рой t° электрич. крепость мусковита и флогопита должна сравняться, т. е. при дальнейшем повышении t° флогопит окажется выше мусковита. Т. о. кратковременное нагревание С. при 800° снижает электрич. крепость мусковита по нормальному направлению в 3,85, а флогопита в 5,6 раза сравнительно с электрич. крепостью при 20° . Тангенс угла диэлектрических потерь в нормальном направлении и при технич. частоте быстро возрастает с t° . В промежутке $20-200^\circ \text{tg } \delta$ у чистого мусковита изменяется в пределах 0,0004—0,01; изменение $\text{tg } \delta$ у флогопита несравненно быстрее и уже в промежутке $20-100^\circ$ меняется от 0,006 до 0. Необходимо отметить, что наименее быстрое возрастание $\text{tg } \delta$ с t° обнаружено у мусковита с Малой Северной.

Тангенциальное направление. В направлении тангенциальном зависимость электрич. свойств С. от t° (опыты на цилиндрах, набранных из слюдяных шайб и плотно сжатых помощью металлич. стержней) характеризуется следующими данными. Объемное уд. электросопротивление у мусковита падает быстрее, чем у флогопита; при t° в 600° уравнивается у того и другого вида С., а после 600° флогопит оказывается выше мусковита. Порядок величины сопротивления обоих С. $10^9 \text{ } \Omega\text{-см}$ при 600° ; возможно, что эта величина преувеличена из-за сопротивления зазора между шайбами и цилиндром. Электрич. крепость у мусковита в тангенциальном направлении при 600° в среднем равна $16,3-17,3 \text{ kV/cm}$, а при дальнейшем повышении t° (включительно до 800°) в среднем $9,2 \text{ kV/cm}$; соответствующие же максимальные значения характеризуются числами 29,4 и $16,1 \text{ kV/cm}$. Флогопит характеризуется в тангенциальном направлении при нагреве средней электрич. крепостью 14 kV/cm при 60° и $10,4 \text{ kV/cm}$ до 820° , тогда как соответственные максимальные значения будут $24,7 \text{ kV/cm}$ и $17,6 \text{ kV/cm}$. Т. о. хотя при комнатной t° мусковит характеризуется электрич. свойствами в тангенциальном направлении более высокими, чем флогопит, но при повышенной t° оба минералогич. вида С. меняют соотношение на обратные, и флогопит получает перед мусковитом преимущество.

Диэлектрические потери. В первом приближении $\text{tg } \delta$ связан с T зависимостью:

$$\text{tg } \delta = a e^{\beta T}.$$

Соотношение это имеет силу как для мусковитов, так и для флогопитов, но при отсутствии включений и внутренних расщепов. Значения коэф-тов для нек-рых С. приведены в табл. 8.

Табл. 8.—Средние значения констант a и β в формуле зависимости $\text{tg } \delta$ от T для нек-рых слюдяных месторождений СССР.

Род слюды	$a \cdot 10^4$	$\beta \cdot 10^3$
Мусковит из Малой Северной Мамских месторождений	1,071	944
Мусковит из рудника 2-й Нерой Бирюсинских месторождений	0,05012	1 703
Мусковит пятнистый из Хето-Ламбина Карельских месторождений	0,01259	2 532
Флогопит черный из 1-го рудника Слюдяных месторождений	0,007944	2 762

Диэлектрический коэффициент. В виду практич. неизменяемости диэлектрич. коэф-та с t° зависимость диэлектрич. потерь от t° обусловлена очевидно возрастанием электропроводности слюды.

Природа электрического пробоя С. Физич. механизм электрич. пробоя С. не может считаться окончательно установленным. Прежде всего при суждении о природе пробоя С. необходимо особо говорить о пробое в нормальном направлении и о пробое в направлениях тангенциальных. Значения электрической крепости того и другого мало зависят от t° ; это доказывает, что как тот, так и другой пробой—не тепловой природы. Зависимость нормальной электрич. крепости С. от среды, и притом идущая синдромно с подобной же зависимостью твердости, заставляет признать наиболее вероятной механическую (электростатическую) природу пробоя (в смысле Гриффитса), но не ионную, как это полагает школа А. Ф. Иоффе; пробой же тангенциальный скорее всего сводится к ионным процессам.

Включения в С. Во многих случаях окраска С. не бывает равномерна по всей поверхности. Неравномерность окраски м. б. обусловлена разными причинами: во-первых, включениями биотита, находящегося в мусковите в виде прослоек или кристаллов, сращенных с мусковитом иногда по неправильно изъеденной линии; во-вторых, проникновением между плоскостями спайности окислов железа; в-третьих, выветриванием С., придающим ее поверхности серебристо-опаловую (у мусковитов) и зеленовато или буровато-золотистую (у флогопитов) игру; более значительной степени выветривания ведут к расщеплению краев и к появлению перламутрового блеска, за к-рый подобные С. называются кошачьим серебром (мусковиты) и кошачьим золотом (флогопиты); в-четвертых, выделением окислов железа как следствием выветривания С.; в-пятых, наконец включениями различных минералов (рутила, апатита, магнетита, красного, черного или зеленого турмалина, красного или бурого граната, циркона, монацита, урановой смолки, касситерита, кальцита, пирита, кварца, полевого шпата, берилла, ильменита, каолинита и др.). Всем перечисленным включениям присуще характерное для них распределение между элементарными слоями С.; т. о. образуются либо беспорядочно распределенные крапины или пятна, либо дендриты, образуемые системами параллельных между собою штрихов, идущих по линиям удара или давления или же перпендикулярных к ним. Пятна эти по внешнему виду бывают черными, буро-красными, желтыми и наконец серебристо-перламутровыми, нередко показывающими цвета тонких пластинок. Необходимо также отметить одно практически важное обстоятельство, а именно обычную заключенность отдельных кристаллов и их скоплений в серебристом пятно, дающее более или менее широкий ободок. Наряду с перечисленными выше весьма обычными видами междуслюдяных (тангенциальных) включений С. иногда содержит пробояющие ее под углом к плоскостям спайности кристаллы, в мусковите кварц, полевоый шпат, гранат, берилл и др., оставшиеся при расщеплении подобной С. дыры. Вредность включений последнего рода самоочевидна и не нуждается в пояснении. Что же касается до включений первого рода, междуслюдяных, то о зависимости

от них свойств С. в литературе обычно встречаются немотивированные и противоречивые указания. Между тем значительная часть С. несвободна от междуслойных включений, и потому при недостатке С. на мировом рынке, в частности в СССР, представляется существенно важным в технич. и в экономич. отношении установить, какие из включений, в какой мере и при каких условиях должны считаться опорочивающими С. как технич. материал. Природа серебристых и ирризирующих включений до сих пор не выяснена; их нередко считают пузырьками воздуха. Однако трудно понять, как воздух попадает в эти внутренние расщепы, тем более что они могут образовываться на глазах при деформациях С. Скорее следует видеть в них пустоты с парами воды или быть может разреженными газами, выделявшимися из воды, прослаивающей С. Сохранение этих пустот могло бы объясняться пружинящим действием отщепившихся слоев С., а с другой стороны, электрич. свойства этих включений объяснялись бы пониженным давлением находящихся в них газовых сред. Как показывает микрохимический анализ вместе с микроскопич. исследованием, черные, красные, желтые и, реже, зеленые включения содержат окислы и гидроксиды железа как закисного, так и окисного; титана, марганца и других элементов в обычных встречающихся пятнах обнаружить в заметных количествах не удалось. Следует поэтому полагать, что черные, серые и бурые пятна состоят из магнетита Fe_3O_4 , красные — из гематита Fe_2O_3 , а желтые — из разных гидратных окисей — гетита или лепидокрекиста $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, ксантосидерита $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$, лимонита $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, тургита $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Под микроскопом черные и бурые пятна обычно представляют отдельные пластинки, чаще всего шестиугольные или треугольные. Буро-красные и буро-желтые включения представляют отдельные пятнышки, иногда кристаллические, располагающиеся последовательными рядами, обыкновенно под определенными углами друг к другу, и образующие дендриты. Решение вопроса о вреде пятнистости задерживается вследствие необходимости считаться не только с минералогич. природой включений и количеством их, но также, и даже в особенности, с характером их распределения. При одной и той же зрительной картине пятен, т. е. проекции их на плоскость, нормальную к лучу зрения, распределение пятен м. б. весьма различно в зависимости от степени их скученности около одной плоскости или, наоборот, рассеянности по всей толще слюды. Как показывает опыт с постепенным отщеплением листочков С., пятна обычно располагаются в узкой зоне, скопляясь преимущественно в смежности с определенной плоскостью; однако решить вопрос о распределении пятен в каждом частном случае вовсе не просто, особенно если дело идет с производственной сортировке С. Второе существенное обстоятельство, с к-рым обычно не считаются, это — принципиальная трудность количественно оценить площадь, занимаемую пятнами в данном участке поверхности С. Трудность эта обусловлена дендритным характером пятен, легко усматриваемым если не простым глазом, то под микроскопом. В самом деле, площадью криволинейной фигуры называется общий предел вписанных и описанных мн-ков; однако для существования его необходимо, чтобы контур

м. б. подразделен на такие участки, в пределах которых ограничивающие его кривые были бы монотонны и следовательно имели бы производную. Между тем ряд последовательных контуров, все теснее примыкающих к дендритовому пятну, не стремится к какому-либо пределу, грубо говоря, отличному от нуля. Т. о. пятнистость слюды, сплошь занятой дендритами и в первом приближении оцененная как 100%-ная, с каждым последующим приближением будет оцениваться числом все меньшим и под конец получит оценку, практически небольшую от 0%. Способа измерять пятнистость С. до сих пор не найдено. Оценка степени пятнистости по легкости чтения печатного текста при рассматривании его через пластинку С. практически не удается, т. к. кроме площади пятен не безразлична также интенсивность их окраски. По той же причине не достигается цели и оценка пятнистости по коэф-ту прозрачности, измеряемому на приборе Оствальда или каком-либо другом. Непосредственное измерение площади пятен помощью сетчатого микрометра и лупы с пятикратным увеличением весьма хлопотливо и кроме того дает сходимость повторных измерений очень недостаточную; например при средней (взятой из трех измерений) пятнистости в 18% отклонения отдельных результатов от среднего достигают $\pm 28\%$ измеряемой величины. Более удачны могут быть измерения пятнистости при равномерном распределении пятен по пластинке и промёре нескольких отдельных участков. Оценка пятнистости на-глаз, как показали проверочные опыты, может дать у разных наблюдателей числа, весьма расходящиеся; это объясняется не столько неточностью глазомера, как отсутствием определения, что собственно измеряется. Согласно стандарту на индийскую С. эта последняя делится на чистую, слабо пятнистую, нормально и сильно пятнистую и чернокрапчатую. В проекте союзного стандарта на С. (по качеству) предусматривается для мусковита пять сортов согласно табл. 9.

Табл. 9.—Деление мусковита на сорта по пятнистости или неровности поверхности согласно проекту ОСТ.

Сорт мусковита	Пятнистость		Поверхность
	Характеристика пятнистости	Верхняя граница площади пятен (в %)	
I	Чистая (без пятен)	0	Совершенно ровная (плоская)
II	Слабо пятнистая	10	Ровная плоская
III	Пятнистая	25	Слабо волнистая
IV	Сильно пятнистая	50	Волнистая
V	Сильно и густо пятнистая	>50	Сильно волнистая

Для флогопита ОСТ предусматривает сорта:

- I. Совершенно ровная (плоская) поверхность.
- II. Слегка волнистая или слегка складчатая поверхность.
- III. Волнистая или складчатая поверхность.

Такие деления произвольны и м. б. допущены лишь как весьма условные, причем в виду невозможности охарактеризовать степень пятнистости геометрически, точнее оптически, необходимо сделать это на основании какого-либо косвенного физического признака. В самом первом приближении о пятнистости можно го-

ворить как о большой или малой или большой, средней и малой и, опираясь на это деление, попытаться установить связь между степенью пятнистости и рядом физических свойств. Прежде всего можно подозревать, что пятна, размещающаяся между плоскостями спайности и даже находясь в расщеплах, распространяющихся за их пределы, должны создавать условия, благоприятные для легкости расщепления *С*. Опыт действительно показывает, что расщепление сильно пятнистой *С* идет значительно легче, чем какой бы то ни было другой.

Физич. свойства минералов, содержащихся в *С*., значительно отличаются от таковых же самого вещества *С*. Гематит и тем более магнетит обладают лучшей теплопроводностью, чем *С*. (у гематита $0,0039 \text{ cal cm/cm}^2 \text{ сек. } ^\circ\text{C}$, причем отношение теплопроводностей *A* и *B* к теплопроводности *С* равно 2,20, т. е. в 2—3 раза больше, чем *С*.). Удельное электросопротивление гематита серого || оси $7,04 \cdot 10^{-1}$ и \perp оси $3,5 \cdot 10^{16}$, а магнетита $3,6 \cdot 10^{-2}$ $\Omega\text{-см}$, т. е. примерно в 10^{14} — 10^{16} раз меньше электросопротивления самой *С*. По связи с указанным соотношением электропроводности можно предполагать, что диэлектрич. коэф. названных минералов, по крайней мере кажущийся диэлектрич. коэф., при малых частотах д. б. весьма значителен в сравнении с таковым же *С*. Поэтому тангенс угла диэлектрич. потерь в этих минералах д. б. велик, а электрич. крепость их весьма мала. При совокупности подобных свойств пятна могли бы существенно изменять свойства *С*., если бы в соответственных испытаниях поле направлялось вдоль их плоскости; напротив, при распределении тончайшими пленками, более или менее нормальными к направлению поля, включения *С*., несмотря на свои свойства полупроводников, могут лишь частично изменять свойства слюды, но лишая ее при этом способности нести ее основные технические функции.

Механические свойства *С* ослабляются пятнистостью. Так, пятнистые *С* расщепляются легче чистых, а прочность на разрыв от пятнистости на 8—15% снижается. По отношению к другим физич. свойствам значение черных пятен отлично от значения желтых, тогда как красные занимают среднее место. Так, черные пятна несколько повышают (примерно на 10%) теплопроводность *С* в нормальном направлении, вероятно в связи с повышенной теплопроводностью магнетита, а красные и желтые понижают ее (примерно на 6%), что обусловлено повидимому расщеплениями около этих пятен; серебристость *С* равным образом понижает ее теплопроводность. Электросопротивление *С* в направлении нормальном несколько снижается от присутствия черных и красных пятен, причем пятнистость, превосходящая 50%, а в некоторых случаях близкая к 100%, снижает электросопротивление на 30—40%. Желтые пятна в нормальном направлении не оказывают заметного действия.

Электрическая крепость в нормальном направлении от черных пятен снижается на 10—20%, но не изменяется от присутствия пятен красных и желтых; в тангенциальном же направлении электрическая крепость от черных включений снижается примерно на 30% и слегка—от пятен красных (примерно на 2%); несколько неожиданная незначительность тангенциального пробойного эффекта пятен, даже черных, объясняется тем

обстоятельством, что в тангенциальном направлении слюда и независимо от присутствия пятен обладает весьма низкой электрич. крепостью, т. ч. электропроводность пятен не может добавить много к электропроводности пленок электролита. Пробой происходит не по самым включениям, а по границе их, вероятно в связи с неоднородностями электрич. поля; путь пробоя представляет зигзагообразные или изогнутые линии. Гораздо более определенную зависимость от пятнистости показывают тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg } \delta$) и диэлектрический коэффициент ϵ . Как тот, так и другой связан с пятнистостью *p* (выраженной в %) линейно. Для мусковита эти зависимости имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta &= 0,0005 + 0,00044 p, \\ \epsilon_r &= 6,5 + 0,085 p_r, \\ \epsilon_k &= 6,5 + 0,027 p_k, \end{aligned}$$

где индекс *r* относится к *С* с черными пятнами, а индекс *k*—к *С* с пятнами красными. Зависимость $\text{tg } \delta$ от пятнистости для красных пятен и для черных одна и та же; этим подтверждается возникновение потерь не в самых пятнах, а в расщеплах, вмещающих пятна. Напротив, угловой коэф. индуктивной способности *С* для черных пятен больше, чем для красных, откуда следует большее значение индуктивной способности вещества черных пятен сравнительно с веществом пятен красных. Наряду с включениями и расщепами качество *С* иногда снижается также неоднородностями сложения в процессе кристаллизации (штрихи, борозды), последующими деформациями (складки, мятые места, волнистость, трещиноватость) и процессами выветривания (заноистость краев, краевые и внутренние расщепления) и т. д. Штриховатость *С* обусловлена двойниковым срастанием, фигурами давления, процессами неправильного роста; борозды, складки, волнистость, трещины возникают от давления при горообразовательных процессах или вследствие местного изменения объема включающей *С* породы, как это в особенности происходит у флогопитов, включенных в известняки. Перистая штриховка делает *С* негодной. Двойниковая же или вызванная ростом кристаллов в случае ее тонкости может быть устранена при расщеплении *С*. Вред трещиноватости пятен сам собой. Относительно волнистости опыт показывает, что обычно она выражается сдвигами или даже надвигами (ш а р и а ж), т. ч. приходится говорить лишь об $\frac{1}{4}$ длины волны. Вредность подобных деформаций зависит от степени крутизны волны, каковая измеряется отношением длины $\frac{1}{4}$ волны к половине амплитуды или тангенсом угла подъема. Можно опасаться, что указанная деформация поведет к снижению электрич. крепости *С* вследствие происшедшего надлома. Электрическое испытание расщепленной волнистой *С* показывает, что волнистость, характеризующая тангенсом угла не более 0,2, не дает заметного снижения электрической крепости ни мусковита ни флогопита, но при значении 0,5 понижает электрич. крепость флогопита на 14—19% сравнительно с материалом ровным.

Месторождения *С*. Условия залегания слюды весьма различны. Мусковит как породообразующий минерал весьма распространен, поскольку входит в состав кристаллич. пород—гранитов, гнейсов и др.; однако достаточно крупные технически пригодные кристаллы му-

сковита бывают приурочены исключительно к пегматитовым жилам, особенно прорезающим слюдяные сланцы. Выделения мусковита м. б. здесь либо равномерно распределенными по всему телу жилы либо скопляться отдельными зонами и гнездами, обычно незначительными по размерам. Зональные скопления располагаются или вдоль зальбацдов (одного, а иногда обоих) жилы, или вдоль отдельных выделений кварца в пегматите, или внутри самой жилы. Наконец встречаются гнезда С.—отдельные кристаллы или скопления их,—иногда переходящие в сростки; гнезда чаще всего приурочены к кварцу или к контакту его с крупными полевошпатными выделениями. Разные виды выделения С. могут встречаться в одной и той же жиле. Практически наиболее важны зоны обогащения из слюдяных гнезд. Крупнокристалличность полевого шпата и кварца (но не расслоенность пегматита) благоприятствует и крупнокристалличности С.; мощность же жилы скорее не благоприятствует образованию крупных выделений С. и во всяком случае не может считаться признаком сопутствующим. С углублением жилы слюдоносность не понижается. Большая обогащенность пегматита С. обыкновенно неблагоприятна крупности. Находится мусковит либо в сплошном виде—скорлуповатыми, чешуйчатыми и сланцеватыми скоплениями—либо кристаллами, масса которых достигает 16 кг, а в отдельных случаях 160—240 кг; в виде исключения находились кристаллы массой до 640 кг и длиной 1,5 м. Флогопит, напротив, никогда не залегает в пегматитах. Обычное егохождение в пироксенитовых породах в связи с кальцитом. Флогопит либо заполняет трещины по обеим сторонам кальцита, жила которого проходит в пироксенитовой породе, либо располагается на контактах пироксенитов с гнейсами, пегматитами, аллитами и диабазами и в трещинах пироксенитовых жил. Размеры кристаллов флогопита примерно те же, что и мусковита; наибольший из найденных кристаллов обладал массой в 112,4 кг и был длиной в 1 м и поперечником 65 см. В Канаде находятся кристаллы флогопита, поперечник которых равен 60 см. В других местах кристаллы флогопита позволяют вырезать квадратные пластины со стороны в 45 см. Из мировых месторождений С. наиболее известны Индийские (Бенгалия дает 75% всей добычи Индии), США (Сев. Каролина, Нью Гемпшир и др.), Канадские (Квебек и Онтарио), Африканские (Улуру в Вост. Африке, Линденбург и по р. Олифанту—в Трансваале) и Мадагаскарские; второстепенное значение представляют месторождения Южноамериканские (Бразилия и Аргентина), Австралийские и Европейские (Австрия—в восточных Альпах, Норвегия). При этом Мадагаскар, Мексика и Канада дают флогопит, а остальные месторождения—мусковит.

СССР по запасам С. в отношении количества и разнообразия их занимает первое место в мире. Важнейшие из слюдоносных районов Союза—Карелия (западное побережье Кандалакского залива, гл. обр. в окрестностях Лоукского и Пулонгского озер), Украина (на Волыни у Чуднова и в б. Мариупольском у.), Урал (Златоустовский округ, Ильменские горы, Урзаская Курья и Чебаркульское озеро, Миас, Кыштым, озеро Иртям, Вишневые горы и др.), б. Енисейская губ. (Тасеевские мест-

орождения в сев. части б. Красноярского у. и Канские—в восточной части б. Красноярской губ. и др.), б. Иркутская губ. (Бирюсинские месторождения—близ Нижнеудинска, Саянские, Мамские—Колотовка, Жернаковка, Луговка, рр. Малая и Большая Слюдянка, Красный Яр, Камнига, Согдиондон, Байкал—у Святого Носа, район Слюдянки), Забайкальская область (ряд месторождений, в настоящее время не разрабатываемых), Якутская АССР (по Алдану), Семипалатинская обл. (Куксай, Калабинский хребет) и др. Многие из С. СССР относятся к числу первосортных и не уступают по своим свойствам заграничным.

Добыча и обработка С. С. была известна и применялась до начала нашей эры, а в 16, 17 и 18 вв. систематич. добыча С., и притом хорошей по своим качествам, производилась в России. Тем не менее, несмотря на все возрастающий спрос на С., особенно в США, и общий рост добычи, слюдяная пром-сть стоит технически на низком уровне. Геология С. изучена весьма недостаточно, о генезисе С. известно очень мало, способы добычи нередко примитивные. Использование С. не рационализировано, и потому крупные и высококачественные сорта в известных случаях идут на применения, в которых можно было бы удовлетвориться сортами низших номеров и качеств. По этапам работы различают С.: 1) сырую, называемую комовой, — в кристаллах, 2) расколотую, 3) очищенную, или полупродукт, а также шаблонную—в толстых пластинах, 4) обрезающую—с обрезанным обычно под углом 45° краем, 5) шипаную—расщепленную на тонкие пластинки, 6) С. в изделиях и 7) молотую. По размерам сырая С. делится на три разряда: I, II и III; расколотая, очищенная, обрезная и шипаная С. делится по размерам в соответствии с величиною полезной площади, определяемой вписанным в пластинку С. прямоугольником; соотношение сторон которого должно быть определенным. Деление С. на номера по ОСТ приведено в табл. 10; индийский же и швейцарский стандарты представлены на фиг. 14.

Табл. 10.—Номера С. разных групп по ОСТ.

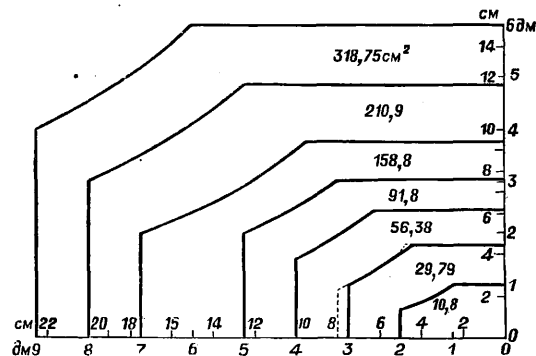
№ С.	Площадь вписанного прямоугольника, причем дается нижняя граница и верхний предел, см ²		
	Расколотая С.	Очищенная С.	Шипаная С.*2
0000	500—выше	450—выше	—
000	400—500	375—450	—
00	300—400	300—375	—
0	250—300	230—300	—
1	150—250	155—200	—
2	100—150	90—155	—
3	75—100	64—90	—
4	50—75	38—64	51—64
4 ¹ / ₂	—	—	38—51
5	25—50	19—38	29—38
5 ¹ / ₂	—	—	19—29
6	15—25	14—10	16—19
6 ¹ / ₂	—	10—19	15
7	5—15	4—10 *3	10
7 ¹ / ₂	—	—	—
8	1,76—5 *1	—	—

*1 Полезная площадь круга диам. не менее 15 мм.

*2 Отношение сторон прямоугольника от 1:1 до 1:3. *3 Узкая сторона д. б. не менее 15 мм.

Добыча и обработка С. требуют затраты значительного труда. Добыча должна вестись

очень осторожно во избежание порчи кристаллов С. и требует особого искусства, тщательности, сообразительности, ловкости и большого опыта; за каждым большим кристаллом приходится буквально ухаживать, старательно его выбивая. Подобным образом требует большой тщательности и обработка С. По расчету Циркеля бригада из 17 рабочих ежемесячно вырабатывает ок. 4,6 т сырой С., т. ч. 1 кг



Фиг. 14.

сырой С. требует одного рабочего часа. Обрезка 1 кг С. требует 0,55—0,6 раб. часа, а щипка—2,1—4,2 раб. часа, в зависимости от размера пластин. В виду трудоемкости процессов слюдяной промышленности себестоимость С. весьма колеблется в зависимости от местных условий добычи и обработки и в частности от местной стоимости рабочей силы. С другой стороны, самые выходы С., хотя и вообще незначительные, весьма колеблются в связи с особенностями данного месторождения и технич. требованиями, которые предъявляются к С., а также в связи со степенью использования С. низших номеров и сортов и слюдяных отходов. В табл. 11 сопоставлены некоторые данные, характеризующие выходы слюдяной добычи.

Табл. 11.—Данные о выходах С. в некоторых месторождениях.

Месторождение	Выход С.	
	комовой из породы, %	листовой, очищенной из комовой, %
Сев. Каролина (США)	1—2	7—9
Юж. Африка и Трансвааль	1 (в более благоприятных случаях до 6)	—
Медраасский район (Индия)	3—10 (в среднем 6,25)	—
Австрийские Альпы	2,3—7	1—9,28
Карелия (СССР)	0,3—7,3 (2 мелкой и 1 более крупной)	1—9,28 (средн. 4,28, наиболее часто 3,25)
Мариупольский окр. (СССР)	1	—
Канские месторожд. (СССР)	2,1—2,2 (в отдельных случаях до 5)	7,3 и 3,4
Мамские месторожд. Колотовка (СССР)	1,29	35
Мамские месторожд. Согдионд (СССР)	1—1,6	4
Бирюсинские месторожд.	2,5—5	10—15 (при повышенных требованиях 7—8)
Слюдяные месторождения (СССР)	30 (из жилы)	3,5—4 (в отдельных случаях 5,6)

Т. о. при добыче листовой С. из комовой до 90%, а иногда и более, идет в отходы; однако дальнейшая обработка опять дает выходы ничтожные. Так, обрезной С. из листовой очищенной получается в Сев. Каролине 3% от комовой (33% от очищенной), Мариупольское месторождение давало выход лишь 1,1% и т. д. Выход номерной С. падает преимущественно на низшие номера; примеры распределения выходов С. по номерам приведены в табл. 12.

Табл. 12.—Примеры распределения выходов С. по номерам (%).

№ месторождения	7	6	5	4	3	2	1	Спец.
	Сев. Каролина	—	31	25	37	5	8	
Южная Африка и Трансвааль	43	26	21	4,5	1,29	1,93	2,25	—
Канские месторождения	—	53	30	—	8	5	4	0

При распределении С. по сортам высших сортов выходит еще менее; так, в Индийских месторождениях чистой С. всех номеров выходит 3,8%; слегка пятнистой 9,10; пятнистой 1,78; крапчатой 77,60; отбросов 3,01%. Что же касается соотношения выходов по номерам в пределах каждого сорта, то для чистой и слегка пятнистой С. выходит № 1 примерно в 100 раз меньше, чем № 6, а для крапчатой—в 6 500 раз менее.

Применение С. Обладая рядом ярко выраженных ценных технич. свойств и притом в сочетании совершенно исключительном, С. издавна нашла себе промышленное применение. Вполне понятно, что многочисленность указанных свойств С. сделала этот минерал ценным и в ряде случаев незаменимым материалом в весьма различных отраслях пром-сти. Область наиболее широкого применения С. с течением времени изменяется; однако и с качественной и с количественной стороны С. приобретает в пром-сти значение все большее, и если в некоторых частных случаях применения оказывается возможным заменить ее какими-либо другими искусственными материалами, то в общем ее незаменимость пока лишь подтверждается и расширяется в отношении областей, о которых первоначально никто не мог думать. Так, первоначальное применение слюды определялось ее перламутровым и серебристым блеском, особенно в выветренном состоянии; затем выдвинулись на первый план ее расщепленность и прозрачность; затем сюда присоединились упругость и механич. прочность; далее тепло- и огнестойкость; затем специальные оптические свойства; потом последовали электроизоляционная способность, высокая электрическая прочность и ничтожность диэлектрич. рассеяния. Далее выступают химич. стойкость, смазывающая способность и другие свойства слюдяного порошка и т. д. В табл. 13 дана функциональная классификация применений слюды. В настоящее время количественное и качественное преобладание принадлежит С. как электроизоляционному материалу, применяемому электропромышленностью во всех видах, начиная от листовой слюды и кончая слюдяным порошком, причем в промежутке стоят все прочие сорта С. всех существующих размеров. С. применяется в электропромышленности как в чистом виде, листками, так и в различных сочетаниях со связующими веществами. Распределение листовой С. по различным от-

Табл. 13. — Функциональная классификация технических применений С.

Функциональные свойства С.		Область применения	Группа С.	Технич. условия	Минералогич. разности
основное	вспомогательные				
Большая электр. крепость	Прочие электрич. свойства, истираемость, упругость	Коллекторные сегменты электр. машин	Расколотая калиброванная или в изделиях	Сорт I, по чертежу	Ф
»	»	Подрезные сегменты и кольца для электр. машин	»	Сорт любой, но не волнистый	М, Ф
»	Прочие электрич. свойства, упругость, но не истираемость	Микафолит	Щипаная	Сорт II, № 6—1/2(20—30 μ)	М
»	Прочие электрич. свойства, истираемость, упругость и гибкость	Миканит гибкий ответств. назначения	»	Сорт II, № 6—1/2(20—30 μ)	М
»	»	» » менее ответств. назначения	»	{ Сорт IIIA Сорт VA	Ф М
»	Прочие электрич. свойства, истираемость, упругость, но особой гибкости не требуется	{ Миканит твердый Миканит фрезерный	»	{ Сорт IIIB, № 7—1/2 Сорт VB, № 7—1/2 Сорт IIIB, № 7(30—20 μ) Сорт VB, № 7(30—20 μ)	Ф М Ф М
Малость tg δ	Значительность диэлектрич. коэф-та при значительности прочих изоляционных свойств	Конденсаторы измерительные, радиотехнические и др., от к-рых требуется устойчивость	Обрезная калиброванная	Высшего качества, толщина 50 μ, отсутствие включений, внутренних расщепов, порок	М
Сравнительн. устойчивость электр. характеристик при подъеме температуры	Химич. инертность, нехрупкость	Изоляция зажигаг. свечей для двигателей внутр. сгорания; шайбы	Расколотая или в изделиях	Сорт II	М, Ф
»	» » »	Изоляция электронагрев. приборов бытового, лабораторн. и производств. назначения	Обрезная калиброванная или в изделиях	{ Сорт III Сорт V	Ф М
»	» » »	Нагревательный миканит	Щипаная	{ Сорт IIIB, № 7—1/2 Сорт VB, № 7—1/2	Ф М
»	» » »	Изоляционный материал	Агрегат чешуек	—	Слюд. сланец
»	Прозрачность, нехрупкость, легкость, теплостойкость	Шайбы для электр. ламп	В изделиях	Сорт III, но не волнистый	М
»	»	Шайбы и подкладки	»	Сорт любой	М, Ф
Огнеупорность	Укрывистость, хорошая приставаемость, легкость	Огнеупорные краски	Молотая	—	—

Функциональные свойства С.		Область применения	Группа С.	Технич. условия	Минералогич. разности
основное	вспомогательные				
Огнеупорность	Укрывистость, хорошая приста- ваемость, легкость	Огнеупорный материал	Агрегат чешуек	—	Слюд. и хлорит. сланцы
Негорючесть	Укрывистость, приставаемость	Огнебезопасн. кровельн. покрытия (рубероид, толь и др.)	Чешуйка	Помол от -40 до +60 или +80 меш	Дж, З, Б, Ф, М
»	Способность образовывать пла- стич. массы	Слюдяная кровельная черепица	Молотая	—	З и Дж
Химическая стой- кость	Укрывистость	Хемостойкие краски	»	—	—
»	Электроизолирующие свойства	Изоляция в аккумуляторах	Обрезная калиб- рованная	По возможности без пятен	М
Малая теплопро- водность	Упругость, легкость, химич. стойкость	Тепловая изоляция паровых котлов и трубо- проводов паровозов, холодильных установок	Молотая и отходы	От -9 до +6 меш	Дж, З, Шлуф
»	»	Тепловая изоляция стен—засыпка внутр. стен- ных пространств, облицовочн. кирпич	Прокаленная, мо- лотая	—	» » »
Упругость	Легкость, тонкость, однород- ность при расщеплении, глад- кость поверхности	Мембраны акустич. приборов, в особенности граммофонов, фонографов, телефонов и громко- говорителей	Фасонная калиб- рованная «диаф- рагмова»	Сорт I; отсутствие пороков (ца- рапин, волнистости, смятин) и включений; точность калибровки	Л и М, реже слабо окраш.
»	»	Крыльишки радиометров, компасные розы	Обрезная калиб- рованная	»	М, реже слабо окраш.
»	»	Основания для флюоресцирующих экранов в вакуумных трубах для осциллографов и для телевидения	»	Сорт I; отсутствие пороков (ца- рапин, волнистости, смятин) и включений; точность калиб- ровки и отсутствие радиоактив- ности	М
»	»	Основания для специальных фотопластинок для путешествия	»	»	М
»	»	Основания для зеркалец и рефлекторов	»	—	М
Скольжение и слипание поверх- ности	Химич. инертность, механич. прочн. на сжатие, упругость	Основания для диапозитивов и др. изображе- ний, предназначенных к проекции	—	—	—
»	»	Сухие смазки для машин и в особенности для деревянных трущихся частей	Молотая, весьма тонкий помол	—	М, Ф
»	»	Консистентные смазки для осей	»	—	—
»	»	Защита резиновых уплотнений горловин (ла- зов) паровых котлов	»	—	—
»	»	Искусственные пробки	»	—	З
Дробление на листоватые че- шуйки	Электроизоляционные свойства	Наполнитель в электроизоляционных пластич. массах	Отходы	—	Б
»	»	Наполнитель в битуминозных дорожных мас- сах	—	—	Слюд. и хлорит. сланцы

Табл. 13.—Функциональная классификация технических применений С.

(Продолжение)

Функциональные свойства С.		Область применения	Группа С.	Технич. условия	Минералогич. разновидности
основное	вспомогательные				
Прозрачность в видимой области спектра Цветность	Химич. инертность, отсутствие хрупкости, легкость	Вставки в противогазах, военных и общетехнических	Обрезная калиброванная	По возможности отсутствие пятен	М
	Отсутствие хрупкости, огнеупорность	Глазки в горнах	»	Отсутствие включений и порок, определенная тональность цвета и определенная интенсивность окраски	Ф, М
»	Нерастрескиваемость при резких изменениях t° , отсутствие хрупкости, легкость	Предохранительные очки для работы с раскаленными телами	»	»	Ф, М
Оптическая анизотропия »	Бесцветность, точная калибруемость пластинок »	Пластинки на четверть длины волны	»	Полное отсутствие расщепов, включений, потоков	М
		Поляризационные микроскопы	»	»	М
Прозрачность в невидимых областях спектра »	Тонкость и ровность пластинок, отсутствие хрупкости »	Фильтры, отделяющие инфракрасные и ультрафиолет. лучи в оптич. приборах	»	»	Б, Ф, М
		Оконки для пропуска ультрафиолет. и инфракрасн. лучей физич. приборов	»	»	Б, Ф, М
Своеобразный блеск »	Химич. стойкость, неизменяемость, отсутствие хрупкости, раздробляемость на листоватые частицы »	Декоративные применения, ювелирные украшения	Комовая	Наибольшая игра	Ф, М
		Обойная промышленность	Молотая и обожженная	Любой сорт, помол от -230 до +300 меш	Дж, З, Б обож.
»	»	Брокатные краски (слоудной брокат)	»	Помол не слишком тонкий	Ф, М
»	»	Штукковые покрытия со слюдой	»	Предварительный прогрев	Ф, М
»	»	Декоративный кирпич с примесью С.	Отходы	—	З
»	»	Керамич. изделия (гончарная, фаянсовая и пр. посуда) с примесью С., мерная С. служит также плавнем	»	—	—
»	»	Специальное стекло со С.—подражание венцианскому	»	—	—

Табл. 13.—Функциональная классификация технических применений С.

(Продолжение)

Функциональные свойства С.		Область применения	Группа С.	Технич. условия	Минералогич. равености
основное	вспомогательные				
Своеобразный блеск	Химич. стойкость, неизменяемость, отсутствие хрупкости, раадробляемость на листоватые частицы	«Парчевая живопись»	Молотая	Более крупнозернистый порошок	—
»	»	Придание блеска бумаге—глянцевитая бумага	»	Мелкозернистый порошок	—
»	»	Придание блеска—атласная бумага	»	—	—
»	»	Придание металлич. блеска бумаге	»	—	—
»	»	Серебряные чернила (С. с гуммиарабином)	»	—	—
»	»	Серебристые композиции (с желатиной) для пуговиц и т. п.	»	—	—
»	»	Апиретура хлопковых тканей	»	—	—
»	»	Имитация снега	Отходы	Крупный помол	—
»	»	Украшение детских игрушек	»	»	—
»	»	Пудра для косметич. целей	Молотая	Тончайший помол	—
»	Приписываемое С. сильное целебное действие, европ. медициной не проверенное	Лекарства в народной медицине Индии и Китая	—	—	—

Объяснение сокращений: М—мусковит, Ф—флогопит, Б—биотит, Л—лепидолит, Дж—джефферсит, З—зонолит.

раслям пром-сти в США показано в табл. 14. Как видно из приведенных данных, преобла-

Табл. 14.—Распределение листовой С. по различным областям промышленности в США.

Область применения	Очищенная, %	Обрезная, %
Электроизоляция	85	90
Печные оконца	10	7,5
Фонографы	2	1
Лампы, стекло, абактуры	1	0,75
Остальные обл. применения	2	0,75

дающая часть листовой С. идет на электрическую изоляцию, и потому изучение электрических свойств С. в настоящий момент очевидно особенно важно. Другое русло, по которому направляются низкосортная С. и отходы, а именно потребление молотой С., может быть охарактеризовано данными канадской пром-сти (табл. 15). Однако данные эти относятся к 1923 г. и

Табл. 15.—Распределение слюдяного порошка по различным областям промышленности в Канаде в 1923 г.

Область применения	Количественное потребление	
	абсолютное, т	относительное, %
Для тепловой изоляции	359	55,91
В обойной промышленности	200	31,15
Для электротехнич. изделий	31	4,85
Для смазочных материалов	30	4,67
В резиновой промышленности	22	3,42
Итого	642	100

с тех пор для молотой С. нашлись новые области применения. Динамика мировой добычи слюды (без слюдяного порошка) представлена данными табл. 16; на фиг. 15—цены в шиллингах за английский фунт (ордишата) на комовую

Табл. 16.—Мировая добыча слюды (в т.).

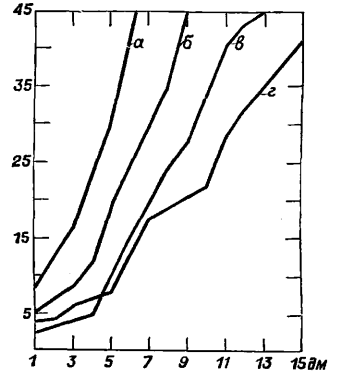
Страна	1913	1923	1924	1925	1926	1927
СССР	3,1	—	—	193	486	1 520 *1
Норвегия	—	10	25	23	42	—
Швеция	—	5	4	95	53	10
Германия	—	—	—	501	—	—
Испания	—	3	—	—	—	—
Австрия	—	—	—	—	547	—
Канада:						
в кусках		127	233	188	50	79
листья		190	188	182	146	197
щипаная		96	74	85	82	37
обрезки		2 785	2 514	3 211	2 030	2 740
США:						
листья		771	936	814	969	686
обрезки		4 828	7 306	8 795	6 389	5 697
Гватемала		—	—	16	12	7
Бразилия		10	56	65	53	103
Аргентина		6	102	119	81	—
Южноафрик. Союз		—	15	906	1 318	1 454 *2
Южная Родезия		—	83	132	170	186 *3
Таиланд		111	33	56	69	41
Мадагаскар		6	165	286	267	544 *4
Индия		3 174	4 232	3 561	5 065	4 969
Китай		—	202	202	—	—
Япония		—	431	592	1 082	—
Корея		—	11	21	20	16
Австралия		—	—	3	4	7

*1 В 1928 г. добыто 2 777 т, в 1930 г. 9 250 т, в 1931 г. 9 300 т. *2 В 1928 г. добыто 3 780 т. *3 В 1928 г. добыто 380 т. *4 В 1928 г. добыто 641 т.

С., в зависимости от сорта и размера кристаллов (а—чистая рубиновая, б—слегка или сильно пятнистая рубиновая, в—крапчатая, г—янтарная); на абсциссе отложена длина в дм. (при ширине на 50% меньшей).

Заменители С. Как указано, С. занимает исключительное место в разнообразнейших отраслях пром-сти, а добыча С. не удовлетворяет потребности, особенно в отношении

более крупных номеров высокосортовой С. Это побуждало и побуждает искать заменители С. (однако до настоящего времени без успеха). Другой возможный путь—искусственное воспроизведение С.—тоже до сих пор не получил практического решения, хотя принципиально намечен. Искусственное получение С. было достигнуто несколькими способами.



Фиг. 15.

ми. Во-первых, установлено появление С. в некоторых шлаках (Форт, 1884, 1889); во-вторых, Готфейль и Сен-Жиль (Hautefeuille и St.-Giles, 1887) получали слюдяные таблички, сплавляя составные части железистой С. с $1/5$ фторидов кремния и калия. Подобные же кристаллы получались при добавлении мышьяковистокислого калия и воздействию водорода на расплавленную массу. Хрущов (1887—1888) получал биотит, маргарит и мусковит сплавлением различных веществ (магнезии, барита, криолита) с лецидолитом. Дельтору (1888) удалось получить главные слюды сплавлением естественных силикатов, как то: роговой обманки, актинолита, глаукофана, андалузита, граната и т. д., с фтористыми натрием и магнием; образовавшиеся при этом С. соответствовали биотиту, флогопиту, мусковиту и цинвальдиту. В. Нолль (W. Noll, 1932) произвел гидротермальный синтез мусковита (наряду с каолином). Исходным веществом был взят глиноземно-кремнеземный гель с присадками, аналогичный изготовленному впервые в 1923 г. Шварцем и Бренером; состав его $35,08\% \text{ SiO}_2$; $30,56\% \text{ Al}_2\text{O}_3$; $10,46\% \text{ K}_2\text{O}$; $24,12\% \text{ H}_2\text{O}$. Будучи прогрет в течение 5 дней при t° не ниже 200° (225° , 250° , 300°), гель перешел, как показал дебайшереровский анализ, в мусковит. Т. о. перед техникой стоит задача получения крупных кристаллов С.

Лит.: Вейбергер, Материалы к познанию химического состава породобразующих слюд, Варшава, 1909; Преражанский А. и Чуряков А., Слюда, «Естественные производительные силы России», Петроград, 1917,

т. 4, стр. 26; Чернышов А., Методы испытания изолирующих веществ, Петербург, 1908; Материалы к исследованию русской слюды, «Труды комиссии сырья», П., 1917, вып. 2; Приходько, О слюдах в Енисейской губ., «Горные и золотопромышленные известия», 1912, т. 9, стр. 46, 71, 92, 114; Гинабург И., Слюда, ее свойства, применение и распространение в России, П., 1919, «Материалы КЕПС», 34; его же, Слюда, «НИ», Л., 1927, т. 3, стр. 1—66; его же, Слюда, «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925 г.», Л., 1927, стр. 643—651; «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27», Л., 1928, стр. 879—892; Клер М., О месторождении слюды на площади квартала 133 б. Кыштымской дачи, «Уральский техник», 1927, 6, стр. 40—52; Клыков А., Месторождение слюды около станции Слюдянки, «МС», Москва, 1926, 5, стр. 418—421; Мамуровский А., Перспективы развития слюдного дела в Союзе, там же, 1926, 7—8, стр. 571—601; его же, Слюдяные месторождения, там же, 1926, 12, стр. 821—835; его же, Слюдяная пром-сть Союза в ближайшей пятилетке 1926—1932 г., там же, Москва, 1927, стр. 578—590; Мишарев Д., Амелангов А., Мамские слюдяные месторождения, «Известия геологического комитета», 1928, том 47, 1, стр. 71—81; Федоровский Н., Минералы в промышленности и в сельском хозяйстве, 2 изд., стр. 256—264, Л., 1927; Михайлов М., Электрические свойства русских слюд, «Вестник экспериментальной и теоретической электротехники», 1929, 5, стр. 204—207; Флоренский П., Герман Н., Мантров М., Наблюдения в области поверхностных свойств слюды, «Вестник электротехники», 1930, 2, раздел 3, стр. 1—32; Флоренский П., Значение поверхностных явлений в службе слюды, Вопросы изоляции в технике, «Труды конференции по электроизолирующим материалам», М.—Л., 1930, стр. 114—128; Флоренский П., Мантров М. и Будницкий Д., Электрическая крепость союзовных слюд, «Вестн. электротехники», 1931; Ферман А., Пегматы, т. 1, Л., 1931; Вернадский В., О цветности алюмосиликатов, «Доклады Академии наук СССР, 1932», А, 5, стр. 107—124; его же, Минералогия, ССП, 1912; Вальтер А. и Инге Л., Пробой твердых диэлектриков при низких температурах, «Журн. прикладной физики», 1928, т. 5, стр. 15; Брагин С., Вальтер А. и Семенов Н., Теория и практика пробы, М.—Л., 1929; Döbner C., Handbuch d. Mineralchemie, В. 2, Abt. 2, p. 376—379, 417—463, 675—736, Dresden—Lpz., 1917; Damer В. u. Tietze O., Die Nutzbaren Mineralien, В. 2, p. 346—383, 2 Aufl., Stg., 1928; Vernadsky V., Über den Kaolinkern d. Alumsilikate u. ihre Stellung in d. Erdrinde, «Die Naturwissenschaften in d. Sowiet Union», 1929; Bouly E., Le mica, ses propriétés diélectriques, P., 1896; Schmidt H. u. H. S., Mica Gisement, Exploitation et Emplois, Ottawa, 1914; Schmidt H. u. H. S., Mica, Its Occurrence, Exploitation a. Uses, 1914, Ottawa, 1912; Stoddard B., Mica in 1928, «Mineral Resources of the U. S.», 1926, Wash., 1927, Part 2, p. 255—274; Peckor D., De quelques matières premières nécessaires à l'industrie électrique, le mica, «Revue générale de l'électricité», P., 1919, p. 673, 701, 709, 735; Myers W., Mica, «The Mineral Industry During», 1926, p. 487—494; 1927, p. 461—467; Myers W., Mica, «Mineral Journal», 1927, v. 158, 4803, p. 765; 4804, p. 784—786; 4805, p. 804—805; v. 159, 4806, p. 823; 4807, p. 857—858; Rogers J., Mica, «Eng. a. Mineral Industry», 1927, 22 Jan., p. 138; 1928, v. 125, 3 (21), p. 84; Alley E., Zonolite, «Engineering a. Mining Journal Press», N. Y., 1925, 21 Nov., p. 819—820; «Engineering a. Mining Journal», 1926, 26 Sept., p. 508; Antisell T., Mica Mining a. Milling Methods, ibid., 1926, 4 Dec., p. 894—896; Hobson G., Mica a. Its International Relationships, «Bull. of Institution of Mining a. Metallurgy», L., 1927, 270, p. 1—36, 271, p. 15—34, 273, p. 31—33, 274, p. 7—9; Obrien J., The Splitting Strength of Mica, «Proceeding of the Royal Society», L., 1930, v. 127; Manguin Ch., L'étude des micas (non fluores) au moyen des rayons X, «CR», 1928, T. 186; Manguin Ch., ibid., 1927, T. 185, p. 288; Dannat C. a. Goodall, The Fermitivity a. Power Factor of Mica, «Journal of the Institution of Electrical Engineers», L., 1931, Apr., v. 69, p. 490—496; The Thermal Resistivity of Solid Dielectrics, ibid., 1930, Oct., v. 68, 406, p. 1311; Lewis A., Hall E. a. Caldwell E., Some Electrical Properties of Foreign a. Domestic Micas a. the Effect of Elevated Temperatures of Micas, «Bureau of Standards, Journal of Research», Wash., 1931, v. 7, 347; Wilson W., The Dielectric Strength of Certain Specimens of Mica, «ETZ», В. 26, p. 79; Poole H., On the Temperature Variation of the Electrical Conductivity of Mica, «Philosophical Magazine a. Journal of Science», L., 1917, 6 serie, 201, p. 195—204; Dannat C. a. Goodall S., «Journal of the Institution of Electrical Engineers», L., 1931, 5, 490—496; Schiller, Über des Verhalten von Dielektrika bei hoher Feldstärke, «Ztschr. f. techn. Phys., Lpz., 1925, p. 589; Schiller, Elektricitätsleitung in festen Dielektrika bei Feldstärke, «Arch. f. Elektrotechnik», 1927, В. 17, p. 600; Inge L. u. Walter A., Durchschlag von festen Dielektriken, ibid., 1928, В. 21, p. 267; Granier,

Les pertes d'énergie dans les diélectriques, «Bull. de la Soc. Française des électriciens», Paris, 1923, p. 111, 333; M a c L e o d, Power Loiss in Dielectrics Variation with Frequency, «Physical Review», N. Y., 1923, В. 21, p. 83; Böning P., «Ztschr. f. techn. Phys., Lpz., 1928, В. 9, 6, p. 212; P o n i n g P., Zur Theorie des elektrischen Durchschlags, «Arch. f. Elektrotechnik», В., 1927, В. 20, p. 58; 1928, 5/6, p. 503—506; M o h r H., Der Nutzglimmer, В., 1930 (имеется библиография); F r y d l e n d e r J., Le Mica, «La Revue des Produits chimiques et l'Activité Scientifique», P., 1930, 18, p. 849—854, 19, p. 584—586, 20, 616—619, 21, p. 654—655 (дается обзор патентов по обработке слюды); N o l l W., Hydrothermale Synthese des Moskwits, «Nachr. Wissensch. Göttingen», Mathem.-physik. Klasse, 1932, p. 122. П. Флоренский.

СМАЗКА, см. Смазывающие вещества.

СМАЗЫВАЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, вязкие вещества, помещаемые между трущимися поверхностями с целью уменьшения трения. В идее смазки. Смазка имеет целью устранение сухого трения и вызываемого им образования задигов и перегрева. Под «состоянием смазки» системы скользящих или катящихся друг относительно друга частей понимается такое их состояние, когда трение становится несухим. Физич. процесс, способствующий смазке, заключается в адсорбции С. в скользящими (или катящимися) частями. Адсорбционные слои скользящих тел являются слоями, между которыми в процессе движения тел, находящихся в состоянии смазки, происходит трение молекул. Слои смазки могут быть различных родов. По основным свойствам можно различить два вида смазки. Если между двумя граничными слоями находится б. или м. толстый слой смазки, то налицо характерное для гидродинамич. режима смазки распределение скоростей движущихся элементарных слоев по отношению к покоящимся граничным слоям. Это — состояние гидродинамической смазки. С точки зрения молекулярной физики это состояние характеризуется тем, что к беспорядочному термич. движению молекул присоединяется еще движение их в направлении вращения или скольжения системы, ведущее к обмену количеством движения между молекулами, что м. б. названо трением. Сила трения согласно закону Ньютона определяется соотношением:

$$R = \eta_T \cdot f \cdot \frac{du}{dh},$$

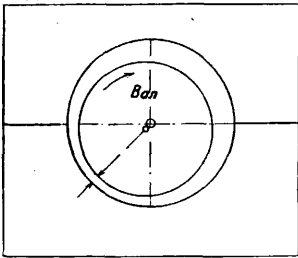
где R представляет собой силу, передаваемую частью, движущейся со скоростью u , неподвижной части, находящейся от нее на расстоянии h и имеющей поверхность соприкосновения f , и η_T — вязкость С. в. при темп-ре T . Величина η_T является единственной константой материала, определяющей силу трения. Если весь слой смазки состоит из двух крайних слоев, то имеет место случай статического трения или граничной смазки. Формально величина силы трения определяется по закону Амонтова-Кулона

$$R = \mu P,$$

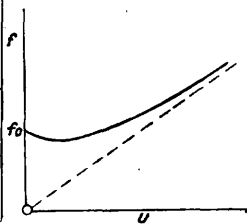
где μ — коэф. статич. трения, P — давление движущегося тела на неподвижную подставку. В противоположность беспорядочному свободному движению несвязанных молекул при гидродинамич. смазке при граничной смазке происходит скольжение неподвижно укрепленных молекул друг относительно друга, аналогично скольжению плоскостей кристалла (напр. металл. кристаллов) при пластич. деформации.

Гидродинамическая смазка. Теория гидродинамич. смазки разработана на основе экспериментальных данных Петрова, Рейнольдса, Зоммерфельда [1], а также Гюбеля [2]. При условии постоянной t^0 и вязкости С. в., а

также при гладких поверхностях для закрытого подшипника с вращающейся цапфой (фиг. 1) зависимость коэф-та трения f от окружной скорости u и вращения цапфы м. б. выражена в виде кривой (фиг. 2). При значении коэф-та трения f , т. е. при трении покоя, цапфа находится всего ближе к самой низкой образующей цилиндрич. поверхности вкладыша подшипника; при возрастающей скорости вращения цапфа все более удаляется от этой образующей. Толщина в наиболее узком месте получающегося при этом серпообразного в сечении просвета с возрастанием числа оборотов увеличивается и стремится к пределу, равному половине зазора подшипника, $\frac{1}{2}(D-d)$. С возрастающим вместе с числом оборотов градиентом скорости $\frac{du}{dh}$ в смазывающем слое возрастает также коэф. трения f . Наоборот, с увеличением от 0 просвета, заполняемого смазкой, коэф. трения должен уменьшаться, т. о. в конечном счете при $u \rightarrow \infty$, так же как и при $u \rightarrow 0$, f должно увеличиваться. Отсюда следует существование минимального значения f_{min} . Теоретически эта величина зависит только от размеров подшипника и должна отличаться от f_0 всего



Фиг. 1.



Фиг. 2.

на 6%, причем правая ветвь кривой фиг. 2 должна асимптотически приближаться к прямой, проходящей через начало координат, а цапфа должна смещаться по мере убывания скорости вращения перпендикулярно к направлению давления в сторону вращения.

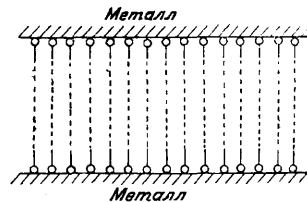
При экспериментальной проверке теории смазки необходимо производство следующих измерений: 1) коэф-та трения в зависимости от нагрузки подшипника и скорости вращения цапфы, 2) толщины смазывающего слоя, 3) смещения цапфы (эксцентриситета) как функции тех же переменных, 4) распределения давлений в смазывающем слое. Одними из наиболее серьезных исследований, относящихся к этой области, являются по п. 1 работы Штрибека, Лашэ, Била и в особенности Шнейдера, по п. 2—Фивега с сотрудниками, а также Шеринг-Фивега и Вольфа (по пп. 2 и 3), по пп. 3 и 4—Брандфорда и Грундера [3]. В общем можно сказать, что при проверке теоретических выводов была доказана в основном их правильность там, где удалось в достаточной степени удовлетворить всем сделанным предположениям. Поэтому в случае, когда наблюдались отклонения от теории, причину этого стремились найти в неудовлетворительном соблюдении необходимых условий. При более близком знакомстве с представлениями молекулярной физики, сделавшимися доступными для широких инженерных кругов, гл. образом благодаря работам Вуга [1], все сильнее стало распространяться стремление искать причину наблюдаемых отклонений в негидродинамич. молекулярно-физич. процессах. Особую роль стали придавать струк-

туре смазывающего слоя, ставя ее в связь с значительным глубинным воздействием металла. Этот взгляд долгое время поддерживался Вильсоном и Бернардом [2], выдвинувшими на основании своих работ предположение, что здесь имеет место засорение капилляров адсорбированным слоем, толщина которого предполагалась равной 0,1 м.м. Это положение, противоречившее всем исследованиям в области адсорбции, было непосредственно опровергнуто Бюлклай [6], а также измерениями вязкости, произведенными Киропулосом на движущемся подшипнике и показавшими, что в производственных условиях толщина адсорбционного слоя всегда меньше 8 м [7]. Точное совпадение с гидродинамической теорией (выведенной при условии постоянства η) было получено для умеренно вязких масел и для большой скорости вращения цапфы. Это м. б. объяснено тем, что эксцентриситет цапфы при этих условиях относительно невелик, и термич. состояние системы вполне определенное. Малый эксцентриситет при незначительной вязкости масла вызывает лишь небольшие местные отклонения вязкости (в силу зависимости вязкости от давления); небольшая вязкость кроме того ведет к лучшему выравниванию f . Правильное определение температуры является одним из главных затруднений при опытах с разного рода подшипниками. Возможность отклонения от теоретич. выводов наиболее реально объясняется зависимостью вязкости от давления. Это обстоятельство изучено гл. обр. в работе Гайде [8], Гарсея и Шоре [9], а также Кискальта [10]. Возможность некоторых дальнейших отклонений (точнее, невыполнение предположений теории) была обнаружена Киропулосом [12] на основании наблюдаемых отклонений при работе с вольтолевым маслом (Биль, Вольф, Торникрофт и Бортон) [11]. Понижения вязкости под влиянием градиента скорости $\frac{du}{dh}$ можно ожидать в том случае, когда молекулы С. в. очень несимметричны, особенно в случае палочкообразных молекул, когда они ориентированы в направлении тока. Измерения этой динамической вязкости были произведены Киропулосом [7] на машинах Прандтля вплоть до градиентов 55 000 ск.⁻¹. Большинство масел, для к-рых $\eta_{20} > 4$ CGS, показало снижение вязкости при ориентации в направлении тока. При высоких градиентах скорости снижение достигает 7—17%. Оно в общем растет с вязкостью, постоянно с градиентом скорости и имеет наибольшую величину для самых вязких вольтолевых смесей. Это снижение вязкости с ориентацией в направлении тока может способствовать отклонению от теории величины η , к-рая высчитывается как изотермич. константа. Дальнейшие опыты показывают, что во всех случаях до толщины смазывающего слоя в 0,15 м.м имеет место гидродинамич. смазка. Граничная смазка. Исчерпывающие исследования в области граничной смазки произведены Гарди [13] и его сотрудниками. Эти исследования относятся гл. обр. к изменению почти независимого от t^0 коэф-та статич. трения граничных слоев между двумя возможно лучше отполированными поверхностями, причем для различной смазки применялись разнообразные вещества. При этих опытах выяснилось, что явления пограничной смазки не имеют ничего общего с явлением, возникающим при трении шероховатых поверхностей.

В случае идеально гладких подшипников этот вид трения имеет место только в моменты пуска и остановки, т. е. тогда, когда получается сближение поверхностей трения до расстояния, сравнимого с размерами молекул. Этот процесс не м. б. рассматриваем с точки зрения механики непрерывного континуума, как это делается при гидродинамич. теории, т. е. здесь уже нет налицо жидкого состояния С. в. Процесс этот основан на определенной, в широких пределах не зависящей от t^2 , структуре адсорбированного на поверхности слоя, образующего как бы одно целое с самим телом. При этом молекулы С. в. присоединены определенным ориентированным и зависящим от их природы способом к данной поверхности (металл, стекло), причем преодоление избытка сил притяжения на свободных концах молекул и есть то, что измеряется обычно, как трение. Вопросы ориентации молекул изучались независимо от явлений граничной смазки Гарди, Гаркинсом, Лангмюиром, Марселеном и Дево, причем некоторые из выводов, полученные этими авторами, дали прочное обоснование теории граничной смазки. Так, Гарди нашел, что для ряда нормальных насыщенных парафиновых углеводородов C_nH_{2n+2} коэф. статического трения убывает пропорционально возрастанью мол. веса. Этот вывод, рассматриваемый как следствие ориентации молекул и глубинного влияния металла, совершенно понятен. Подобная же зависимость коэф.-та трения имеет место для соответствующих алкоholes и кислот. Для групп углеводородов и алкоholes жирных кислот коэф. трения имеет наименьшее значение для к-т и наибольшее для углеводородов, т. е. полярных соединений, сильнее насыщающих молекулярное поле металла. Практически это означает, что чем больше диэлектрическая постоянная С. в., тем сильнее насыщение и меньше трение и тем больше защита от истирания. Если С. в. представляет собой смесь жирной к-ты и нормального углеводорода (напр. додекан-каприловая к-та), то окончательное значение коэф.-та трения устанавливается лишь по прошествии б. или м. продолжительного промежутка времени, после чего он дает даже при самом малом содержании к-ты (ок. 0,7%) величину коэф.-та для чистой к-ты. Т. о. для образования первичной пленки требуется некоторое время, что означает, что молекулы к-ты переходят из беспорядочного жидкого состояния в организованное ориентированное состояние, прикрепляясь к металлу кислотным радикалом. В смесях, напр. в вышеуказанном случае, где полярные компоненты в силу их строения адсорбируются сильнее, время это обусловлено тем, что молекулы кислоты должны диффундировать из смеси к поверхности металла. Адсорбция заключается в этом случае в б. или м. полном насыщении поля притяжения поверхности. Это насыщение при одинаковых углеводородных цепях больше для сильно полярных к-т, так как иначе группа производных одного углеводорода должна была бы давать одинаковый коэф. трения. В этом явлении и заключается глубинное действие поверхности. Гарди удалось продемонстрировать это глубинное влияние еще нагляднее при помощи опыта с отрывом. Две оптически гладкие металлические пластины (Cu—Cu, Fe—Fe или Cu—Fe) связывались между собой поверхностями путем введения между ними расплавленных веществ, напр. пальмитиновой кислоты или эйкозана,

к-рые выкристаллизовывались в этом склеенном виде. Затем испытывалось сопротивление на отрыв этих пластин. При различных металлах сопротивление было приблизительно равно арифметич. среднему из сопротивлений при одинаковых металлах. Отрыв происходит всегда так. обр., что на поверхности металла остается первичная пленка (что устанавливалось измерением трения) и притом пленка оставалась именно на поверхности того металла, который давал меньшее сопротивление на отрыв при опыте только с этими металлами; отсюда можно сделать вывод о глубинном действии до этой границы со стороны противоположащего (и т. о. более отдаленного) металла.

Исследование ориентации адсорбционных слоев, производившееся Гарди путем измерения трения, было выполнено Трилла [1¹] с помощью лучей Рентгена. Мерой степени насыщения силового поля смазываемого металла С. в. служит теплота адсорбции последнего. Изучение теплот адсорбции и трения для различных смазочных масел при пограничной смазке, произведенное Бюхе [1⁵], показало, что маслянистость масел тем выше, чем больше теплота адсорбции. Большая адсорбируемость полярных составных частей масла была равным образом констатирована. Вопрос о том, какая именно составная часть смазочного масла имеет решающее значение для трения при пограничной смазке, исследовал



Фиг. 3.

Киропулос изучением адсорбции чистых минеральных масел силикагелем. Для неполярных или слабо полярных соединений при этом подтвердилось предположение о том, что адсорбцию определяет величина диэлектрич. постоянной, о чем было ранее указано Ильиным [1⁶] по другому поводу. Отсюда вытекает, что для наиболее важных практических чистых минеральных смазочных масел граничный слой при смазке, возможно, состоит из ориентированного слоя составных частей масла, обладающих наибольшей диэлектрической постоянной. Как велико число лежащих друг на друге молекулярных слоев, которые можно рассматривать как адсорбированные, пока опытами не выяснено. Так как сила притяжения молекул как к металлу, так и между собой убывает с удалением от металла, то можно ожидать существования зависимости толщины адсорбированного слоя от напряжения сдвига при смазке. Фиг. 3 изображает структуру смазывающего слоя, как она выявляется из упомянутых опытов.

Химическая природа С. в. Изучение химич. природы С. в. первоначально представляло интерес гл. обр. для исследования вторичных процессов, имеющих место при смазке (сопротивление окислению, эмульгируемость и т. п.). Однако по новейшим исследованиям чисто физич. явления при граничной смазке, а также ориентация в направлении тока зависят от химической природы и строения С. в. В связи с этим последнее представляет интерес и для прикладной техники смазки. Практически важную группу составляют животные и растительные масла, глицериды, соединения, содержащие гидроксил, в которых атомы водо-

рода замещены радикалами жирных к-т. Вторую группу образуют минеральные масла, состоящие из чистых углеводородов. С практич. точки зрения прежде всего важны масла с нафтеновым (или асфальтовым) и парафиновым основаниями. Типичными представителями первых являются тexasские масла и масла СССР, а вторых—пенсильванские масла. Исследованию их строения посвящены работы многих химиков, в особенности Мавери. Сходные результаты получены лишь в том отношении, что чисто химич. методами удалось обнаружить присутствие в маслах циклических соединений с гидрированным бензольным ядром нафтенов или полинафтенов и кроме того парафинов с 9 атомами углерода. Химич. природа углеводородных масел и содержание в них большого числа изомеров требуют принимать во внимание при изучении их строения всю совокупность существующих фактических физико-химических данных. Киропулос [17] показал для очень важной группы пенсильванских масел, что они состоят по всей вероятности из смесей изопарафинов. Этот взгляд был подтвержден тем же автором путем изучения избирательной адсорбции силикагелем, а также с помощью исследования рентгеновыми лучами продуктов их обугливания. Особо важными для изучения явления смазки являются данные из области молекулярной физики, а также определение химич. строения масел. Поэтому каждое научно поставленное изучение процесса смазки должно основываться также и на результатах изучения химического состава нефти.

Лит.: 1) Petrow N., Reynolds O., Sommerfeld A. u. Michel M., Abhandlungen über d. hydrodynamische Theorie d. Schmiermittelreibung, Ostwalds Klassiker, Lpz., 1927, 248; 2) Grümbel L. u. Eberling E., Reibung u. Schmierung im Maschinenbau, B., 1925; 3) Stribeek, «Z. d. VDI», 1902, B. 46, p. 344; Lasche, ibid., p. 1881; Biel, ibid., 1920, B. 64, p. 449, 483; Schneider, «Petroleum», B., 1930, B. 26; Bradford u. Grunder, «Lubrication», 1931, v. 17, p. 49; Vieweg, «Arch. f. Elektrotechn.», B., 1919, p. 364; Vieweg u. Wethauer, «Petroleum», Berlin, 1922, B. 18, p. 1405; Schering u. Vieweg, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1926, B. 39, p. 1119, 1601; Wolf, Über die Schmierschicht in Gleitlagern, «Forschungsarbeit», 1928, 308; 4) Woog, Contribution l'étude du graissage, P., 1926; 5) Wilson u. Bernard, «I. Eng. Ch.», 1922, v. 14, p. 682; 6) Balkley, «Bureau of Stand. Res.», 1931, v. 6 (1), p. 89; 7) Куропулос, Forschung, «Z. d. VDI», 1932; 8) Hyde, «Proceedings of the Royal Society», Serie (A), 1930, v. 97, p. 240; 9) Hersey u. Shore, «Transactions of the Soc. of Mech. Engin.», 1927, 36; 10) Kieseckalt S., Untersuchungen über den Einfluss des Druckes u. s. w., 1927, 291; 11) Thornicroft u. Barton, «Aircraft Engin.», 1930, v. 2, p. 36; 12) Куропулос, «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1928, B. 29, p. 242, 1928; «Ztschr. f. techn. Physik», B., 1929, B. 10, p. 2, 46; «Z. d. VDI», 1930, B. 74, p. 1551; 13) Hardy, «Proceedings of the Royal Society», 1913, (A), v. 86, p. 610, v. 88, p. 303 и след. годы; общий обзор в ст. Alexander J., Colloid Chemistry Theoretical and Applied, v. 1, N. Y., 1926; 14) Trillat, «CR», 1925, t. 180, p. 1485; 1926, t. 182, p. 843; 1928, t. 187, p. 1628; «Ztschr. f. Physik», Brschw.—B., 1931, v. 67, p. 572; 15) Büche, «Petroleum», Berlin, 1931, B. 27, p. 587; 16) Iijin, «Ztschr. f. Physik», Brschw.—B., 1925, B. 33, p. 435; 17) Куропулос, «Ztschr. f. physikalische Chemie», Leipzig, 1929, B. 144, p. 22; 1931, B. 154, p. 358. С. Киропулос.

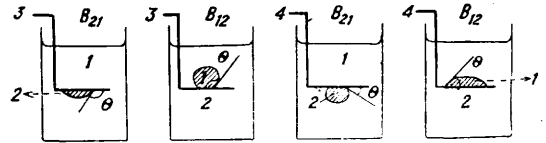
СМАЗЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, см. Смазывающие вещества.

СМАЧИВАНИЕ, явление, наблюдаемое на границе соприкосновения трех фаз, одна из которых является обычно твердым телом (фаза 3), а две другие—жидкостями или жидкостью и газом (фазы 1 и 2, напр. вода и бензол или вода и воздух). Поверхность раздела фаз 1 и 2, т. е. жидкая поверхность раздела, пересекает твердую поверхность по нек-рой линии, назы-

ваемой периметром С, образуя угол θ , называемый краевым углом, или углом С. (фиг. 1, где изображены различные случаи С. при нанесении капли одной из жидкостей на поверхность твердого тела, помещенного в другую жидкость, 1—вода, 2—керосин, 3—твердое тело). Краевой угол удобно считать всегда направленным в водную фазу. За меру С. тогда следует принять величину [2] $B = \cos \theta$, связанную с тремя поверхностными натяжениями σ_{12} , σ_{13} и σ_{23} на трех соприкасающихся по периметру С. поверхностях раздела [1]:

$$B = \cos \theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{12}}{\sigma_{13}}. \quad (1)$$

Это условие получается из рассмотрения равновесия трех сил, приложенных к 1 см периметра и лежащих перпендикулярно к нему в плоскости касательной к соответствующим поверхностям раздела (см. Поверхностное натяжение, Капиллярные явления). Возможны два случая С.: при $0 < B < +1$ твердое тело лучше смачивается жидкостью (1), чем (2), т. е. в случае избирательного С. лучше водой, чем углеводородом (бензолом). Такие твердые поверхности называются гидрофильными [2]. Для них $\sigma_{23} > \sigma_{13}$. Когда же $-1 < B < 0$, твердое тело лучше смачивается углеводородной жидко-



Фиг. 1.

стью, чем водой, и потому называется гидрофобным. Для него $\sigma_{13} > \sigma_{23}$. Кроме рассмотренного явления С. в собственном смысле слова (его можно назвать С. при растекании) можно различать еще С. при прилипании и С. при погружении. Прилипание поверхности жидкости к твердой поверхности играет особую роль в процессах склеивания. С. же при растекании имеет большое технич. значение при лакировании (и вообще покрытии жидкими пленками), в мощном действии, при защите растений покрываем их листья растворами инсектоfungисидов и т. д. С. при погружении называется явление, наблюдаемое при погружении твердого тела, раньше находившегося в воздухе, в какую-либо жидкость (или, вообще говоря, при погружении тела (3) в одну из двух жидкостей, (1) или (2), если раньше оно находилось целиком в другой жидкости). Этот случай представляет особый интерес, когда твердое тело является порошком, т. е. когда поверхность S соприкосновения его с жидкостью весьма велика. Полное изменение энергии E при С. погружением, выделяющейся в виде тепла, называется теплотой С.

$$q_{23} = -(E_{23} - E_3) S; \quad q_{13} = -(E_{13} - E_3) S.$$

Обычно, когда теплоты С. измеряются при погружении порошка из сухого воздуха (2) в жидкость (1), $E_{23} < E_3$, $q_{23} > 0$, так как при С. поверхностная энергия порошка E_3 понижается до E_{23} за счет заполнения некомпенсированных сфер действия поверхностных молекул твердого тела. При этом для гидрофильных порошков, у которых поверхностная энергия на границе с водой меньше, чем на границе с неполярной углеводородной жидкостью ($B > 0$), теплота С. водою q_{13} получается значительно большей теплоты С. бензолом или гептаном

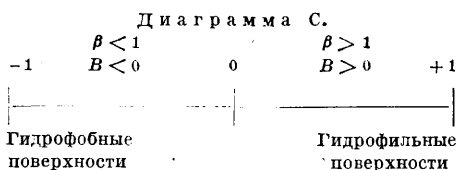
(бензином) q_{23} . Отношение $\frac{q_{13}}{q_{23}} = \beta \geq 1$ называется термической характеристикой С.; $\beta > 1$ для гидрофильных тел; для гидрофобных же тел наблюдается обратное: $q_{23} > q_{13}$ и $\beta < 1$. Для тех и других порошков наибольшие теплоты смачивания получаются при погружении в жидкости промежуточной полярности (см.) вследствие того, что в этих случаях разность полярностей «порошок — жидкость» будет наименьшая.

Табл. 1.—Теплоты смачивания q в cal/g [2].

Порошок	Порошок+ вода (q_{13})	Порошок+ углеводород (q_{23})	β
Двуокись кремния (SiO_2 из силикагеля).	11,1	6,1	1,8
Уголь из сахара, обеззоленный по Дубинину *	11,2	30,0	0,37

* Тот же уголь + *i*-амиловый спирт: $q = 38,1$; тот же уголь + *n*-масляная к-та: $q = 43,9$.

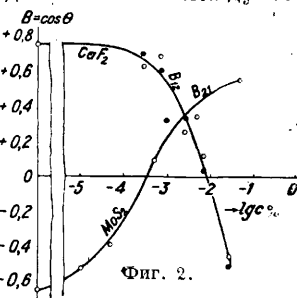
Классифицируя все твердые тела по значениям избирательного С. можно представить свойства поверхностей твердого тела точкой в диаграмме смачивания.



Все гидрофильные тела попадут при этом в правую часть диаграммы (таковы — слюда, кварц и другие окисленные минералы), гидрофобные же — в левую часть (талк, молибденит, графит). Металлы займут промежуточное положение, в значительной степени связанное с электррическим состоянием и окисленностью их поверхности. Из (1) видно, что твердое тело имеет наименьшую разность полярностей, т. е. наименьшее различие в интенсивности межмолекулярных сил на границе с той жидкостью, к-рая лучше его смачивает (для гидрофильных тел — с водой, для гидрофобных — с неполярными углеводородами). В связи с этим на границе с жидкостью, лучше смачивающей (избирательно) данное твердое тело, молекулярные силы, действующие на частицы пограничного слоя, наиболее полно компенсированы, что соответствует наименьшему избытку свободной энергии этого слоя. Избирательное С. есть процесс, связанный при $t = \text{const}$ с уменьшением свободной энергии системы из участвующих в нем трех фаз. Растворимость твердого тела также больше в той фазе, которой оно лучше смачивается: гидрофильные тела лучше растворимы (истинно или коллоидно), т. е. лучше пептизируются, в воде, чем в углеводородной среде. Таковы гетерополярные кристаллы солей, гидрофильные коллоиды (желатина). Обратное явление наблюдается для гидрофобных тел — гомеополярных кристаллов типа твердых углеводородов — парафин, олеофильные коллоиды (каучук).

С. растекаем возникает во всех случаях, когда образуется линия на границе соприкосновения трех фаз (1, 2, 3) — периметр С., т. е. когда поверхность раздела «жидкость (1) —

жидкость (2)» или «жидкость — газ» приходит в соприкосновение с поверхностью твердого тела (3), пересекая ее. При этом свободная поверхностная энергия σ_{12} на жидкой поверхности раздела не вызвала никаких односторонне-направленных сил до тех пор, пока поверхность (1, 2) была замкнутой. При образовании же периметра С., ограничивающего свободную поверхность (1, 2), σ_{21} дает направленную силу, действующую по периметру нормально к нему и в плоскости, касательной к (1, 2). Величина проекции этой «силы С.» на плоскость, касательную к твердой поверхности в данной точке периметра С., дается соотношением: $f = \sigma_{12} \cdot \cos \theta = \sigma_{12} B$ (в дин/см длины периметра). Эта сила f м. б. названа флотационной силой и играет большую роль в осуществлении процессов флотации (см.) полезных ископаемых, основанных на их селективном несмачивании и имеющих громадные технич. значение (см. *Капиллярные явления*). Величина С. весьма чувствительно зависит от образования адсорбционных слоев на смачиваемой твердой поверхности, т. е. от концентрации поверхностно-активных веществ в окружающей среде. Эта зависимость имеет большое технич. значение, т. к. количественно определяет действие смачивателей, т. е. поверхностно-активных веществ (контáкто), улучшающих смачиваемость данной (гидрофобной) поверхности водной средой при крашении, а также и обратное действие флотационных реагентов — понижение или задержку ими С. твердой поверхности водной средой. Механизм таких влияний состоит в следующем: если твердое тело первоначально не смачивается водой, т. е. лучше смачивается какой-либо углеводородной жидкостью, например керосином, бензолом в присутствии воды, т. е. является гидрофобным, то при адсорбции к твердому телу повораиваются неполярные углеводородные части адсорбирующихся молекул, а их полярные группы (карбоксилы, гидроксилы) ориентируются вглубь водной среды, имея к ней большее средство и покрывая всю поверхность как бы гидратированной пленкой, создающей постепенный переход — «мостик» — между обеими фазами, т. е. улучшающей смачивание водной средой. Те же самые поверхностно-активные вещества, адсорбируясь на гидрофильной поверхности, т. е. на поверхности твердого тела, первоначально смачиваемого водой, вызывают ее несмачивание (фиг. 2). Такие твердые тела имеют обычно высокополярную структуру — межмолекулярные силы их весьма значительны; они представляют собой обычно гетерополярные кристаллы, решетка которых построена из разноименных ионов (таково большинство минералов). При адсорбции на их поверхности полярных молекул полярные группы последних повораиваются к минералу, а углеводородные части, обращаясь наружу, покрывают минерал, несмачиваемый водой, пленкой, представляющей собою как бы тончайший слой парафина. Образованием подобных же адсорбционных слоев, но полярными группами



Фиг. 2.

наружу обусловлены между прочим и моющие свойства поверхностно-активных веществ—смачивателей, которые, адсорбируясь на жирной поверхности или на поверхности твердых частиц «загрязнения», улучшают их смачивание водной средой, в то же время пенитизируя их, т. е. препятствуя их прилипанию друг к другу и к твердым поверхностям.

Влияние адсорбционных слоев на С. и гистерезис С. При образовании периметра С. краевой угол θ , вообще говоря, не соответствует равновесному условию, выражаемому основным уравнением

$$\sigma_{12} \cos \theta_i = \sigma_{23} - \sigma_{13},$$

но зависит от времени существования периметра, гладкости твердой поверхности, порядка С., концентрации поверхностно-активных веществ в окружающей среде и t° . Такие задержки в достижении равновесных значений С., обусловленные своеобразным трением при перемещении периметра С. по твердой поверхности, носят общее название гистерезиса С. и имеют основное значение во всех процессах С. и их применений. Только для жидких границ раздела «жидкость (1)—жидкость (2)—газ или жидкость (3)» гистерезис С. обычно $= 0$ [1]. В виду предельной подвижности периметра. Для квази-равновесных случаев избирательного С. на границе твердое тело $\left| \begin{array}{c} \text{углеводород} \\ \text{вода} \end{array} \right.$ особенно удобно изучать явления гистерезиса краевого угла в присутствии адсорбционных слоев на твердой поверхности, измеряя величину, названную нами «статическим гистерезисом смачивания» и даваемую разностью двух значений С. ($B_{21} - B_{12}$), получаемых при различном порядке С. твердой поверхности жидкостями (1) и (2). B_{21} измеряется при погружении твердого тела в жидкость (1) и при нанесении затем на его поверхность капли жидкости (2). При обратном порядке С. (B_{12}) тело (3) сначала погружается в жидкую среду (2) и затем на его поверхность наносится капля жидкости (1). Рассмотрим изменения С. В с концентрацией поверхностно-активного вещества, адсорбирующегося на твердой поверхности (3), т. е. характера т. н. изотерм избирательного С., и процессы, приводящие к статич. гистерезису, отдельно для случаев гидрофильных и гидрофобных поверхностей.

1. Гидрофильные поверхности, $B_0 > 0$. В отсутствии поверхностно-активного вещества (при $c=0$) всегда имеем

$$B_{12} < B_{21} \text{ и } (B_{12} < B_i \leq B_{21})_{c=0}, \\ (B_{21} - B_{12})_{c=0} \geq 0.$$

Действительно, в случае (1, 2) (фиг. 1) расплыванию капли воды отвечает уменьшение краевого угла θ_{12} , т. е. увеличение С.: $B_{12} = \cos \theta_{12}$. Это расплывание капли происходит, вообще говоря, не вполне до равновесного значения B_i , так как этому препятствуют силы трения, действующие по периметру, и задержки вследствие неровностей и трещин на неидеально гладкой твердой поверхности. В случае же (2, 1) расплыванию капли углеводородной жидкости отвечало бы увеличение угла θ_{21} , т. е. уменьшение $B_{21} = \cos \theta_{21}$.

При введении в систему поверхностно-активного реагента, равномерно распределенного между обоими жидкими фазами (1) и (2), он адсорбируется гидрофильной твердой поверхностью преимущественно из неполярной углеводородной среды,

причем полярные группы в достаточно насыщенном адсорбционном слое ориентируются к твердому телу, а углеводородные части молекул поворащаются во внешнюю среду, вызывая уменьшение С. водой, т. е. создание на поверхности твердой поверхности—покрытие ее как бы тонкой парафиновой пленкой. В случае, обозначаемом нами (2, 1), когда твердая поверхность (3) предвзительно погружена в водную среду, адсорбционный слой полярных молекул формируется на твердом теле лишь в весьма слабой степени с неясной, неполной ориентацией. При поднесении затем снизу капли углеводородной жидкости на поверхности раздела этой капли с водной средой (2/1) ориентация адсорбированных молекул реагента (могущего играть при этом роль стабилизатора—эмульгатора) та же, что и на образующейся поверхности (2/3) контакта капли углеводорода с твердым телом (минералом). Капля (2) будет поэтому несколько расплываться по твердой поверхности (3) почти вплоть до равновесного значения B_i , все же немного не достигая его из-за наличия трения и задержек по периметру (гистерезиса). Все же мы будем иметь $B_{21} > B_i$, хотя разность $B_{21} - B_i = b_{21}$, измеряющая задержку в достижении равновесного значения B_i , и будет невелика. Иное будет происходить в случае B_{12} при предвзительно погружении поверхности минерала (3) в неполярную углеводородную среду (2). При этом твердая поверхность еще до касания на нее сверху капли водной жидкости (1) оказывается покрытой адсорбционным слоем, сформировавшимся на ней в оптимально благоприятных условиях. Поэтому растекание капли (1) по адсорбционному слою должно встретить здесь особенные препятствия и остановиться, значительно не достигнув равновесного значения B_i , что усугубляется также обратной ориентацией адсорбированных молекул на границе капля—среда (1, 2) по сравнению с твердой поверхностью (1, 3). Разность

$$b_{12} = B_i - B_{12} > 0,$$

измеряющая в этом случае гистерезис, оказывается действительно весьма значительной. При увеличении концентрации с поверхностно-активного реагента по мере насыщения адсорбционного слоя, как мы уже видели, обе смачиваемости B_{21} и B_{12} всегда убывают, переходя в точке инверсии С. $c = c_i$ через значение $B = 0$, т. е. изменяя знак. Однако понятно, что инверсия для B_{12} наступает у гидрофильных поверхностей раньше (при c_i'), чем для B_{21} (при c_i):

$$c_i' < c_i.$$

Разность

$$B_{21} - B_{12} = b_{21} + b_{12},$$

являющаяся всегда положительной величиной и называемая нами статическим гистерезисом С., с возрастанием концентрации С. растет, достигая наибольшего предельного значения при полном насыщении адсорбционного слоя. Величины b , измеряющие степень недостижимости равновесных значений, дают меру своеобразного статич. трения по периметру при растекании капли. Это трение наибольшее при растекании по адсорбционному слою в условиях B_{12} .

Статический гистерезис дает в наших опытах вполне воспроизводимые значения ($B_{21} - B_{12}$), заметно не изменяющиеся со временем; однако несомненно, что с течением времени в резуль-

тате весьма медленной кинетики расплывания капли могли бы наступить значения, более близкие к равновесным. При равновесии капли в отсутствии трения по периметру (когда гистерезис=0)

$$\sigma_{23} = \sigma_{13} + \sigma_{12} \cos \theta.$$

Когда же достигнуто «равновесие» растекающейся капли при наличии трения

$$\sigma_{23} = \sigma_{13} + \sigma_{12} \cos \theta_{12} + A_{12}$$

и

$$\sigma_{23} = \sigma_{13} + \sigma_{12} \cos \theta_{21} + A_{21};$$

здесь A_{12} , A_{21} —силы статич. трения по периметру (в дин/см), причем $A_{12} = b_{12}\sigma_{12}$ и $A_{21} = b_{21}\sigma_{12}$. Когда растекающаяся капля еще не достигла состояния «равновесия», сила F , вызывающая дальнейшее растекание капли, дается ур-нем

$$F_{12} = (\sigma_{23} - \sigma_{13}) - \sigma_{12} \cos \theta_{12}$$

и

$$F_{21} = (\sigma_{23} - \sigma_{13}) - \sigma_{12} \cos \theta_{21},$$

в к-ром σ_{13} и σ_{23} постоянны в процессе растекания и только $\cos \theta_{12}$ ($\cos \theta_{21}$) величина переменная. θ уменьшается, а $\cos \theta$ увеличивается, и следовательно при растекании капли сила F непрерывно убывает, и растекание может происходить лишь до тех пор, пока F еще остается больше, чем сила трения, т. е. пока $F > A$. При значении же $\theta'_{12} = \theta_{12}$, определяемом условиями $F_{12} = A_{12}$ и $F_{21} = A_{21}$, растекание прекращается (сила, его вызывающая, уравновешивается по периметру статич. трением), и так. обр. B_{12} и B_{21} отвечают квази-равновесным условиям. В отсутствии адсорбционных слоев и на достаточно гладких (напр. на жидких) поверхностях мы имеем $A=0$ и значение C соответствует термодинамич. равновесию

$$A_{12} = A_{21} = 0, F = 0, B_{12} = B_{21} = B_i = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}.$$

На недостаточно гладкой поверхности $A > 0$. При образовании адсорбционного слоя A всегда растёт с концентрацией поверхности - активного реагента, стремясь к максимальному предельному значению при насыщении слоя. Углы, соответствующие останков растекания вследствие трения по периметру капли в условиях (1, 2) и (2, 1), т. е. квази-равновесные гистерезисные углы θ_{12} и θ_{21} , непосредственно измеряются в наших опытах, но так как σ_{23} и σ_{13} остаются, вообще говоря, неизвестными, то вычислить можно не A_{12} и A_{21} в отдельности, а лишь их сумму (фиг. 3):

$$\frac{A_{12} + A_{21}}{\sigma_{12}} = B_{21} - B_{12}.$$

II. Гидрофобные поверхности ($B_0 < 0$). В отсутствии поверхностно-активного реагента (при $c=0$)

$$B_{12} \ll B_i < B_{21}.$$

При введении поверхностно-активного вещества молекулы его адсорбируются на гидрофобной поверхности (3) преимущественно из водной среды (полярной) (1), соответственно большей

разности полярностей $\sigma_{12} > \sigma_{23}$, причем ориентация в адсорбционном слое, приближающемся к насыщению, отвечает поворачиванию полярных групп во внешнюю среду. Поэтому избирательное С. гидрофобной поверхности всегда растёт при насыщении адсорбционного слоя при переходе через 0 в точке инверсии, меняя знак от (-) к (+).

Гистерезис значительно больше для B_{21} , так как растекание капли против уже образовавшегося адсорбционного слоя сильно затруднено. Возрастание B с концентрацией и наступление точки инверсии оказываются значительно резче выраженными в том случае, если гидрофобная поверхность (3) предварительно «подготовлена» к погружениям в водную среду, т. е. образованию на ней адсорбционного слоя при наиболее благоприятных условиях

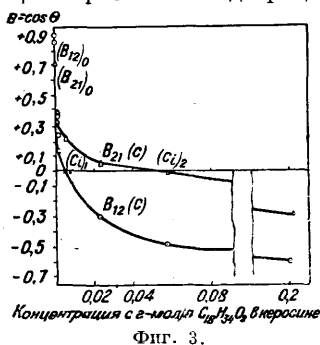
$$B_{12} - B_{21} > 0.$$

Изотермы. Кривые, дающие зависимость смачиваемости от концентрации $B = f(c)$ (фиг. 2, 3, 4), мы называем изотермами и зотермами С. Исследовав их в разнообразных случаях, мы можем вкратце сформулировать полученные результаты относительно вида этих кривых след. обр.

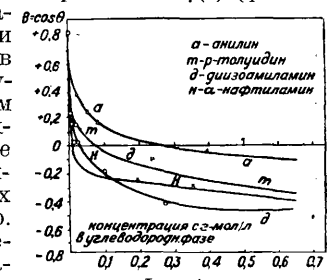
1. Как мы видели выше, избирательное С. убывает с c , если при $c=0$ оно положительно ($B_0 > 0$), и возрастает с c при $B_0 < 0$, т. е.:

$$B_0 \left(\frac{\partial B}{\partial c} \right)_0 < 0.$$

2. Все изотермы м. б. разделены на два типа: 1) изотермы, дающие инверсию С., т. е. переходящие через $B=0$ при конечной концентрации реагента—имеющие точку инверсии $c = c_i$ ($0 < c_i < \infty$), в к-рой В переходит через $B=0$. Когда при $0 < c < c_i$, $B_0 > B > 0$, а при $c > c_i$, $B < 0$, мы имеем типичные флотореагенты; в обратном же случае, когда при $0 < c < c_i$, $B < 0$, а при $c > c_i$, $B > 0$, реагент играет роль смачивателя. К этому типу изотерм относятся: а) все изотермы избирательного С. на границе твердое тело | водная среда для случаев $B_{12} = f_{12}(c)$ и $B_{21} = f_{21}(c)$; б) изотермы смачиваемости для абсолютно гидрофобных твердых тел типа парафина, т. е. изотермы для границы твердое тело | воздух, когда $B_0 < 0$ (в равновесии)—для обоих случаев B_{12} и B_{21} , и в) изотермы С. типа $B_{12} = f_{12}(c)$ (при $B_0 > 0$) для обычно гидрофильных твердых тел (минералов) на границе твердое тело | водный раствор при нанесении на их поверхность капли водного раствора поверхностно-активного реагента, полярные группы ориентирующихся молекул к-рого химически реагируют с поверхностным слоем тела, или при предварительной обработке твердой поверхности водными растворами такого реагента в различных концентрациях и последующем нанесении капли соответствующего раствора или чистой воды. Все указанные виды изотерм дают точку инверсии, причем в последнем случае при образовании адсорбционно-химич. соединений на твердой поверхности



Фиг. 3.



Фиг. 4.

c_i лежит в области весьма малых концентраций (порядка $0,001 \div 0,01\%$ даже для не очень высоких гомологов). 2) Изотермы, не дающие точки инверсии. Эти изотермы лежат целиком в области положительной смачиваемости $B_0 > B > 0$. Сюда относятся изотермы вида $B_{21} = f_{21}(c)$ для границы твердое тело | воздух и изотермы вида $B_{12} = f_{12}(c)$ для того же случая, когда поверхность-активный реагент не реагирует химически с поверхностью минерала. Предельное значение смачиваемости, достигаемое при этом $\lim_{c \rightarrow \infty} B = B_1$, $B_1 > 0$, и в частном случае мы можем иметь $B_1 = 0$; тогда надо считать, что $c_i = \infty$ — точка инверсии отдалена на ∞ .

3. Довольно резко изменяясь с концентрацией в начале кривой (при малых c), когда адсорбционный слой еще далек от насыщения, изотермы S вполне аналогично адсорбционным изотермам становятся пологими при насыщении адсорбционного слоя, определяющего условия S , и при полном насыщении (при предельно полной ориентации молекул реагента) достигают предельного значения $B_1 = \lim_{c \rightarrow \infty} B$; как мы

видели выше, для изотерм первого типа, с точкой инверсии $B_0 \cdot B_1 < 0$, B_1 и B_0 имеют разные знаки, для изотерм же второго типа B_1 , как и B_0 , больше 0.

4. В области ненасыщенных адсорбционных слоев при малых c кривые $B = f(c)$ обычно не имеют точки перегиба и в этом простейшем и наиболее часто встречающемся случае сохраняют, как и изотермы адсорбции, постоянный знак кривизны на всем протяжении. При этом, если $B_0 > 0$, $\frac{\partial B}{\partial c} < 0$, $\frac{\partial}{\partial c} \left(-\frac{\partial B}{\partial c} \right) < 0$, т. е. $\frac{\partial^2 B}{\partial c^2} > 0$, а когда $B_0 < 0$, $\frac{\partial B}{\partial c} > 0$ и $\frac{\partial^2 B}{\partial c^2} < 0$, т. е. вторая производная $\frac{\partial^2 B}{\partial c^2}$ сохраняет вдоль всей кривой тот же знак, что и B_0 . При этом максимальное абсолютное значение флотационной активности

$\left| \frac{\partial B}{\partial c} \right|$ отвечает началу кривой, т. е. $\left| \frac{\partial B}{\partial c} \right| = \max$.

5. Точки инверсии обычно для достаточно флотационных реагентов лежат в области резкого, почти линейного хода кривых $B(c)$ вдалеке от насыщения адсорбционных слоев, и потому $\frac{1}{c_i} = a$ можно принять за меру флотационной, или коллекторной, активности или смачивающего действия реагента, т. к.:

$$\frac{B_0 - 0}{c_i - 0} = \frac{B_0}{c_i} \cong - \left(\frac{\partial B}{\partial c} \right)_0; \quad - \frac{1}{B_0} \left(\frac{\partial B}{\partial c} \right)_0 \cong a.$$

Флотационность a , или $-\left(\frac{\partial B}{\partial c} \frac{1}{B} \right)_0$, для поверхность-активных веществ, химически не реагирующих в адсорбционном слое (неспецифичных для данного минерала), пропорциональна их поверхностной активности $G_0 = -\left(\frac{\partial \delta}{\partial c} \right)_0$ на какой-либо нейтральной поверхности раздела, напр. поверхности «водный раствор | воздух», или следовательно обратно пропорциональна растворимости реагента в воде. Эти закономерности особенно хорошо оправдываются для членов одного и того же гомологич. ряда: из этого следует, что с удлинением нормальной углеводородной цепи молекулы (в гомологич. ряду) на 1 звено— CH_2 —флотационность должна возрастать в 3—3,5 раза, как и поверхностная активность, согласно правилу

Траубе. Для нахождения зависимости B от c , т. е. ур-ия кривой $B = f(c)$, следует установить связь между смачиваемостью и величинами, характеризующими состояние поверхностных слоев: σ —поверхностным натяжением или Γ —адсорбцией. Каждой данной степени покрытия поверхности адсорбированными молекулами поверхность-активного реагента, т. е. каждой данной средней ориентации этих молекул, отвечает свое значение B , причем изменение B сравнительно с начальным значением B_0 для чистой поверхности можно считать пропорциональным степени адсорбционного покрытия поверхности:

$$B = B_0 \mp k \cdot \frac{\Gamma}{\Gamma_\infty}; \quad (2)$$

здесь k —коэф. пропорциональности, а $\frac{\Gamma}{\Gamma_\infty} = x$ —относительное покрытие поверхности, изменяющееся от $x = 0$ ($\Gamma = 0$) при $c = 0$ ($B = B_0$) до $x = 1$ ($\Gamma = \Gamma_\infty$ —пределу адсорбции) при $c \rightarrow \infty$ ($B = B_0 \mp k = B_1$). Подставляя в (2) для $\frac{\Gamma}{\Gamma_\infty} = x$ значение из уравнения изотермы адсорбции Лангмуира

$$\frac{\Gamma}{\Gamma_\infty} = x = \frac{c}{c+a}, \quad (3)$$

находим:

$$B = B_0 \mp k \frac{c}{c+a}$$

или, т. к. из предельного условия при $x = 1$ и $k = B_0 \mp B_1$,

$$B = B_0 \mp (B_0 - B_1) \frac{c}{c+a}, \quad (4)$$

адсорбционную активность $\frac{1}{a} = a$ в ур-ии (4)

можно заменить через флотационность $a' = \frac{1}{c_i}$ или через концентрацию c_i в точке инверсии, воспользовавшись условием: при $c = c_i$ $B = 0$, т. е.

$$B_0 - (B_0 - B_1) \frac{c_i}{c_i + a} = 0.$$

Отсюда

$$a = -\frac{B_1}{B_0} c_i.$$

Это соотношение связывает адсорбционную активность $\frac{1}{a} = a$ по уравнению (3)

$$\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial c} \right)_0 = \frac{\Gamma_\infty}{a} = \Gamma_\infty a$$

или

$$a = \frac{1}{\Gamma_\infty} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial c} \right)_0 = \left(\frac{\partial x}{\partial c} \right)_0$$

с флотационной активностью или смачивающим действием $a' = -\frac{1}{B_0} \left(\frac{\partial B}{\partial c} \right)_0$, показывая, что эти величины пропорциональны друг другу

$$a = -\frac{B_0}{B_1} a';$$

a и a' имеют размерность, обратную концентрации $[c]^{-1}$, т. е. размерность разведения $V = \frac{1}{c}$, и выражаются в л/моль. Окончательно ур-ие изотермы S принимает следующую форму:

$$B = B_0 - (B_0 - B_1) \frac{c}{c - \frac{B_1}{B_0} c_i} \quad (5)$$

или

$$\frac{B_0 - B}{B_0} = \frac{B_0 - B_1}{B_0 c - B_1 c_i} c.$$

Это ур-ие не содержит ни одной произвольной постоянной: по экспериментально найденным

B_0 , c_i и B_1 можно вычислить с помощью (5) B для любой c , т. е. построить теоретическую изотерму. Табл. 2 и 3 показывают, что уравнение (4)

Табл. 2. — Малахит—водный раствор геттиловой к-ты—воздух. $B_0 = +0,955$, $B_1 = -0,70$, $c_i = 0,0018\%$ ($B = 0$).

c , моль/л	B_2 (экспер.)	B_2 (вычисл.)	Отклонение $B_2 - B_2$
8·10 ⁻⁵	+0,90	+0,870	+0,03
16·10 ⁻⁵	+0,80	+0,793	+0,01
4·10 ⁻⁴	+0,61	+0,601	+0,01
9,6·10 ⁻⁴	+0,35	+0,302	+0,05
1,61·10 ⁻³	+0,10	+0,085	+0,01
4·10 ⁻³	-0,29	-0,255	-0,03
1·10 ⁻²	-0,49	-0,488	-0,00
1,6·10 ⁻²	-0,61	-0,561	-0,05

Табл. 3. — Кальцит—вода—бензолыный раствор окисленного парафина. $B_0 = +0,940$, $B_1 = -0,90$, $c_i = 0,0122\%$ ($B = 0$).

c , %	B_2 (экспер.)	B_2 (вычисл.)	Отклонение $B_2 - B_2$
3,22·10 ⁻³	+0,595	+0,543	+0,05
5,47·10 ⁻³	+0,395	+0,353	+0,04
6,43·10 ⁻³	+0,310	+0,287	+0,02
9,65·10 ⁻³	+0,120	+0,108	+0,01
1,61·10 ⁻²	-0,155	-0,127	-0,03
1,93·10 ⁻²	-0,275	-0,210	-0,07
3,22·10 ⁻²	-0,565	-0,411	-0,15
6,43·10 ⁻²	-0,735	-0,617	-0,12
9,65·10 ⁻²	-0,770	-0,701	-0,07
1,61·10 ⁻¹	-0,720	-0,777	+0,06
1,61	-0,370	-0,887	+0,02

или (5) действительно хорошо подтверждается нашими измерениями в самых разнообразных случаях.

Лит.: 1) Наумов В., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; 2) Таубман А., Лабораторные работы по физико-химии коллоидов и теории флотации. М.—Л., 1932; 3) его же, «Журнал физ. химии», М., 1930, т. 1, 4/5; 4) Ребиндер П. и Краюшкينا Л., «Журн. прикл. физ.», М., 1929, т. 6, стр. 153; 5) Fuchs N., «Koll. Ztschr.», В. 52, р. 262, Dresden, 1930.—Ребиндер П., «Журн. физ. химии», М., 1930, т. 1, 4/5; Ипед М. и Римская М., «Цветные металлы», М., 1931; их же, «Журнал физ. химии», М., 1930, т. 1, 4/5; Липец М., Ребиндер П. и Римская М., там же, М., 1931; Dupré, Théorie mécanique de la chaleur, P., 1869, p. 393; Freundlich H., Kapillarchemie, В. 1, 4 Aufl., Lpz., 1932; Hoffmann, «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1913, В. 83, p. 393; Keinders, «Ann. der Physik», Lpz., 1888, В. 35, p. 561; «Koll. Ztschr.», Dresden, 1913, В. 13, p. 235; Dallwitz-Wegner, «Koll. Ztschr.», Dresden, 1926, В. 38, p. 193; Bierbrauer C., «Ztschr. f. techn. Phys.», Lpz., 1929, В. 10, p. 439; Adam N., Physics and Chemistry of Surfaces, p. 167, Oxford, 1930; Varella A. Osterhof, Colloid Symposium Monograph, v. 5, p. 113, 1927; Ablett, «Philos. Mag.», L., 1923, v. 46, p. 242; Nietz, ibid., p. 255; Rehbinder P. u. Krauschkina L., «Ztschr. f. phys. Chemie», A, Lpz., 1929, В. 142, p. 151; Adam A. Jessop, «Journ. Chem. Soc.», L., 1925, p. 1865; Роккега А., «Physik. Ztschr.», Berlin, 1914, В. 15, p. 39. П. Ребиндер.

СМЕСИТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, см. Размещение материалов.

СМОЛОКУРЕНИЕ, один из древнейших старинных промыслов, имеющий целью выработку смолы, гл. обр. сосновой. За последнее столетие С. пережило медленную эволюцию и, технически совершенствуясь, в числе основных продуктов своей выработки, наряду со смолой, стало производить скипидар, причем получение последнего иногда имеет даже преобладающее значение. Поэтому С. теперь б. ч. называют смолоскипидарным производством. Основным сырьем для С. является осмол (см.).

Технология. процесс С. представляет собою сухую перегонку осмола (см. Дерево, с у х а я

п е р е г о н к а), приспособленную к специальным качествам сосновой смолы и к возможности одновременного получения также и скипидара. Процесс выработки этих продуктов складывается из двух последовательных во времени периодов. Первый период состоит в выделении скипидара из смолистой части осмола, а второй заключается в сухой перегонке освобожденного от влаги и скипидара осмола, в результате чего получают продукты разложения составных частей последнего, дегтеобразная часть которых и составляет основную смолу. Промышленным мерилom качества получаемого при С. сухоперегонного скипидара является степень его приближения к качествам живичного (терпентинного) или парового (экстракционного) скипидара (см. Скипидар и Скипидарно-канифольное производство). Для получения при С. максимальных выходов чистого незагрязненного скипидара необходимо возможно полное и резкое отделение первого периода от второго, что м. б. осуществлено при соблюдении следующих условий. 1) Возможно низкая t° (не выше 160°) во время первого периода (чтобы избежать загрязнения скипидара продуктами разложения древесины и смолистых веществ); достигнуто это м. б. при наличии в этот период достаточного количества водяного пара, т. к. скипидар, как вещество не смешивающееся с водой, легко отгоняется с водяным паром, а смоляные к-ты, практически нелетучие, остаются в древесине. 2) Возможно мелкая расколка осмола, чтобы скипидар успел полностью выделиться из последнего, особенно из внутренних его частей, прежде чем начнется разложение древесины и смоляных кислот; измельченный (5—10 мм) осмол требует нескольких часов для полного выделения скипидара паром, тогда как более крупные куски осмола (10—15 см) уже требуют для этого нескольких дней. 3) Возможно полное устранение скипидарных паров от соприкосновения с загрязняющими смолистыми веществами в самом смолокуренном аппарате; целесообразнее всего это может быть достигнуто отделением первого периода не только во времени, но и в пространстве. В отношении выработки смолы нельзя указать таких же определенных и постоянных условий. Промышленность требует основную смолу различного состава в зависимости от условий ее применения, напр. густые смолы, богатые неразложившейся канифолью или же, наоборот, с избытком продуктов разложения последней — смоляных масел (см.). В соответствии с этим и условия проведения второго периода резко отличаются, причем практически это осуществляется применением той или иной конструкции смолокуренного аппарата. Промышленное С. в СССР в настоящее время почти без исключения производится в кирпичных или железных аппаратах и только при использовании осмола на лесозаготовках иногда применяют С. в ямах.

Существуют 5 основных типов промышленных смолокуренных установок, характерных для каждого из смолокуренных районов. Господствующим типом установки в северном районе являются кирпичные северные кожуховки (60%), в восточном районе — железные вятские котлы (20%), работающие самостоятельно или в соединении с кирпичными костромскими сушилками или слесаревскими печами (5%), приспособлен-

ными для получения возможно чистого скипидара, и в западном районе—железные польские реторты (10%). Кроме того во всех районах встречаются также и другие, менее типичные установки (5%). Изобразенная на фигуре схема смолокурной установки показывает все основные типичные элементы для каждого из указанных выше типов, к-рые отличаются между собой лишь размерами и строительными материалами и в соответствии с характером ведения процесса и его продолжительностью. Осмол загружают в камеру 1, стенки и верх которой строят из железа или кирпича, дно же всегда кирпичное. Емкость этой камеры 1,5—2 м³ для железных вятских котлов, 3—10 м³ для кирпичных северных кожуховок и 15—20 м³ для железных польских реторт. Загрузку осмола и выгрузку угля производят при помощи соответствующих отверстий в верхней или нижней части камеры. Камеру окружают простейшей конструкции дымоходы 2, куда поступает горячий дым из топки 3 и уходит через дымовую трубу 4. В кирпичных северных кожуховках, имеющих прямоугольное сечение, топка и дымовая труба отсутствуют, топливо же сжигается в нижней части боковых пространств 2 и уходит через отверстия в верхней их части. Характерной особенностью всех смолокурных установок является обязательная защита дна камеры от нагрева, который осуществляется исключительно через боковые стенки; равным образом выход смолы из камер производится всегда из нижней части последних. Все летучие продукты перегонки вместе со смолой поступают первоначально в колоду 5 (выдолбленный ствол дерева). Роль колоды сводится гл. обр. к возможно полному отделению смолы от паров воды и в то же время к осаждению летучих составных частей смолы—смоляных масел, которые иначе улетели бы в воздух с отходящими парами и газами, понизив качество смолы. Скопляющуюся в колоде смолу, по мере хода процесса, через отверстие 9 спускают в сборник 10, откуда по отделению от отстоявшейся воды (подсмола) переливают в бочки. Для возможности получения скипидара выходной конец колоды снабжают съемным патрубком 6, называемым колпаком, который своим отверстием в верхней части присоединяется к медной конусной трубе 7, служащей холодильником для паров скипидара и помещенной в деревянном ящике 8, где она охлаждается снегом или водой. Сконденсировавшиеся пары скипидара и воды собираются в отстойнике 11, устроенном по принципу *флорентийские склянок* (см.), где и разделяются друг от друга. Процесс работы на всех смолокурных установках с отводом скипидара через колоду протекает в следующем порядке. После выгрузки угля от предыдущей гонки и загрузки свежего осмола соединяют колоду при помощи колпака с холодильником и осторожно ведут прогрев осмола, стараясь не довести его до разложения; при этом в большинстве случаев по мере хода процесса отбирают последовательно 2 или 3 сорта скипидара: в зависимости от степени его чистоты, что определяется на цвет и запах. По окончании отбора скипидара снимается колпак, соединяющий колоду с холодильником, и дальнейший процесс разложения осмола продолжается более энергично до полного обугливания последнего. Выделяющаяся в этот период перегонки смола собира-

ется в колоде, тогда как водяные пары и газы свободно уходят через открытое отверстие колоды. (В вятских котлах отвод паров скипидара б. ч. идет в холодильник не через колоду, а через особое отверстие в верхней части котла.) Наиболее рациональное решение этого вопроса осуществлено в костромских сушилках, представляющих собою кирпичную камеру емкостью 12—20 м³, подобно изображенной на фигуре, но без колоды, а лишь с выходом скипидарных паров в холодильник из верхней части камеры;



в сушилках производят медленный отгон скипидара из осмола, не доводя последний до заметного разложения; отгон производится в течение четырех—пяти дней, после чего обесскипидаренный осмол перегружается для окончательного разложения древесины в вятские котлы, или к а з а н ы,—горизонтальные прямоугольные реторты в кирпичной обмуровке с отводом смолы через расположенное над дном казана отверстие. Сходными по конструкции, размерам и условиям процесса с костромскими сушилками являются слесаревские печи, в которых камера изготовляется из железа. Наконец в самое последнее время появились улучшенные северные кожуховки—к о с т ы л е в к и и п о п о в к и, к-рые также работают с перегрузкой осмола, и кроме того при отгонке скипидара в аппараты вводится еще и пар.

Сезонная продолжительность работы смолокурных установок при типичных условиях кустарного труда составляет: для северных кожуховок, работающих преимущественно (80%) на смоле-подсочке,—около 3 мес., польских реторт—11 мес., а прочих установок—7 мес. Средняя месячная производительность северных кожуховок и костромских сушилок колеблется в пределах 70—75 м³, а прочих установок 100—110 м³. Обслуживание рабочей силой установки во всех случаях требует артели в 3—4 чел. В качестве топлива только в очень глухих отдаленных пунктах используют вырабатываемый уголь, обычно же заготавливают для этой цели дрова; расход последних на 1 м³ осмола колеблется от 0,65 м³ (для польских реторт) до 1,0 м³ (для слесаревских печей), а для остальных установок—0,75—0,85 м³.

Основными продуктами С. являются смола, скипидар и уголь; подсмольная вода как общее правило не используется. Выходы указанных продуктов в значительной степени зависят от качества осмола—его характера и степени смолистости (в среднем 20% для пневого осмола и 15% для смолья-подсочки). Средние выходы из 1 м³ осмола для смолья-подсочки при работе на северных кожуховках составляют 7,8—8,3 кг скипидара и 45—50 кг смолы, а для пневого осмола для всех типов печей выходы колеблются: скипидара 12—16 кг и смолы 35—41 кг, считая все эти цифры на сырые неочищенные продукты. Получаемый в результате С. сырой скипидар представляет собою сложную смесь терпенов и летучих продуктов разложения древесины и канифоли; кроме того в нем всегда присутствуют и продукты изомеризации основных терпенов (например дипентен). Состав загрязняющих примесей крайне разнообразен. В головных фракциях скипидара-сырца содержатся гл. обр. простейшие альдегиды, диацетил и его гомологи, хиноны, фуран и его гомологи, фурфурол, жирные кислоты, легкие части смоляного масла, а так-

же ряд непредельных соединений неопределенного состава; первые и последние из указанных примесей особенно влияют на запах и цвет скипидара. В конечных фракциях преобладают тяжелокипящие продукты разложения древесины и канифоли—фенолы и их эфиры, составные части смоляного масла, а также содержащиеся в пневом осмоле терпинеол и фенхильный алкоголь. Получаемый в результате С. скипидар характеризуется прежде всего типом усановки, поэтому отличаются скипидары п е ч н ы е (северные кожуховки, костромские сушкилки и слесарские печи), р е т о р т н ы е (польские реторты) и к о т е л ь н ы е (вятские котлы). Дальнейшая оценка их качества производится гл. обр. по цвету, запаху и уд. весу, для очищенных сортов прибавляется еще р а з г о н к а. Что касается запаха, то последний для опытного исследователя является наиболее чувствительным и точным методом оценки, причем он последовательно изменяется от нежного чисто-скипидарного запаха в высших печных до грубого, резко смоляного в низших сортах котельных скипидаров. Соответственно изменяется и цвет от бледножелтого до темнокрасного, почти черного. Нек-рые сорта скипидара-сырца очень часто поступают на рынок в сыром, неочищенном виде, но в большинстве случаев подвергаются очистке. Последняя выполняется на скипидарно-очистных заводах простейшего устройства с производительностью 200—400 т в сезон. Очистка скипидара на таких з-дах сводится к двум основным операциям: химич. обработке и перегонке с острым паром. Наибольшие затруднения представляет очистка тяжелых красных скипидаров, особенно богатых смолистыми погонами. Первой операцией при очистке таких скипидаров является перегонка с острым паром в медном перегонном кубе, причем отходящие из перегонного куба скипидарные пары перед входом в холодильник проходят через один или два промывных куба с известковым молоком. В результате такой перегонки получается л и м о н н ы й скипидар (40—60%) резкого запаха, от желтого до оранжевого оттенка, а в остатке от перегонки п а р о в а я смола (30—40%). Лимонный скипидар представляет собою уже рыночный продукт, но обычно он подвергается дальнейшей очистке; для этой цели его обрабатывают купоросным маслом и едкой щелочью, а затем подвергают фракционировке с острым паром. Очистка печных скипидаров значительно проще и состоит в обработке щелочью (известь или едкий натр) и в последующей перегонке с острым паром, причем отбираются отдельные фракции по цвету, запаху и уд. в. Все операции очистки сопровождаются потерями (10—20%). Расход пара на очистку скипидара составляет 2—4 т на 1 т готового продукта.

С о с н о в а я с м о л а по химич. составу есть смесь дегтеобразных продуктов от разложения древесины и канифоли (см. *Смоляные масла*). Из аналитич. характеристик можно указать на уд. в. (0,930—1,125); кислотное число (50—120); эфирное (60—100) и иодное (120—140). Важнейшие составные части сосновой смолы следующие. 1) С м о л я н ы е м а с л а (15—75%), к-рые обеспечивают жидкую консистенцию смолы; при использовании сосновой смолы на колесную мазь смоляные масла вместе с содержащейся в смоле неразложившейся канифолью при обработке известью образуют о с н о в у, после смешения к-рой с нефтяными остатками

получается колесная мазь. 2) Ф е н о л ы (10—15%) и креозот придают смоле антисептич. консервирующие свойства, чем и вызывается обширное ее применение в строительном деле, судостроении, канатном и сете-снастном производствах для предохранения древесных или растительных тканей от гниения. 3) К а н и ф о л ь (5—60%) в неразложившемся состоянии, к-рая придает смоле характерную для нее липкость и обеспечивает ее несмываемость водой, почему сосновая смола так ценится (по сравнению с лиственной) в тех случаях, когда обработанные ею изделия подвергаются действию воды; в частности особо богатые свободной канифолью смолы предпочитают для канатного производства. 4) П е к о о б р а з у ю щ и е в е щ е с т в а (10—35%)—б. ч. высокомолекулярные соединения сложного состава с преобладанием оксикислот, разлагающиеся при нагревании; источником их образования является гл. обр. древесина. Кроме этих основных составных частей всякой нормальной сосновой смолы, в ней могут содержаться еще следующие. 5) С к и п и д а р (2—5%), к-рый по условиям процесса не смог быть отогнан в течение первого периода С. 6) Н е п р е д е л ь н ы е с о е д и н е н и я (2—5%) самого разнообразного состава; они вызывают потемнение смолы на воздухе и являются нежелательной примесью в тех случаях, когда от отработанных смол изделий требуется светлая окраска, например в канатном производстве; эти соединения представляют собою б. ч. легко летучие вещества и при нормальном смолокурном процессе обычно удаляются из смолы вместе с последними погонами тяжелого, сильно смолистого скипидара. 7) К и с л я в о д а (2—10%)—бесполезная балластная примесь, всегда содержащаяся в сырой смоле; она легко м. б. удалена из последней.

Аналогично скипидару, торговые сорта смолы также делятся на п е ч н ы е, р е т о р т н ы е и к о т е л ь н ы е; кроме того отличаются смолы п о д с о ч н ы е из смолья-подсочки и п н е в ы е из пневого осмола. Большая часть смолы выпускается на рынок в сыром необработанном виде, но в последнее время все чаще применяется отварка, что производится в самоварах—деревянных баках емкостью 1,5—2,0 т с медной трубой посредине, обогреваемой углем. В результате такой операции кислая вода и часть легких смоляных масел испаряются и получается о т в а р н а я смола. Значительное количество смолы переваривается также на п е к и или вар в медных или чугунных кубах емкостью 1,5—2,0 т, снабженных холодильником для охлаждения паров п е к о в о г о с к и п и д а р а, представляющего собою легкие фракции сырого смоляного масла с содержанием скипидара и фенолов. Пеки из сосновых смол, получаемые из смолы путем отгонки из последней летучих соединений, отличаются большей пластичностью, что зависит от присутствия в них свободной канифоли, поэтому лучшие пеки получают из густых икринистых смол; они обладают при комнатной т° значительной твердостью и при размягчении легко вытягиваются в тонкие нити. Вары отличаются от пеков большей мягкостью. Выход тех и других обычно составляет 60—70% исходной смолы. Они находят обширное применение в судостроении, строительном деле и в электроизоляционной пром-сти. В последние годы из ретортных смол, богатых тяжелыми смоляными мас-

лами, вырабатывают галипот (промежуточная ступень между отварной смолой и варом).

Торговые сорта смолы характеризуются по их систематике (густые, жидкие), структурой (гладкие, икрянистые) и цветом (светлые, темные). Оценка производится исключительно на-глаз и требует от бракера большой опытности. Сильно вязкие или густые смолы содержат в себе больше неразложившейся канифоли или терпентина. Печные подсосные смолы, вырабатываемые в северном районе, получают с большим содержанием свободного терпентина, что происходит от характера смолья, в котором главная масса смолистых веществ расположена по периферии ствола и легко стекает в колоду до начала разложения. При стоянии таких смол, содержащих неразложившиеся смоляные к-ты, последние выкристаллизовываются в форме крупинок, образуя икрянистые смолы в отличие от гладких однородных смол. Равным образом при переработке пневого осмола образование густых смол наблюдается при сильно смолистом осмоле, медленной перегонке и малой емкости аппарата, т. е. при условиях, способствующих быстрому стеканию терпентина в колоду до начала его разложения. Противоположные условия (польские реторты) дают жидкую смолу, т. к. стекающий по значительной поверхности осмола терпентин успевает полностью разложиться на смоляные масла еще до вступления в колоду. Образование икрянистости в пневых смолах встречается гораздо реже, нежели в подсосных. Цвет смолы указывает на отсутствие в ней сильно разложившихся, а также неопределенных соединений, придающих смоле черный оттенок (перегорелая смола). Наилучшими в этом отношении являются подсосные смолы, имеющие светлокорицевоый оттенок; а в тонком слое—золотистый. Главная масса печных подсосных смол идет на экспорт для судостроения (гладкие смолы) и на канатное производство (икрянистые смолы); смолы ретортные и котельные используются на внутреннем рынке для судостроения, сете-снастного производства, производства колесной мази и на строительные цели.

Экономич. значение С. в общем балансе нашей лесохимич. пром-сти довольно велико. Так, в 1929 г. было выработано по СССР ок. 27 000 т смолы, 2 500 т пека и вара и 41 000 т скипидара-сырца, главная масса к-рого была подвергнута очистке, причем общая стоимость всех этих товаров превышала 7 млн. рублей. Значительная часть наших смолоторов, гл. образом смолы, нестарая экспортируется за границу. В 1929 г. было экспортировано ок. 9 000 т смолы, 1 000 т пека и 1 900 т скипидара. Общая же тенденция мирового потребления смолы за последнее время идет на снижение благодаря уменьшению деревянного судостроения и замене пеньковых канатов стальными, тогда как в отношении сухоперегонного скипидара положение остается все время устойчивым благодаря его относительной дешевизне по сравнению с подсосным и экстракционным. В этом отношении будущее С. лежит гл. обр. в выработке возможно чистых сортов скипидара. Промышленное С. в других странах развито гл. обр. в Швеции, Финляндии и Польше, составляя для 1928 г. общую выработку: смолы—19 000 т и скипидара 5 200 т.

Лит.: Нордстрем Э. и Семенов А., Смоло-скипидарное производство, Москва, 1930; Ногин К., Сухая перегонка дерева лиственных и хвойных пород, 2 изд., Л.—М., 1931; Бергстрем Х. и Вельсен Э., Углекисление, Свердловск, 1928; Лубавин Н., Технич. химия, т. 4, ч. 2, М., 1914; Harper W. u. Linder v., Die Destillation industrieller u. forstwirtschaftlicher v. Holzabfälle, B., 1909; Dupont C., Distillation du bois, P., 1924.

А. Деревягин.

СМОЛЫ, класс естественных и искусственных органических тел, представляющих сложные смеси различных компонентов и применяющихся в пром-сти как основание различных лаков,

пластических масс, сургучей и других сплавов, а также для поделок, в парфюмерии и в фармакопее. С. стали достоянием пром-сти уже в глубокой древности, но их число различных С., ни степень ознакомления с их физич. и химическими свойствами, ни области технич. использования С. не могут считаться сколько-нибудь установившимися и продолжают расширяться и углубляться. Особенное развитие обнаруживается в технологии и экономике С. со времени появления первых работ Бекеленда, т. е. со второго десятилетия 15 века. С этого времени область С. распространяется на ряд новых синтетич. продуктов смолообразного характера (см. *Бакелит*). Стремительность современного развития пром-сти С. и дисциплины о С. не позволяет дать определение С. хотя бы относительно устойчивое, и потому неизбежно приходится рассматривать его в его динамике. Первые представления о С. были связаны с генезисом С. как продуктов растительного происхождения; характеристика же С. давалась простым перечнем отдельных признаков. Так, по Чирху (1900—06) понятие С. чисто практическое и д. б. дано как «сумма свойств». Эти характерные свойства по Чирху следующие: растительное происхождение; нерастворимость в воде; растворимость в спирте или в эфире или в обоих; сравнительно трудная растворимость в петролейном эфире; размягчение при нагреве; способность расплавляться в б. или м. прозрачную клейкую жидкость; клейкость растворов; высыхание спиртовых растворов в прозрачный лак, т. е. способность образовывать пленку; относительная стойкость против реагентов; полная стойкость против гниения; образование смоляных мыл при обработке смолы щелочами; горение коптящим пламенем; непрогорькаемость и т. д. Близок к только что приведенному и взгляд Абрагама (1913). Согласно этому взгляду С. определяются следующими признаками: смолы получают из секретов или соков растений, тверды, плавки, б. или м. хрупки, не липки или липки лишь слегка, тверды при комнатной t° , обычно в массе светло окрашены; обладают аморфным строением, раковистым изломом и «смоляным» блеском; нерастворимы в воде, но более или менее растворяются в сероуглероде, бензоле и в других органических растворителях; по химич. составу смолы представляют продукт окисления или полимеризации терпенов и обычно содержат смоляные кислоты или эстеры (сложные эфиры). Недостаточность подобных описаний посредством ряда несведенных к единству признаков очевидна; но на этом приходится настаивать тем сильнее, что самые признаки вовсе не беспорядны и не могут считаться обязательной принадлежностью каждой из С., порознь взятой. Так (по Г. Вольфу), даже аморфность повидимому признак, глубоко характеризующий С., не есть обязательное состояние всякой С., например С. элеме кристаллична. Вольф считает неотъемлемым свойством С. способность образовывать коллоидные растворы, причем в подтверждение своего взгляда ссылается на получение водных коллоидных растворов почти всех С.

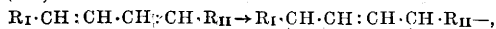
С развитием пром-сти синтетич. С. число С. значительно расширилось, и потому появились определения или, точнее, описания С. уже самостоятельные, независимые от источника их возникновения. Так например, по К. Эллису (1932): «Искусственная С. есть комплекс аморфных органич. полутвердых или твердых

веществ, обычно смесь веществ, полученных в результате химической реакции, и до известной степени приближающаяся к естественным С. по разным физическим свойствам—блеску, излому, сравнительной хрупкости при обычной t° , нерастворимости в воде, плавкости или пластичности при нагреве или давлении, но в общем весьма отклоняющаяся от естественных С. по химическому составу и по химич. реакциям». С развитием рентгеновского анализа и глубокого изучения структуры коллоидов и высокомолекулярных соединений определения С. и смолообразного состояния вещества сделались более глубокими, и внимание исследователей от внешних признаков С. перешло к физико-коллоидной структуре этих тел. Например И. Шейбер (1929) рассматривает все С. как твердые растворы и полагает, что при полимеризации и конденсации происходят разнообразие реакции, в результате которых получается весьма сложная смесь близких по химич. природе друг к другу веществ, растворяющихся друг в друге и мешающих друг другу кристаллизоваться. Последнее обусловлено тем, что скорость агрегации молекул превосходит скорость их упорядочения, и потому при возрастании концентрации С. молекулы продолжают сохранять беспорядочное распределение, как у переохлажденных жидкостей. Из этого взгляда вытекает следующее определение С. по Ф. Габеру (1932): «С.—органические смеси тел с характером переохлажденных расплавов, сохраняющие более или менее выраженное у них стеклообразное состояние, потому что малая скорость упорядочения недостаточна для кристаллизации их». В объяснение Ф. Габера П. Веймарн (1927) вводит поправку, указывая, что кристалличность в известной мере свойственна всем телам и что ультрамикроструктур. системы молекул содержатся также и в С. В соответствии с этой поправкой определение С., данное П. Веймарном, таково: «С.—ультрамикроструктур. органич. тела или смеси тел, способные к-рых к векторной полимеризации (соответственно правильной кристаллизации), вследствие малой склонности к достаточной десольвации и самоочищению, выражена так слабо, что в б. или м. степени присущее им состояние „стекла“ может считаться практически стабилизированным».

Причины смолообразного состояния и я. Т. о. в новейших работах понятие С. заменяется понятием смолообразного состояния, к-рое м. б. свойственно или не свойственно известному телу в зависимости от каких-то особых условий. Смолообразное состояние рассматривается при этом как подобное стеклообразному состоянию, так что нек-рые исследователи даже называют С. органич. стеклом. В связи с указанной перестановкой понятий возникает вопрос о причинах смолообразного состояния. Герцог и Крейдль (1921—28) в ряде работ делают попытку свести причину смолообразного состояния к присутствию особых группировок в молекуле, которые по аналогии с группировками хромоформными, диэлектроформными, люминоформными и др. были названы резиноформными группами, т. е. носителями смолообразного состояния. В качестве таковых указаны: конъюгированные системы— $\text{CH}:\text{CH}:\text{C}=\text{O}$,

напр. в бензилдиенацетоне $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}:\text{CH}:\text{CO}:\text{CH}_2$; затем группа— $\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}$ —, напр. в бутадиене $\text{CH}_2:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}_2$; карбодиамино-

вая группа— $\text{N}:\text{C}:\text{N}$ —, напр. в карбодиаарилмидах, и группа— $\text{CH}:\text{N}:\text{CO}:\text{N}:\text{CH}$ —, напр. в диметиленмочевине $\text{CH}_2:\text{N}:\text{CO}:\text{N}:\text{CH}_2$; азотметильная группа— $\text{C}:\text{N}$ —, напр. в ангидроформальдегиданилине $\text{C}_6\text{H}_5:\text{N}:\text{CH}_2$ и в акролеинметиламине $\text{CH}_2:\text{CH}:\text{CH}:\text{N}:\text{CH}_3$. Необходимо однако иметь в виду, что этих групп в самой С. не существует; они лишь указывают на смолообразовательную способность веществ, их содержащих. Поэтому А. Эйбнер (1923) предложил называть подобные группы не резиноформными, а резиногенными, т. е. рождающими смолообразное состояние; этим имелось в виду то обстоятельство, что С. может и не образоваться из некоторых исходных веществ несмотря на присутствие в них смолорождающих групп. Термин «резиногенная группа» составлен по образцу соответственных терминов из других областей (группы хромогенные, диэлектрогенные, осмогенные и т. д.), но однако лишен того смысла, который принадлежит аналогичным терминам других областей: -генная группа понимается там как дающая благоприятные условия, чтобы раскрылись свойства, присущие -ф о р н о й группе, однако обнаруживающиеся, хотя и в меньшей степени, и без -генной группы; в учении о С. понятие о-генной группе утрачивает определенное значение, раз нет парного ему понятия о группе -ф орной. Так напр., бутадие (дивинил) по Тиле изменяется при полимеризации; так



а диметиленмочевина—согласно ур-ию

$$\text{CH}:\text{N}:\text{CO}:\text{N}:\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_2:\text{N}:\text{CO}:\text{N}:\text{CH}_2$$

Т. о. резиноформных группировок в С. уже нет, и за счет их двойных связей получилось соединение молекул—цепное или иное. С другой стороны, существование С., каковы напр. *глиптам* (см.), не подводимых под схему Герцога и Крейдля, подтверждает, что отмеченные этими исследователями группировки действительно не могут считаться носителями смолообразования и в лучшем случае лишь содействуют смолообразованию каких-то других групп. С целью поддержать теорию Герцога и Крейдля, Эйбнер и Кох придумали псевдосмолообразное состояние, встречающееся даже и у природных С. (элеми, какифоль и др.), т. е. такое, при к-ром специфич. свойства С. не обнаруживаются. Из неудач с объяснением смолообразного состояния резиноформными группами следует, что причину смолообразного состояния надлежит искать в особых физич. признаках вещества, а не непосредственно в его химич. строении. Делались неоднократно попытки объяснить обсуждаемое состояние величиной молекулы и связать его с присутствием макромолекул различной длины цепей, но обладающих одною и тою же химич. функцией (полимерно-гомологические ряды). Воззвание это, обычно связываемое с теорией Штаудингера, разработанной применительно к естественным высокомолекулярным соединениям целлюлозы, фибрина шелка и других подобных тел, слишком механистично, и в нем не учитываются другие факторы кроме геометрич. размеров и формы молекул. Таким фактором должна быть прежде всего среда, обычно близкая по химич. функции к веществу самой С. и потому способная образовывать около молекул С. мезо ф а з у—сольватные оболочки, оболочкающие смоляные молекулы целиком или только частично, в

области родственной химич. функции. К воззрениям такого рода принадлежат например и развиваемые Шейбером. Образование сольватов по Шейберу происходит либо путем плавления С. и последующего охлаждения (как например при производстве канифоли и искусственных смол) либо путем растворения в летучем растворителе, затем выпариваемом (таково например образование лаковых пленок); в последнем случае твердые компоненты образуют между собою твердый сольват за счет предварительного растворения каждого из них в летучем растворителе и ассоциации, по мере того как последний удаляется. К. Мейер и Г. Марк тоже указывают, что для образования стекловидных тел недостаточно одного только присутствия удлиненных молекул; на примере крахмала выясняется, что радиально расположенные цепи главных валентностей представляют так. обр. комочки, степень сольватации к-рых возрастает от центра к периферии. Возможно, что и С. сольватируются подобным образом. Из сделанного обзора различных объяснений, каковы причины смолообразного состояния, можно заключить, что в этих объяснениях недостаточно учитывается разнообразие С. искусственных и естественных. В действительности же С. обладают обширным диапазоном свойств: С. бывают от полужидких и хорошо растворимых в органич. растворителях до весьма твердых, нерастворимых и неплавких. Едва ли ко всему ряду тел, находящихся в различных состояниях, применимо одно и то же объяснение. Так напр., весьма вероятно, что неплавкие и нерастворимые С. представляют собою гели с выпавшей мезофазой, а растворимые и плавкие—тела, содержащие все три фазы: твердую—нерастворенное вещество, мезофазу—набухшее или сольватированное вещество и жидкую—растворитель. При этом в отличие от обычных коллоидов компоненты С. химически родственны между собою, и потому фазы переходят друг в друга без скачков, так что получаются согласно терминологии В. Оствальда изокolloиды.

Классификация С. по Льютону. 1) Настоящие С.: а) группа копала: С., требующие для растворения предварительного крекинга; б) группа даммара: С., более или менее растворимые в эфире, хлороформе, бензоле, ацетоне, скипидаре и т. д., но совершенно не растворимые в спирте; в) группа сандалака: С., более или менее растворимые без нагрева в спирте (сюда относятся и гваяковая С.); г) группа канифоли: С., вполне растворимые в спирте; д) группа бензоэ: С., растворимые в спирте: при нагревании выделяют бензойную и коричную к-ты; е) группа шеллака: выделения, вызванные укусами насекомых; в спирте дают мутные растворы. 2) Камедесмолы без запаха: растительные выделения без летучих масел; состоят из нестойкой смеси камедей и С.; дают с водой эмульсию; к этой группе относится *гуммигут* (см.). 3) Камедесмолы с запахом: подобны предыдущим, но содержат эфирные масла: а) группа асафетиды (азанта): С. этой группы происходят из семейства зонтичных и обладают несколько неприятным запахом; сюда относятся: асафетида, гальбан, аммиачная смола, опопонакс; б) группа мирры: С., более или менее приятно пахнущие; к этой группе относятся: мирра, ладан (олибанум), бделлий. 4) Маслосмолы: растительные выделения, состоящие из С. и летучих масел, причем первая по б. ч. растворена в последних и потому С. этой группы

находятся в жидком состоянии: а) группа лаковой С.: дают на поверхностях после высыхания блестящие пленки; б) группа копейского бальзама: жидкости, обладающие приятным запахом, обычно причисляемые к бальзамам, но отличающиеся от бальзамов малым содержанием С.; в) группа терпентина: заключает в себе мягкие С., которые содержат б. или м. летучее масло; получается из хвойных; г) группа элему: мягкие С. с содержанием редко более чем 10% эфирного масла. 5) Настоящие бальзамы: растительные выделения, состоящие из С., ароматич. к-т, спиртов и эстеров; сюда относятся перуанский и толуанский бальзамы, стиракс и др.

Существуют классификации С., основанные на химич. признаках главных составных частей их; такова напр. классификация, предложенная К. Дитерихом. 1) С., которые представляют сложные эфиры (эстеры) ароматич. ряда, иногда содержат свободные кислоты; таковы бензойная С., драконова кровь, акароид; 2) С., к-рые представляют эстеры особых смоляных кислот и кроме того могут содержать свободные смоляные кислоты; таковы терпентин, мастикс, янтарь, элему; 3) С., которые не представляют сложных эфиров (эстеров), но наряду с возможным содержанием свободных смоляных кислот содержат индифферентные составные части; таковы канифоль, копал, гваяковая смола, сандалак, даммар. Но так как составные части С. весьма изменчивы, то основания подобных химич. классификаций весьма шатки. Наиболее распространенная классификация этого рода по химической функции преобладающих в смолах соединений предложена Чирхом; сведения об отдельных составных частях различных естественных смол по этой классификации изложены ниже.

Классификация естественных С. (по Чирху): 1) Эстеро-смолы. а) Резинотанноловые эстеро-смолы. Дубильно-спиртовые эстеро-смолы. б) Резиноловые эстеро-смолы. Смоляно-спиртовые эстеро-смолы. 2) Углеводородные смолы. 3) Кислото-смолы. 4) Спирто-смолы (феноло-смолы). 5) Алифато-смолы. 6) Краско-смолы. 7) Энзимо-смолы. 8) Глюкозидо-смолы. 9) Лако-смолы.

Буквальный перевод предложенных Чирхом названий отдельных С. невозможен, и потому приходится передавать эти крайне искусственные словообразования их смысловыми эквивалентами.

Девять основных классов смол с их подразделениями, охватывающие все существующие С., таковы: класс 1, эстеро-смолы, характеризуется преобладанием соединений эстерного типа. К подклассу «а» (резинотаннолы) относится очень много видов С.; из них особенно известны: бензойная С., перуанский и толуанский бальзамы, акароид, гальбан, опопонакс, алоэ, аммиачная С., саган, азант (асафетида), драконова кровь и др. Эти С. характеризуются преимущественно соединениями, дающими реакцию с хлорным железом, подобно дубильным веществам.

Описание отдельных естественных С. см. *Акароидная смола. Ацицевые камеди, Амбродгумми, Аммиачная смола, Аниме, Асафетида, Бургуидская смола, Вар, Гурьюн-бальзам, Гуммигут, Даммар, Бензойная смола, Бальзамы, Гальбан, Дерево (сухая перегонка), Деготь, Копайский бальзам, Баррае, Бассорская камедь, Бделлий, Берестовый деготь, Бритшигум, Камеди, Камедесмолы, Опопонакс, Ладан (олибанум), Стиракс* и др. О дровесных С.,

добываемых из древесины хвойных деревьев, см. *Скитидар, Канифоль, Скитидарно-канифольное производство, Смолокурение, Живница, Подсочка.*

Смолы синтетически (искусственные) получают путем нарастания основных молекул, к-рое идет гл. обр. за счет связей первичных валентностей, но вместе с тем может идти и путем ассоциации (по Штаудингеру—к о р д и н а ц и о н н о й п о л и м е р и з а ц и и); частным случаем этой последней может считаться и *сольватация* (см.). Однако основной момент смолообразования—это сцепление исходных молекул в более крупные, различной величины (макромолекулы по Штаудингеру) при помощи первичных связей. Механизм и условия этого сцепления разработаны Р. Г. Кинли (1930) и изложены в следующих трех положениях: I) органические высокомолекулярные соединения образуются только тогда, когда взаимодействующие молекулы полиреактивны; II) взаимное сцепление молекул происходит вследствие случайного контакта каких-либо индивидуальных реактивных пунктов и III) относительный размер и форма реагирующих молекул и положение реактивных пунктов широко определяют физич. свойства получающегося полимера, т. е. его жесткость, гибкость, превращаемость при нагревании и пр.

Под реактивностью Кинли разумеется число связей первичной валентности, к-рое может освободиться для соединения этой молекулы с другими молекулами, не разрушая в молекуле исходного компонента ее структуры.

Сводка основных классификаций искусственных смол (по Кинли, 1930 г.).

Основание деления	Классы искусственных смол и других высокополимерных соединений
I. Род реакции, производящей искусственные С. и др. высокополимерные соединения	1. Полимеризационные С. и другие соединения (А-полимеры). 2. Конденсационные С. и другие соединения (С-полимеры)
II. Коллоидная природа	1. Ассоциационные полимеры. 2. Гемколлоидные полимеры. 3. Эвколлоидные полимеры
III. Физические свойства (отношение С. к нагреву)	1. Соединения, превращающиеся при нагреве. 2. Соединения, не превращающиеся при нагреве. 3. Соединения, превращающиеся при участии кислорода

В отношении процессов искусственного смолообразования необходимо иметь в виду чрезвычайную сложность их и случайность хода, о которой можно судить также на основании II положения Кинли; при этом чем больше реактивность исходных составных частей, тем более места остается для случайностей и тем разнообразнее соединения, слагающие конечный продукт, и тем более эти соединения оказываются различны, когда исходные составные части, хотя химически и близки между собою, однако не тождественны; таковы напр. формальдегидные смолы с фенолом и крезолами. Далее как общее правило д. б. указано, что процесс смолообразования идет тем быстрее и тем полнее,

чем менее молекулярный вес реагирующих составных частей. Это относится как к полимеризационным С., так и к конденсационным. Из полимеризационных С. большое технич. значение имеют продукты полимеризации различных фракций крекированной нефти, стирола, винила, индена, кумарона, терпенов (а также продуктов полимеризации пента- и гексадиена). Из конденсационных С. на первом месте по давности и широте применения стоят фенольноформальдегидные С. Формальдегид тоже м. б. заменен напр. ацетальдегидом. Большую ценность представляют фенольнофурфурольные С. Важную группу синтетических смол представляют С. аминокформальдегидные. Описание отдельных искусственных С. см. *Альдегидно-фенольные смолы* (конденсация тел альдегидной функции с телами функции фенольной), *Альдегидные смолы* (продукты конденсации и полимеризации альдегидов), *Бакелиты* (продукты альдегидно-фенольной конденсации в основной среде), *Гликолевые смолы* (продукты конденсации гликолевой кислоты или гликолида или полигликолидов с высококипящими ароматич. углеводородами), *Глинталы* (продукты конденсации глицерина² с двухосновными органич. к-тами), *Карболиты* (альдегидно-фенольные С. кислой конденсации); твердые продукты конденсации мочевины с формальдегидом см. *Мочевина*. Область применения С. искусственных чрезвычайно обширна. В современной пром-сти нет такой отрасли производства, где бы С. искусственные не нашли себе соответственного применения в электротехнике, машиностроении, химич., текстильной, подолочной пром-сти и пр.

¹Лит.: Любавин Н. Н., *Техническая химия*, т. 6, ч. 2, М., 1914; Ушаков С., *Искусственные смолы и их применение в лаковой пром-сти*, Л., 1929; Мейер К. и Марк Г., *Строение высокополимерных органических естественных соединений*, пер. с нем., 1932; Кинли Р., *Основная классификация смолистых продуктов*, «Бюллетень пластмассостроения», 1931, 12; Scheiber J. u. Sändig K., *Die künstlichen Harze*, Stg., 1929; Wolff H., *Die natürlichen Harze*, Stg., 1928; Wolff H., *Die Lösungsmittel d. Fette, Öle, Wachse u. Harze*, Stg., 1927; *Taschenbuch für die Farben- u. Lackindustrie*, hrsg. v. H. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, 6 Aufl., Stg., 1930; Tschirch A., *Die Harze u. die Harzbehälter*, 2 Aufl., Lpz., 1906; Scheiber J., *Lacke u. ihre Rohstoffe*, Lpz., 1926; Boldschew, *Bernsteinwald*, Stg., 1927; Böttler M., *Harze u. Harzindustrie*, Hannover, 1907; Dietrich K., *Analyse d. Harze*, B., 1930; Kienle K., «*Ind. Eng. Chem.*», 1930, v. 22, p. 590; «*Plastics*», N. Y., 1930, oct.

СМОЛЯНЫЕ КИСЛОТЫ, высокомолекулярные к-ты, находящиеся в различных смолах почти всегда в свободном состоянии. В настоящее время относительно подробно изучены С. к. смол хвойных, особенно сосновых. Исследование С. к. крайне затруднительно не только в виду их особых физико-химич. свойств (высокого мол. веса, смолистого характера) и трудности получения С. к. в индивидуальном виде; ряд факторов, связанных с получением исходных смол (как то: вид сосны, время сбора смолы с последней, а также с каких частей одного и того же дерева производился сбор сырья), оказывает влияние на состав смол и на результат исследования С. к. Смоляные к-ты получают различными способами. Некоторые из них м. б. получены путем перегонки соответствующих смол в вакууме с последующей перекристаллизацией из различных растворителей (ацетон, спирт). В других случаях рекомендуются предварительная обработка соответствующих смол растворителями, напр. спиртом, с последующей перекристаллизацией остатка; для очистки смоляных кислот от нейтральных про-

дуктов иногда применяется также перевод смоляных кислот в соли.

С. к. представляют собой нередко кристаллические вещества с резкой $t_{пл.}$; обычно они оптически деятельны; хорошо растворимы в большинстве органич. растворителей; легко образуют соли, средние и кислые. По своим физико-химич. свойствам многие напоминают высокомолекулярные жирные кислоты. Строение большинства С. к. не установлено.

Классификация смоляных (хвойных) кислот (Аскан). Их разделяют на 3 основные и безусловно различные группы: группа А—природные С. к.; группа В—колофоновые к-ты, образующиеся из к-т группы А при б. или м. сильном нагреве; группа С—сильвиновые к-ты, получаемые из групп А и В при химич. воздействии на них.

К группе А относятся следующие. 1) Пимаровая кислота (выделена из галипота) эмпирич. ф-лы $C_{20}H_{30}O_2$ с $t_{пл.}$ 125° с уд. вращением $[\alpha]_D^{18} = 92,7°$; кристаллизуется в ромбич. системе. По Дюпону она состоит из 63% l-пимаровой к-ты с $t_{пл.}$ 140—150° и с уд. вращением (в растворе этилового спирта) $[\alpha]_D^{15} = -27,2°$ и 37% d-пимаровой кислоты с $t_{пл.}$ 210—211° с уд. вращением (в растворе этилового спирта) $[\alpha]_D^{15} = +72,5°$; l-пимаровая к-та при нагревании и особенно в присутствии катализатора HCl легко изомеризуется в абиетиновую к-ту. Изомеризация проходит две стадии: а) образование α-пимарабиетиновой к-ты с уд. вращением $[\alpha]_D^{15} = -76,4°$ (в 5%-ном спиртовом растворе) и б) образование β-пимарабиетиновой к-ты с уд. вращением $[\alpha]_D^{15} = -100,1°$. Пимаровые к-ты трудно растворимы в органич. растворителях и индифферентны к окисляющему действию воздуха. 2) Салииновые кислоты—главная составная часть живицы (см.) с $t_{пл.}$ 137—139°. Легко растворимы в органич. растворителях, легко окисляются на воздухе и легко изомеризуются, переходя в абиетиновые к-ты. К ним относятся пининовые и изопининовые кислоты, выделенные из канифоли, не подвергшейся сильному нагреву.

К группе В относятся следующие. 1) Абиетиновые кислоты формулы $C_{20}H_{30}O_2$, $t_{пл.}$ 153—182°, уд. вращение $[\alpha]_D^{20} = -61,21$ до $-94°$. По Леви она содержит 2 этиленовые связи; по Аскану (Aschan) в ней одна этиленовая связь и циклопропановое кольцо. 2) Пинабиетиновая кислота получается из отбросов химич. переработки древесины при сульфатном процессе приготовления целлюлозы; кристаллич. тело с $t_{пл.}$ 182—183° с уд. вращением (в бензоле) $+20,84°$ (в этиловом спирте) $-30,87°$. Из метилового спирта кристаллизуется в усеченных призмах, имеет одну двойную связь и циклопропановое кольцо. Абиетиновые и пинабиетиновые к-ты являются продуктами изомеризации природных С. к. (пимаровых, салиновых). 3) Изопимаровые кислоты образуются из салиновых кислот при $t°$ несколько ниже 100°; выделенные из франц. и америк. канифоли имеют $t_{пл.}$ 101° и уд. вращение $\pm 80°$. При нагреве выше 200° вращение их уменьшается и они даже инактивируются.

К группе С относятся сильвиновые кислоты, получаемые действием минеральных к-т (HCl, H_2SO_4) на некоторые С. к. (пимаровые, абиетиновые). Сильвиновые кислоты высокоплавки, трудно растворимы и устойчивы

на воздухе. Сюда же относится выделенная из различных сортов канифоли группа к-т общей ф-лы $C_nH_{2n-10}O_2$, так наз. коллофеновые кислоты. Они одноосновны, сильно ненасыщены, $t_{пл.}$ 80—115°; уд. вращение (в бензине) $+22,33°$. Большинство из них хорошо растворимо в бензоле и почти не растворимо в петролейном эфире.

Особую группу С. к. составляют ароматические С. к. различного состава. Сюда относится напр. С. к. состава $C_{13}H_{12}O_2$, получаемая из смолы корней Kawia при нагревании ее с 10%-ным едким натром. Она выделяется из щелочного раствора в виде прекрасной кристаллизующейся натривой соли; из древесного спирта она кристаллизуется в желтых иглах, к-рые плавятся с разложением при 164—165°. Известны также С. к., относящиеся к жирному ряду, напр. алеуритиновая кислота состава $C_{16}H_{20}O_5$, получаемая при обработке едким кали гуммилака в виде калийной соли. Алеуритиновая кислота плавится при 100—101°, дает триацетат и восстанавливается иодистоводородной кислотой в присутствии красного фосфора в пальмитиновую кислоту. По строению алеуритиновая кислота представляет собой триоксипальмитиновую кислоту $C_{15}H_{28}(OH)_3 \cdot COOH$.

С. к. употребляются для пропитки (импрегнирования) тканей. Широкое применение находят натриевые соли С. к., получающиеся кипячением канифоли с разведенной натривой щелочью; в горячей воде они легко растворимы, обладают высокой пенообразовательной способностью, вследствие чего служат добавкой к дешевым сортам мыла. Они употребляются также для проклейки бумаги и при аппретуре хл.-бум. тканей. Соли С. к. вместе с солями жирных к-т входят в состав некоторых новейших дезинфицирующих веществ. Кроме щелочных солей находят применение некоторые другие соли С. к., например магниезиальная соль применяется в производстве некоторых лаков; соли марганца и свинца являются обычными сикативами; соли кадмия употребляются в фарфоровой промышленности. Эфиры смоляных кислот находят применение в лаковой промышленности.

Лит.: Любавин Н., Технич. химия, т. 6, ч. 2, М., 1914; Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., B. 2, В., 1923. См. также Канифоль.

СМОЛЯНЫЕ МАСЛА, продукты сухой перегонки канифоли (см.); практически С. м. называются вообще погонны маслянистого вида, получаемые при перегонке различных смол (древесной, торфяной и др.). Сухая перегонка канифоли (в промышленном масштабе производимая преимущественно во Франции и Германии) дает следующие первоначальные продукты: 3÷8% кислой воды, 2÷5% сырого пинолина, 85% сырых С. м., 5÷15% остатка и газов. Обработанный к-той и щелочью и отректификованный пинолин—слабо окрашенная жидкость уд. в. 0,850—0,860, кипящая (в главной массе) между 150÷200°; по химич. составу—смесь углеводородов, гл. обр. кумена (C_9H_{12}), цимена ($C_{10}H_{14}$), метилциклогексена (C_7H_{12}), диметилциклогексена (C_8H_{14}) и терпенов ($C_{10}H_{16}$) неопределенного строения. Очищенный пинолин применяется как растворитель—суррогат скипидара. Сырое С. м. после очистки и ректификации дает 70—80%-ное и 10—20%-ное С. м. Светлое масло имеет уд. в. 0,960÷0,990, вязкую консистенцию, на воздухе осмоляется тем быстрее, чем менее очи-

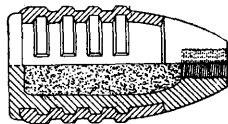
щено, и тогда густеет и принимает темную окраску, флуоресцирует зеленым цветом, особенно сильно в последних фракциях; в пределах 300—350° перегоняется в 90%-ное масло; обладает вращательной способностью. По химич. составу является смесью гидрогенизованных ретенон, гл. обр. октогидроретенон, $C_{18}H_{26}$; сырое С. м. всегда содержит неразложившуюся канифоль (до 20%); количество последней резко увеличивается при перегонке в вакууме или с перегретым паром.

Главнейшее применение С. м.—изготовление колесной мази и аналогичных смазок. В смеси с едкой известью сырое С. м. дает гель, так наз. «основу», способную удерживать в студнеобразном состоянии значительные количества смазывающего вещества, напр. нефтяных масел. Другое значительное применение С. м.—изготовление типографских красок (как замена олифы), а также при выработке прозрачной калки. Синее С. м. находит специальное применение для придания пластичности «пивной смоле», сургучу и т. п. С. м. из канифоли обслуживают главным образом полиграфическую промышленность; для приготовления колесной мази применяют продукты перегонки сосновой смолы.

Лит.: Любавин Н., *Техническая химия*, т. 6, ч. 2, М., 1914; Тищенко В., *Канифоль и скинпидар*, СПб., 1895; Vézenc M. et Dupont G., *Résines et térébenthines*, P., 1924; Bottler M., *Harze u. Harzindustrie*, 2 Aufl., Lpz., 1924; A nd é s L., *Die Harzprodukte*, 2 Aufl., W.—Lpz., 1924. А. Дервагин.

СНАРЯДЫ, метательные тела, направляемые огнестрельным орудием посредством выстрела в определенную цель; это понятие также распространено и на тела, сбрасываемые с летательного аппарата (см. *Авиабомба*). С. в артиллерии называется один из элементов выстрела, непосредственно наносящий поражение живым целям или разрушающий мертвые цели: укрытия, преграды и пр. История артиллерийского снаряда неразрывно связана с историей метательного орудия (машины). Первые орудия представляли собой метательные машины, работающие мускульной силой человека. В дальнейшем получают применение метательные машины (баллисты, катапульты), основанные на упругости дерева или волокон, к-рые для выстрела надо было растянуть или скрутить. В средние века появляются метательная машина, выбрасывающая снаряды силой тяжести (машины с перевесом). С. служили камни, бревна, стрелы, бочки с горячей смолой и пр. Вместе с изобретением пороха в 14 в. впервые появилась огнестрельная, или порохострельная, артиллерия, где орудия готовились из железных сваренных между собою полос, скрепленных несколькими железными обручами. Эти орудия стреляли железными или свинцовыми ядрами шарообразной формы. Название гладкостенных орудий по калибрам и определение калибра сферических ядер впервые было введено в 1540 г. Главнейшим недостатком гладкостенных орудий было значительное рассеивание, вызываемое неправильностью вращения шаровых С., для устранения чего были применены регулированные эксцентрические и дискоидальные С. к орудиям с кривым каналом. Повышение меткости и дальности стрельбы было разрешено изобретением нарезной артиллерии (1858 г.—Франция, 1867—Россия). Переход к нарезным орудиям вызвал изменение формы С. Сферич. С. заменен продолговатым цилиндрическим; такой

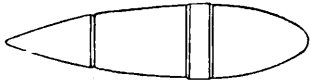
снаряд, будучи в 3—4 и более раз длиннее шарового, имеет при том же калибре больший вес, большую энергию удара в прочную цель, больший вес разрывного заряда, большее количество пуль (в шрапнели), значительно меньшую потерю скорости при полете (следствие большей поперечной нагрузки и более выгодной для преодоления сопротивления воздуха формы головной части), гораздо большую дальность, кучность и меткость. Принятие продолговатых С. значительно облегчило вопрос об устройстве дистанционных и ударных трубок и обеспечило надежность их действия. С. нарезной артиллерии изготовлялись с готовыми выступами или с ведущими частями (из мягкого металла): неудобство первых вскоре повело к полному их вытеснению и повсеместному переходу к орудиям, заряжаемым с казны, стреляющим С. со свинцовой оболочкой (фиг. 1).



Фиг. 1.

Многие отрицательные свойства этих оболочек (непрочность припоя, образование под оболочкой ржавчины, большой мертвый груз, доходящий до $\frac{1}{5}$ веса снаряда при толстой свинцовой оболочке и до $\frac{1}{15}$ —при тонкой, необходимость устройства желобов на корпусе С. для прикрепления оболочки, что вынуждало увеличить толщину стенок снаряда, а следовательно уменьшить камеру для разрывного заряда и пр.) привели вскоре к замене их ведущими поясками из красной меди, укрепляемыми на цилиндрической поверхности С. вблизи дна, и к устройству центрирующих утолщений на корпусе С. вблизи головной его части. Для успешности стрельбы удлиненным цилиндрич. С., вращающимся при полете в воздухе вокруг своей продольной оси, необходимо соблюдение следующего основного условия: продольная ось С. должна сохранять свое положение в пространстве во время полета С. в воздухе после выхода его из канала орудия; при соблюдении этого условия летящий С. преодолевает действие силы тяжести, стремящейся притянуть его к земле, и силу сопротивления воздуха, стремящуюся опрокинуть головку снаряда. Достижение этого условия требует, чтобы еще в канале орудия С. получал максимальное ускоряющееся вращение вокруг своей продольной оси; это вращение должно сохраняться во время всего полета С. Вращательное движение С. в канале ствола орудия достигается прохождением С. по винтообразным нарезам прогрессирующей крутизны, устроенным в канале орудия. Чем больше начальная скорость полета С., чем быстрее его вращение вокруг продольной оси, тем устойчивее положение оси при полете и тем больше его сопротивление опрокидыванию. При вращении С. в воздухе вокруг его продольной оси получают боковые отклонения, имеющие незначительное влияние на правильность полета С. Обычно С. представляет собою полый цилиндр с привинченной головной частью. Современные орудия стреляют полными С. (граната, шрапнель, картечь). Материальное и моральное воздействие полого С. достигается разрывом его корпуса на части, из которых каждая имеет размеры и скорость полета, достаточные для вывода человека из строя, и действием взрывчатого вещества, находящегося внутри С. Для достижения такого воздействия С. должен иметь

в себе специальное устройство, действующее лишь при попадании С. в цель (взрыватель, ударная трубка) или при разрыве С. вблизи цели, т. е. на известной дистанции от орудия, или через известный промежуток времени полета (дистанционная трубка). Задаваясь увеличением длины С., надо иметь в виду, что более длинные снаряды стремятся к опрокидыванию, а также качанию (болтанию) при полете. Длинные С. лучше преодолевают сопротивление воздуха, но для этого необходима большая скорость вращения снаряда вокруг продольной оси, что приводит к необходимости более крутых нарезов в канале орудия. Для исчерпывающей полноты действия боевого заряда на дно С. (выбрасывающая сила) необходима газонепроницаемость, т. е. чтобы газы не проникали между стенками С. и канала орудия; газонепроницаемость достигается ведущими поясками С., врезающимися в нарезки стенок канала орудия. Для лучшего преодоления сопротивления воздуха, т. е. сжатия воздуха перед головной и нижней поверхностями летящего С., желателен больший собственный вес С., потому что при этом получается большая поперечная нагрузка С. Лучшее преодоление сжатия воздуха находится также в зависимости от формы головной части С. При заостренной головной части С. воздух обтекает голову С., скользя по его поверхности. Чем длиннее и острее головная часть снаряда, тем лучше она преодолевает сопротивление воздуха; но артиллерийским снарядам из-за их внутреннего устройства нельзя придать такую наилучшую форму острия, как пулям ручного оружия. Снаряд должен иметь такую длину, к-рая не увеличивала бы силы сопротивления (сжатия) воздуха и не создавала бы опасности сплющивания снаряда при выстреле. Практически длина С. не превышает $4-4\frac{1}{2}$ калибров и лишь в разрывных гранатах достигает $5-6$ калибров. Лучшему обтеканию воздуха способствуют гладкая шлифовка наружной поверхности С. и сглаживание всяких ее острых углов; трубка С. (ударная и дистанционная) должна иметь внешнюю поверхность, соответствующую форме острия С.; она прикрывается колпачком, внешняя поверхность которого вполне соответствует форме головной части С. В настоящее время применяются С., имеющие



Фиг. 2.

форму «улучшенного проникания», у которых головная часть имеет удлиненное очертание, а донная часть, называемая нередко «кормовой», также несколько оттянута и закруглена (фиг. 2). Такая форма способствует лучшему прониканию С. в среду воздуха головной частью и лучшему обтеканию его у кормовой части. Эти преимущества выявляются заметным образом при развитии больших скоростей полета снаряда. Лучшее проникание снаряда в среду воздуха и лучшее обтекание его имеют последствием уменьшение силы сопротивления воздуха движению снаряда, почему при прочих одинаковых условиях дальность полета снаряда улучшенного проникания получается больше, чем у снаряда обыкновенной формы.

В настоящее время различают три вида разрушительного действия С.: ударное, фугасное и осколочное. Для получения достаточного ударного действия для пробива-

ния напр. брони применяют особые бронебойные или бронебойно-фугасные С. Разрушение построек, оборонительных построек и т. п., где необходимо большое фугасное действие, достигается применением гранат с взрыванием замедленного действия. Для уничтожения живой силы, т. е. для решения тех задач, где необходимо хорошее осколочное действие, применяют шрапнель, гранату с установкой взрывателя на мгновенное (осколочное) действие—бризантная граната, рвущаяся в воздухе, и граната, рвущаяся после рикошета.

1. Ударное действие С. зависит от угла встречи, окончательной скорости, формы, его веса, металла, из к-рого сделан С., и характера преграды. Наибольшее ударное действие будет следовательно у С. большого веса (большого калибра), сохранивших в момент удара большую окончательную скорость. В зависимости от угла встречи С. проходит в земляном грунте следующий путь: а) при углах встречи от 0 до $8-10^\circ$ все С. рикошетируют, делая в месте рикошета борозду глубиной $10-15$ см и длиной $1-1\frac{1}{2}$ м; б) при углах встречи от 10 до $15^\circ-75^\circ$ С. рикошетируют, оставляя открытую борозду глубиной $20-30$ см или проходя под поверхностью земли на глубине $50-70$ см; остальные 25% снарядов дают нормальный фугасный разрыв (воронку); в) при углах встречи от 20 до 30° рикошетируют только ок. $\frac{1}{2}$ всех С.; г) при углах встречи, больших 30° , путь движения С. в грунте близок к прямолинейному и составляет продолжение траектории в точке падения. Глубина проникания С. в этом случае зависит от его веса, формы, окончательной скорости и характера грунта. Проникание С. в бетон и железобетон бывает различно в зависимости от качества бетона и в первую очередь зависит от живой силы С. $\frac{Pv_c^2}{2g}$ в момент встречи. Поэтому стрельба по бетону требует больших окончательных скоростей v_c и большого веса P С. Это приводит к использованию для стрельбы по бетону С. бронебойно-фугасных с утолщенной головкой, часто из закаленной стали и, с донным взрывателем замедленного действия. Глубина проникания С. в преграду в условиях попадания С. по нормали к преграде по опытным данным м. б. выражена формулой:

$$L = a \frac{P}{d^2} v_c^2,$$

где L —величина проникания в м вершины С. по касательной к траектории в точке удара, a —численный коэф., характеризующий материал среды (определяется из опыта), P —вес С. в кг, d —калибр С. в мм и v_c —окончательная скорость С. в точке его падения в м/сек. Числовые значения коэффициента a для разных грунтов и материалов принимаются следующие: земля свеженасыпанная— $0,0000130$, плотнослежавшаяся— $0,0000065$, дерево— $0,0000050$, песок— $0,0000045$, камень— $0,0000025$, бетон— $0,0000010$, железобетон— $0,0000065$. Действие С. по броне теоретически еще мало изучено, но для практич. разрешения этого вопроса произведено очень много опытов и имеется большое количество эмпирич. ф-л, в к-рых дана зависимость между толщиной пробиваемой брони, калибром, весом С. и углом встречи для броневых плит разных качеств. Для характеристичности С., пробивающих броневые плиты из вяз-

кой стали и цементированных плит на наружной поверхности, пользуются формулой:

$$b = \frac{1}{2} \frac{v}{1000} d,$$

где b —толщина плиты в мм, d —калибр С. в мм, v —скорость С. в м/сек, необходимая для пробивания плиты. Для стальных нецементированных плит эта формула приобретает следующий вид:

$$b = \frac{v}{1000} d.$$

Для определения живой силы, необходимой для пробивания броневыми С. брони различной толщины и различных качеств, наибольшее распространение имеет формула Жакоб-де-Мара:

$$v_c = k_1 \cdot 1814 \frac{d^{0,75}}{P \cdot 0,5} \left(\frac{b}{\sin \alpha} \right)^{0,7}.$$

В этой ф-ле v_c —окончательная скорость С. в м/сек, d —калибр в мм, P —вес С. в кг, b —толщина брони в мм, α —угол встречи и k_1 —коэф., характеризующий качество брони по сравнению с броней обыкновенной стали. Значение коэф-та k_1 для различных качеств брони будет следующее: железная—0,836, стальная—1,000, хромоникелевая—1,050, крупшовская нецементированная—1,190, крупшовская цементированная—1,405. Пользуясь этой ф-лой, можно при данном С., имея определенную толщину брони, определить, какова д. б. окончательная скорость, т. е. какова д. б. предельная дальность стрельбы и, наоборот, задаваясь определенной окончательной скоростью (дальность стрельбы), можно определить предельную толщину пробиваемой плиты.

2. Фугасное действие С.—это разрушительное действие, производимое газами разрывного заряда С. Оно зависит от веса разрывного заряда, силы взрывчатого вещества взрывателя, прочности С. и характера сопротивления разрушаемой среды. Фугасное действие проявляется в сильном сотрясении прилегающей среды, в нарушении связи между ее частями и в сообщении им значительной скорости. При разрыве С. в земле газы разрывного заряда поднимают находящуюся над снарядом землю и разбрасывают ее, образуя воронку. За меру фугасного действия принимается объем воронки. Объем воронки в земле может быть определен по ф-ле: $W = 10m\lambda c$, где W —объем воронки в м³, m —коэф., зависящий от свойств грунта, λ —коэф., зависящий от свойств взрывчатого вещества, и c —вес разрывного заряда в кг. Для грунта средней твердости можно принять $m=1$, для обыкновенного пороха $\lambda=1$, для бездымного—1,5, для тротила и мелинита $\lambda=2$. Если фугасный С. уходит слишком глубоко в землю, то сила газов может оказаться недостаточной, чтобы поднять и выбросить землю; в таком случае воронки снаружи не образуется, а получается т. н. камуфлет. При действии по бетонным и каменным постройкам фугасное действие может не увеличивает глубины воронки, произведенной ударом С., но зато значительно увеличивает ее диаметр и объем. При стрельбе из гаубиц и пушек наружный диаметр воронки в 1/2, 2 и 3 раза больше глубины воронки, соответствующей для С., неснаряженных обыкновенным порохом и снаряженных тротилом. О величине фугасного действия снаряда можно судить по следующим данным, приведенным в табл. 1, представляющей характеристику снарядов с указанием величины их фугасного действия.

Табл. 1.—Характеристика снарядов и величина их фугасного действия.

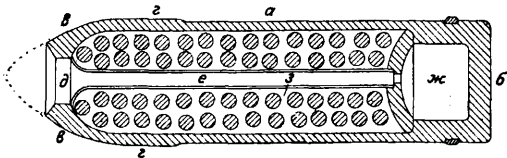
Название орудия	Вес в кг		Размер воронки в м	
	снаряда	разрывн. заряда	диам.	глубина
76-мм пушки обр. 1902 г.	6,5	0,8	1,5	0,7
122-мм гауб. обр. 1910 г.	23,0	5	4	1,4
107-мм пушки обр. 1910 г.	16,5	2	2,5	0,8
152-мм гауб. обр. 1909 г.	41	9	4,5	1,6
305-мм гауб.	380	97	5,5	3,5
420-мм гауб.	930	100	10,5	4,25

3. Осколочное действие С. характеризуется числом пораженных элементов при разрыве С. Для выяснения основы действия отдельного С. необходимо знать: 1) характер разлета осколков, 2) число убийных осколков на различных удалениях от точки разрыва, 3) размеры и формы площади действительного и сплошного поражения и 4) влияние на разлет осколков глубины воронки и угла встречи. При разрыве осколочной или фугасной гранаты (с взрывателем мгновенного действия) в воздухе получается несколько сотен осколков, достаточно убийных, которые разбрасываются в стороны, летят вперед и частью назад. Осколки в момент разрыва гранаты получают начальную скорость около 600 м/сек, но вследствие неправильной формы и малого веса уже в расстоянии 20—30 м от точки разрыва теряют свою убийную силу. Число поражающих осколков также в сильной степени зависит от глубины воронки. С увеличением глубины воронки поражение осколками резко падает. Для получения сильного осколочного действия стрельба должна производиться с установкой взрывателя на мгновенное действие. При установке взрывателя на замедленное действие и при небольших углах встречи граната рикошетирует и дает разрыв в воздухе. Стрельбу с задачей получить разрывы гранат с рикошета можно проводить при углах встречи, не превышающих 15°, что при условии горизонтальной местности у цели соответствует дистанции напр. для 76-мм пушки 1902 г. 4 км. Интервал разрыва после рикошета зависит от величины замедления и угла встречи (дистанции). После разрыва главная масса осколков (около 80—90%) разлетается в стороны, но не перпендикулярно оси С., а несколько вперед; небольшое количество крупных осколков идет вперед. Назад летят только отдельные осколки. Угол разлета бокового снопа осколков 30—40°. Зона действительного поражения осколками представляет прямоугольник размерами 30 м по фронту и 10—12 м в глубину, при этом плотность поражения не меньше 0,5 м. Бризантная граната отлично рвется в воздухе от действия дистанционной трубки. Осколочное действие отдельного С. почти не зависит от дистанции и является лишь функцией высоты разрыва. Наилучшая для поражения высота заключается в пределах 5—20 м в зависимости от дистанции (1 1/2—5 км). В этих условиях величина зоны действительного поражения составляет около 10 м в глубину и около 25—30 м по фронту. Действие отдельной шрапнели характеризуется: 1) скоростью, сообщаемой пулям разрывным зарядом; 2) пробивной способностью пуль на различных ди-

станциях стрельбы; 3) углом разлета пуль; 4) законом распределения пуль на плоскости, перпендикулярной к оси шрапнели; 5) числом пораженных мишеней. Наиболее ценный интервал разрыва одной шрапнели, т. е. расстояние по горизонту от точки разрыва до цели, для 76-мм пушки обр. 1902 г., — 25 м, для группы шрапнелей — 80 м при стрельбе на дистанцию 4 км. Для вывода из строя одного человека живая сила осколка (пули) должна быть не менее 8 кг. К главным недостаткам шрапнели надо отнести: сложность ее устройства, дороговизну, трудность стрельбы, требующей большого искусства стреляющего, малую действительность при стрельбе на большие дистанции, невозможность пристрелки высоты разрывов ночью и при стрельбе с воздушным наблюдением и др.

Современные С. в зависимости от их назначения м. б. сведены в следующие группы: осколочные (шрапнель, осколочная граната), фугасные (гранаты, бомбы), бронебойные (бомбы, гранаты) с разновидностью их — бронебойнофугасными С., химические с разновидностью их — зажигательными (светящими и дымовыми).

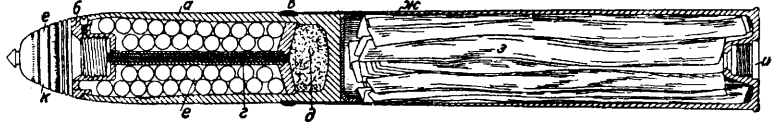
Шрапнель, С. для действия по открытым живым целям и для пристрелки в тех случаях, когда затруднительны наблюдения разрывов других С. Внутри шрапнели имеет центральную трубку — стержень; ее внутренняя полость содержит пули (свинцовые или свинцово-сурьмяные). Попытки заполнить шрапнель стальными пулями оказались неудачными вследствие того, что стальные пули благодаря их гладкой поверхности разлетаются в месте разрыва в разные стороны, т. е. происходит рассеивание пуль, уменьшающее силу действия шрапнели по цели. В месте разрыва шрапнели (в воздухе) образуется дымовое облачко от взрыва минимального разрывного заряда, находящегося внутри шрапнели. Недостатком шрапнели является возможность защиты от ее пораже-



Фиг. 3.

ния легкими прикрытиями. На фиг. 3 изображена конструкция шрапнели с верхней камерой, наиболее распространенной и установленной для вооружения артиллерий армий Европы и США. Главная часть снаряда — цилиндрич. часть, состоящая из стенок *a* и дна *б* с ведущим и центрирующим приспособлением *в* и *г*. Центр тяжести С. находится на его продольной оси позади ее середины. Над верхней камерой *д* помещается ударник с отверстием в середине, через к-рое происходит зажигание разрывного заряда. Струя огня центральной снарядной трубки *е* попадает в верхнюю камеру, усиливается находящимся здесь порохом и особым горючим составом. Разрывной заряд из камеры *ж* выбрасывает пули *з* из шрапнели и сообщает им дополнительную скорость в 60 м, что является главным преимуществом шрапнелей с верхней камерой. Этим достигается густота массы пуль, наименьший угол их разлета

и наилучшее действие по цели. На фиг. 4 изображено устройство патрона с шрапнелью для 76-мм скорострельной пушки образца 1902 г., где *a* — корпус шрапнели (стакан), *б* — головка, *в* — ведущий поясик, *г* — центральная трубка,



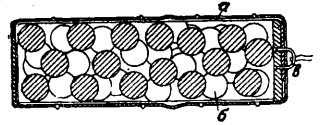
Фиг. 4.

д — разрывной заряд, *е* — пули, *ж* — гильза, *з* — бездымный порох, *и* — капсюльная втулка, *к* — дистанционная трубка. Результат действия шрапнели возрастает с увеличением калибра С., т. е. с увеличением числа пуль. Данные различных шрапнелей см. табл. 2.

Табл. 2. — Характерные данные различных шрапнелей современной войсковой артиллерии РККА.

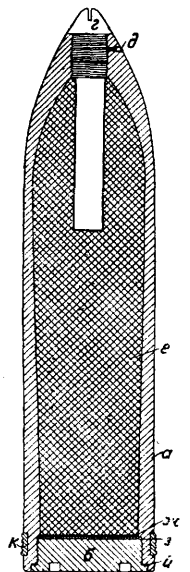
Название шрапнели	Вес снаряда в кг	Вес разрывн. заряда в г	Число пуль	Диам. пули в мм	Вес пули в г
76-мм пулевая	6,5	85	ок. 260	12,7	10,7
122-мм	23	205	ок. 480	15	19
107-мм	16,5	196	600	12,7	10,7

Картечь (фиг. 5) состоит из металлической цилиндрической коробки *a*, наполненной сплошь или неполностью пулями *б*. Медное кольцо *в* на задней половине коробки заставляет ее разламываться в начале движения; боевой заряд выбрасывает пули, которые, вылетая, поражают цель на близких расстояниях от орудия (максимум на 600 м).



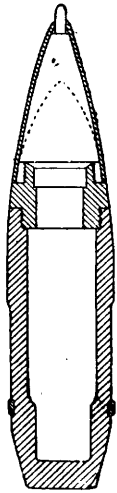
Фиг. 5.

В настоящее время картечь вытесняется из обращения шрапнелями с установкой разрыва «на картечь» и с более значительным полем действия, а также пулеметами. При дальнейшем усовершенствовании техника стремится к выработке единого (универсального) С.; но возникающий при этом вопрос сложных конструкций снарядных трубок до сих пор еще не нашел достаточно удовлетворительного разрешения ни у Крупца (шрапнельные гранаты) ни у Эркердта (бризантные шрапнели) и до сих пор еще остается не вполне разрешенной проблемой. Все выработанные уже типы универсального снаряда превосходят гранаты в рассеивающем действии, а шрапнели — в силе пробивания, но уступают обоим видам С. в том или другом специальном качестве. Это — не полноценные гранаты и не полноценные шрапнели. Поэтому в настоящее время главным С. остается граната. Различают а) гранаты со способностью разрываться на мелкие осколки над целью, б) толстостенные гранаты с небольшим раз-



Фиг. 6.

рывным зарядом, взрывающимся при ударе о преграду или поверхность земли, и в) тонкостенные продолговатые гранаты с большим разрывным зарядом. Если граната должна действовать осколками, то стенки гранаты делаются такой толщины, чтобы при разрыве получалось большее количество осколков достаточного веса; обычно вес осколка должен быть около 10 г при соответствующей скорости полета; но даже мелкие осколки в 4 г могут причинять ранения вблизи места разрыва, если граната разрывается на разнообразные удлиненные, острые, зубчатые, равные части. Гранаты фугасного действия, например для разрушения устойчивых земляных покрытий, бронированных покрытий и т. п., делаются тонкостенными для наполнения возможно большим количеством взрывчатого вещества; такой снаряд должен сначала проникнуть в преграду, а уже после того разорваться. Чтобы снаряд не разорвался до попадания в цель, его головную часть делают особо прочной. Гранаты, назначаемые для дальнебойной стрельбы, должны своею формою способствовать наибольшему преодолению сопротивления воздуха, поэтому их внешнее очертание приближается к теоретич. форме ружейной пули. Фугасная бомба (на фиг. 6 показана фугасная бомба 152-мм полевой гаубицы) состоит из стального корпуса а с винтным дном б и головным очком для стальной втулки г или взрывателя; последний удерживается от вращения прижимным винтом д. Разрывной заряд (8,4 кг тротила) е помещен в камеру стального С. и отдален от дна жестяным кружком жс и фильтрованной бумагой з; под закраину дна подложено свинцовое кольцо и. С. снабжен ведущим медным пояском к и центрующим утолщением. Вес снаряженной бомбы 40 кг. Бронейбойные С. по своему устройству напоминают фугасные, с той лишь разницей, что очко для взрывателя делается не в головной части, а в донной; головная часть и стенки С. утолщены за счет уменьшения внутренней пустоты С., вследствие чего вес разрывного заряда всего лишь 2—3% веса С. Для обеспечения лучших условий пробивания брони головная часть бронейбойных С. снабжается наконечником из мягкой стали (впервые предложен адм. Макаровым) и баллистич. наконечником, придающим головной части С. форму, наиболее выгодную для преодоления сопротивления воздуха. В настоящее время принимается средний тип бронейбойнофугасного снаряда с 7—10% тротила (в чисто фугасном 12—15%). Герм. граната имеет вид сигары; передний конец заостренный и сзади срезанный (фиг. 7). Для действия по броне граната с головкой обычной крепости не удовлетворяет, т. к. при этом граната разрывается на поверхность брони, не причиняя повреждения. Экспериментальные данные показали, что С. с колпаками из ковкого железа или мягкой стали легче пробивают закаленные броневые плиты, чем С. с непокрытой закаленной верхушкой головной части С. Колпак панцрной гранаты (фиг. 8) предохраняет его головную часть от давления на нее при ударе, а дальнейшее взрывающее действие идет на пробивку брони; предположение, что



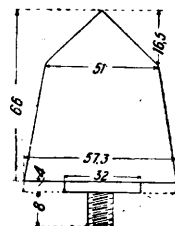
Фиг. 7.

материал колпака действует как смазочное средство, неудовлетворительно; более вероятно, что при попадании головная часть С. проскальзывает в находящийся перед ней колпак, плотно охватывается им, что и предохраняет ее от раскалывания. В настоящее время мелкокалиберные бронейбойные С. приобрели особое значение при применении для стрельбы по танкам и бронемашинам. Для успешности такой стрельбы требуется большая начальная скорость, укороченная форма С. и возможность наблюдения за ним.



Фиг. 8.

Производство снарядов. Технич. условия на материал для снарядных корпусов зависят от типа снарядов: осколочные (шрапнель) требуют $R = 80 \text{ кг/мм}^2$, $A = 8\%$; фугасные $E = 42 \text{ кг/мм}^2$, $A = 12\%$ и наконец бронейбойные должны пройти цементированную плиту толщиной $\frac{1}{2}$ калибра при ударе под углом 25° к нормали и остаться целыми, что достигается при $E = 80\text{—}85 \text{ кг/мм}^2$ и $A = 15\%$ при поперечной пробе, где R —сопротивление на разрыв, A —удлинение, E —предел текучести. Партия С. заказывается смотря по калибру и тигу $3''$, $42'''$, $48'''$ (фугасные) по 10—20 тыс. шт. и больше, партия бронейбойных 200—500 шт. Из этого следует, что производство С. массовое, приемка и испытание их м. б. только по партиям, но не по плавкам или каким-либо другим признакам. В виду этого неудачу при сдаче С. надо рассматривать как ненадежный технологич. процесс, а отсюда как вывод—производство С. должно иметь вполне выработанные приемы, оборудование и металл. Опыт войны 1914—18 гг. дал многие указания на разработку этих способов. Следует особо отметить опубликованную разработку технологии процесса фугасных С. всех калибров (3—11") во Франции под руководством Le-Chatelier и L. Guillet. Корпуса С. этого типа изготовляются из прокатанной на квадрат заготовки с закругленными углами, режутся на куски для каждого С., из которых штамуются стаканы с последующей протяжкой корпуса, закаткой головной части, отжимаются, обрабатываются снятием стружки, термически обрабатываются и наконец отделяются начисто. Из всех этих переходов наиболее трудными моментами оказались: форма прошивного пуансона (влияние на пористость дна стакана и стойкость самого пуансона) и идентичность термообработки всех С., т. к. кроме прочности С. в канале орудия требуется, чтобы С. рвался на определенное число кусков при испытании в яме (фугасный С.). Основной формой была найдена форма острого пуансона гл. обр. хромоник. сталь с 0,3% V (С—0,25—30; Ni—3—3,5; Cr—8,25—1,5; V—0,25—3,5).

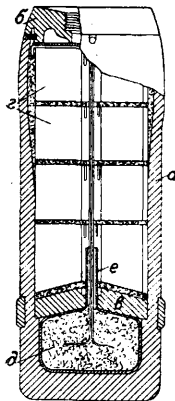


Фиг. 9.

Особенно трудно достичь при массовом производстве идентичности закалки всех С. В результате исследований и опытов Guillet было найдено, что закалывать надо в воде, расход ее в секунду равен весу С. (4,5 л на 3" снаряд), охлаждающие д. б. равномерное по всей поверхности С. как внутренней, так и наружной. Главной основой контроля всего производства выбран метод твердости (Бринель) на всех переходах (ковка, штамповка, термообработка) и моментальный пуск и выпуск охлаждающей воды, для чего выра-

ботан специальный пусковой кран и весь охлаждаемый (закалочный) аппарат. Более сложным процессом как по выбору металла, так и по методу обработки является изготовление бронебойных С. Крупные С. (от 10 до 14") изготовляются только из хромоникелевой стали, ибо только этот тип стали достаточно дешев и хорошо выдерживает испытание стрельбой. В дальнейшем явится потребность в очень мелких ($1\frac{1}{2}$ —3") бронебойных С. в большом количестве (протivotанковые). Эти типы С. в последней войне не применялись. Для облегчения пробития брони С. снабжаются наконечниками (фиг. 8). Из них верхний служит для хорошего отбегания воздуха и обычно изготовляется из латуни. Второй облегчает пробитие брони и имеет срезанную площадку обычно очень твердую на глубину ~ 20 мм, а дальше очень вязкое кольцо. Из всего вышесказанного следует, что производство С. должно опираться на очень опытный персонал и достаточно мощную базу как металлургическую, так и базу холодной обработки.

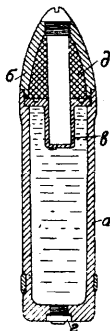
В качестве взрывчатого вещества в бронебойных С. в настоящее время наиболее распространены азотистые соединения (нитровещества). Чем плотнее заложено взрывчатое вещество в С., тем больше получается его фугасное действие. Современная война требует специальных бронебойных С., выбрасываемых на значительные расстояния (по броневым башням, по броне судов флота и т. п.). В зажигательных С. корпус рассчитан на содержание воспламеняющихся веществ (фосфор, термит и др.). На фиг. 10 показано устройство зажигательного сегментного С. 107-мм полевой пушки образца 1910 г. С. состоит из корпуса *a*, головки *b* и перегородки (диафрагмы) *c*. Корпус снаряжается 16 зажигательными сегментами *e*, в к-рых за-



Фиг. 10.

прессована зажигат. смесь (термит); сегменты уложены над диафрагмой; под диафрагмой помещается вышибной заряд *o* из ружейного пороха, смешанного с древесными опилками для получения дыма. Передача огня от дистанционной трубки производится стопином *e*; пространство между внутренними стенками стакана и сегментами заполнено войлоком; между сегментами и на диафрагме положены войлочные кружки. Светящие С., предназначенные для освещения определенного участка местности или для сигнализации, должны разрываться в воздухе и давать световой пучок, медленно опускающийся к земле и освещающий при этом местность; светящие С. для освещения местности и сигнализации в настоящее время заменяются световыми пистолетами и электрич. прожекторами. В нек-рых случаях применяются трассирующие С. для обозначения пути С. в воздухе. Дымовые С.—для окутывания туманом впереди лежащей местности или участков водного пространства. Такие С. начинаются сухим или жидким медленно распространяющимся туманиющим веществом. Химические (отравляющие) С. сделались новейшим вспомогательным средством войны. На Вашингтонской конференции в начале 1922 г. всеми странами было принято предложение США о запрещении применения ядов, удушливых газов или соответ-

ствующих жидких веществ. Однако все капиталистич. государства в настоящее время изготовляют боевые припасы с отравляющими веществами (О. В.). Для снаряжения химических С. применяются О. В. слезоточивые, чихательные, действующие на органы дыхания, нарывные, отравляющие кровь и нервы. Все эти вещества должны наносить вред противнику, но, с другой стороны, в интересах нападения они должны по истечении определенного промежутка времени улетучиваться, чтобы нападающий мог вступить в отравленную им зону без вреда для себя. Устройство химич. снарядов указано на фиг. 11. Химич. С. состоит из стального корпуса *a*, приставной головки *b*, перегородки *c* с гнездом для взрывателя и донной втулки *g*. Сверху перегородки помещается разрывной заряд *d* (тротилловый), а между дном С. и перегородкой помещается химический состав (жидкость). Снаряд разрывается от действия разрывного заряда, а жидкость, разрываясь или испаряясь, образует ядовитое облако. Германцы в войну 1914—18 гг. применяли химические С. для всех пушечных и гаубичных калибров от 77 мм до 210 мм, снаряжая их как стойкими, так и нестойкими О. В. в жидком или твердом виде. Наиболее употребительными О. В., идущими на снаряжение химич. С., являются хлорпикрин, хлорацетофенон, бромбензилцианид, иприт, люизит, арсин и др. В качестве дымообразующих веществ наилучшие результаты дает белый фосфор. Полезный вес О. В. в химич. С. составляет 8—12%.



Фиг. 11.

Действие светящих С. Светящие С. применяются для освещения местности или расположения противника, когда отсутствуют другие средства освещения (прожекторы). Разрыв С. на высоте около 300 м дает удовлетворительное освещение местности на площади круга радиусом ок. 500 м. Продолжительность освещения ок. 1 мин. Трассирующие действие С. заключается в том, что последние во время своего полета оставляют за собой светящийся или дымный след на всей длине траектории или на ее части. Трассирующим действием обыкновенно пользуются при пристрелке по воздушным целям для определения полета С. относительно цели. В учебных целях трассирующее действие С. применяют для наглядного показа войскам фигуры траектории. Дымные С. предназначаются для ослепления отдельных точек противника (наблюдательных пунктов, огневых точек и т. п.) и для образования дымовых завес. Разрыв дымного С. сопровождается большим облаком дыма, видимым с любой дистанции наблюдения. Размер облака при разрыве 76-мм дымной гранаты доходит до 20 м по фронту и 20—30 м высоты. Благоприятными условиями для применения дымных С. являются: сырая погода, грунт, покрытый растительностью (высокая трава, мелкий кустарник), безветрие. При скорости наземного ветра ок. 10 м/сек стрельба дымными С. с целью ослепления противника недействительна. Зажигательные С. применяются для устройства пожаров в расположении противника. Благоприятными условиями для применения зажигательных С. являются: сухая погода, наличие легко воспламеняющихся сухих материалов и построек. Большое значение при стрельбе зажи-

гательными С. для дистанционного действия имеет наивыгоднейший интервал разрыва, т. к. при большом интервале термитовые сегменты теряют свою скорость и не впадают в цель (напр. деревянный струб), а при малом интервале будут встречать цель, не успев разгореться. Действие С., снаряженного нестойкими и О. В., основано на том, что при ударе и взрыве по ударно-детонаторной трубке его головная часть разворачивается и О. В. обращается в облако пара или тумана, частью выплескивается на поверхность почвы, откуда, испаряясь, отравляет некое время как почву, так и нижние слои атмосферы. Эти С. осколочным действием не обладают, т. к. оболочка С. только раскрывается, но не дробится. С., снаряженные стойкими и О. В., имеют разрывной заряд в 15—30% веса О. В., раздробляющий оболочку С. и разбрызгивающий О. В. на почву. Эти С. обладают уже неким осколочным действием; предназначенные же для действия гл. обр. облаком тумана имеют разрывной заряд от 30 до 200% веса О. В. Действие С., снаряженных твердыми и О. В., основано на том, что при разрыве такого С. твердое О. В. обращается под действием большого разрывного заряда в облако пара. С. зенитной артиллерии должен обеспечивать наибольшую вероятность поражения мало уязвимой и быстро подвижной аэроцели. Малая пригодность обычных типов С., принятых для полевых орудий, требует применения для зенитной стрельбы С. специального типа. Для зенитных орудий мелкого калибра применяются граната с мгновенной трубкой и трассирующие С., для среднего и крупного калибра—бризантно-осколочная граната, шрапнель, зажигательные и трассирующие С. Реактивные, или ракетные, С. основаны на идее пиротехнических ракет (см.). Они имеют в своей тыльной части пороховой заряд, при взрыве к-рого получается толчок, сообщающий С. движение. В современных реактивных С. вместо черного пороха применяется жидкое топливо, состоящее из смеси углеводородов и других подобных веществ. Развитие металлургии в области производства легких сплавов высокой крепости способствует усовершенствованию реактивных С. в смысле уменьшения их веса. Идея развития реактивных С. открывает большие перспективы в военном деле в смысле повышения дальности и сверхдальности и разрушительного действия С. Кроме того приборы для их бросания несравненно легче современных артиллерийских орудий, а самые С. экономнее и могут применяться в большом количестве.

Агитационный снаряд (см.)—для распространения среди войск противника и населения агитационной литературы. Учебные С. применяются для учебных целей по боевой подготовке артиллерийских частей. С. отливаются из чугуна и обшиваются прочной кожей; в головное очко гранаты ввинчивается втулка; а в шрапнель охолощенная дистанционная трубка с холостыми ударниками. Как проблема разработки новых конструкций С. имеют место следующие виды С.

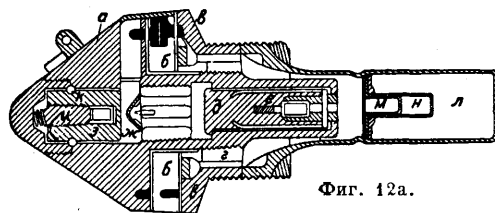
Невращающиеся С. Для придания С. вращательного движения тратится значительное количество энергии заряда; вместо заряда создается устойчивость путем применения стабилизаторов наподобие стабилизаторов у авиационных бомб (см. *Авиабомба*). Идея таких С. возникла в связи с необходимостью исполь-

зовать С. большого веса при стрельбе из легких орудий (минометов). С. с постоянными выступами позволяют более рационально использовать силу давления пороховых газов (часть к-рых расходуется на преодоление сопротивления ведущих поясков), что повышает дальность стрельбы. Опыты, проведенные во Франции Шарбонье, дают напр. данные, что дальность 155-мм пушки равна при обычном С., весом в 43 кг, 16 км; при С. с готовыми выступами—достигает 19 км при весе С. 60 кг. Неудобство С. с постоянными выступами заключается в сложности их изготовления, в большой трудности устранить прорыв газов между выступами и стенками канала.

Снарядные трубки заставляют С. разорваться или при попадании в цель, или в воздухе, или по желанию—как в воздухе, так и при попадании в цель. Соответственно этому сконструированы снарядные трубки: ударные, дистанционные, двойного действия (соединение первых двух). Наряду с требованием обязательного зажигания взрывчатого вещества, находящегося внутри С., трубки должны давать легкое, простое, быстрое, безопасное их обслуживание и управление ими, а также нечувствительность к погоде и к тряске при перевозке; трубки д. б. вполне безопасными при нахождении в С. даже продолжительное время; вес трубки д. б. незначительный, чтобы трубка не нарушала баллистики свойств С. Кроме всех этих требований снарядная трубка д. б. настолько устойчивой, чтобы не взорваться преждевременно; во всяком случае д. б. полная гарантия от разрыва С. в канале орудия и вблизи орудия.

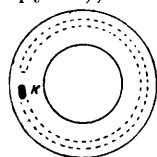
Правильное действие дистанционной трубки обуславливается постоянно скоростью полета С. и длиной траектории полета, иначе говоря, определенным типом орудия и С. с постоянными весом и скоростью. К недостаткам дистанционной трубки относятся: а) долгое хранение, впитывание влаги из воздуха и влияние погоды оказывают влияние на скорость горения; от этого могут произойти отклонения в положении места разрыва; б) тяжелый сухой воздух, встречный ветер ускоряют горение; эти причины необходимо учитывать при установке трубки, что приводит к замедлению скорости огня. Внешняя форма снарядной трубки должна соответствовать форме головной части С. Ударные трубки, или *взрыватели* (см.), применяются для разрыва фугасных и фугасно-пробивных гранат. Во избежание преждевременного разрыва для достижения безопасности при перевозке и невозможности взрыва от толчка при выстреле из орудия ударник д. б. закреплен; это осуществляется пружинами, стопорным кольцом или прокладкой пороха (последнее ненадежно). С началом движения С. в канале орудия ударник вследствие инерции отскакивает несколько назад, отчего сжимается пружина, или стопорное кольцо, или сгорает пороховая прокладка; во всяком случае ударник получает от этого свободу движения вперед, которое и осуществляется при внезапной остановке движения С. (попадание). Во время полета С. при соприкосновении с верхушками деревьев, кустарником и т. п. возможны преждевременные разрывы. Для приведения ударной трубки в боеготовое состояние надлежит выдернуть предохранительное приспособление в виде чеки. Если С. при попадании в цель должен сначала проникнуть на

некую глубину прежде, нежели взорваться, то его снабжают трубкою с замедлителем: между трубкою и разрывным зарядом помещают горючее вещество, которое должно выгореть полностью прежде, чем струя огня воспламенит разрывной заряд. Дистанционное действие трубки и ударника м. б. совмещено в конструкции особой снарядной трубки, т. наз. трубки двойного действия. Устройством этой трубки видно из фиг. 12а, на которой изобра-



жен поперечный разрез дистанционной трубки двойного действия, где а—верхнее дистанционное кольцо, б—нижнее дистанционное кольцо, в—тарель, г—установочное кольцо, д—ударник е—жало, ж—сторпное кольцо, з—дистанционный ударник, и—взрыватель, к—предохранительная чека, л—капсоль с взрывающим составом, м—ударный капсоль (детонатор), н—состав с замедлителем. В трубке двойного действия всегда можно выключить трубку зажигания установкой точки К прямо под мостиком вставного кольца К (фиг. 12б); тогда пламя верхнего кольца не может достичь нижнего кольца или ударной камеры. Если трубка поставлена на удар, то С. разрывается только от действия ударного приспособления.

Существует несколько предположений дальнейшего усовершенствования трубок двойного действия по различным принципам. Из них следует отметить следующие: а) введение часового механизма, включающегося при толчке газов боевого заряда (трубка на время); применение таких трубок ограничивается дороговизной их изготовления, а также вследствие вредного влияния ускорения работы часового механизма, могущего появиться от центробежной силы; эта возможность до сих пор не устранена; б) соединение в одной снарядной трубке разных способов действия (многодействующая трубка); такая трубка может служить для оборо-



Фиг. 12б.

ны в случае быстрого и внезапного нападения (ударное и картечное действие); в) изобретение механич. снарядной трубки на время без часового механизма; г) проблема использования для зажигательного механизма вращения снаряда на полете; сначала часть механизма не принимает участия во вращательном движении снаряда, и лишь после вполне определенного числа оборотов С. вокруг его продольной оси снарядная трубка приходит в действие; от вращения происходит вытекание жидкости или вылет пуль, и вследствие этого устанавливается снарядная трубка на время; д) конструирование двойной трубки с особо чувствительным действием на удар. Однако производство многодействующих трубок продолжительно, технически затруднительно и обходится дорого; на войне такие трубки давали лишь обычные результаты. Т. о. до настоящего времени самой распространенной остается достаточно разработанная снарядная трубка двой-

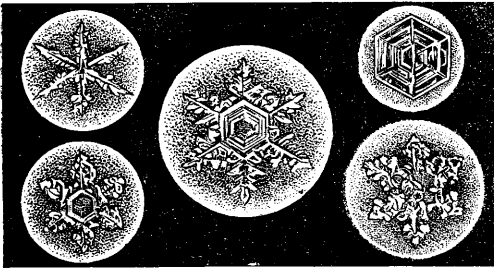
ного действия, точность действия которой и быстрота установки увеличились вследствие замены установки ключом установкой специальных приспособлениями, чем исключена возможность ошибок в установке и достигнута безошибочность в назначении времени горения.

Современная скорострельная артиллерия расходует в боях огромное количество снарядов. В Шампани в сентябре 1915 г. за 5 дней было выпущено 1 387 300 С. 75-мм и 300 000 тяжелых С.; средний расход на 75-мм пушку 1 260 и на тяжелое орудие 350 С. На Сомме в июле 1916 г. было выпущено 2 013 484 С. 75-мм и 519 165 тяжелых С.; средний расход С. в первый день боя был 600—75-мм и 125 тяжелых С. на 1 орудие. Такой расход С. предъявлял особо тяжелые требования к промышленности в отношении своевременного пополнения армейских запасов С. Уже в первые месяцы войны все армии испытывали снарядный голод, ибо запасы мирного времени были очень ограничены (у нас 1 000 выстрелов, во Франции 2 000 на 75-мм легкую пушку), а подготовке мобилизации промышленности ни одна из воюющих стран, не исключая и Германии, не уделила должного внимания. Опыт войны 1914—18 гг. показал, что война ведется не только за счет запасов, заготовленных в мирное время (мобилизационные запасы), но и гл. обр. за счет тех материальных средств, к-рые м. б. предоставлены армии уже в период войны внутренними производительными силами страны на основе планового их мобилизационного развертывания и предварительной подготовки мирного времени (расчеты, выписка и заготовка оборудования; заготовка лекал, инструмента и материалов; постройки, подготовка кадров рабочих и пр.). Все заготовленное в мирное время в русской армии количество С. было подано на фронт в течение первых 4 месяцев войны (по мобилизационным расписаниям их должно было хватить на 16 месяцев). Общее количество выстрелов, считавшееся достаточным для ведения войны в русской армии (мобилизационные запасы), было для 76-мм орудий 6,4 млн. и для орудий среднего калибра—0,6 млн., фактически же за время войны было подано на фронт 60,4 млн. 76-мм С. и 11,8 млн. С. среднего калибра. Недостаток С. вызвал катастрофич. отход русских армий в 1915 г.; хронич. недостаток тяжелых С. русская армия испытывала до конца войны, что было одной из причин неудач ее наступательных операций в 1916—17 гг. В качестве положительного примера развертывания производства С. можно указать на деятельность Эджвудского арсенала США, добившегося в короткий срок производительности 200 000 химич. С. в сутки. Экономич. сторона обеспечения армии С. ясна из сравнительного анализа стоимости орудий и боеприпасов к ним; считая по довоенной стоимости цену одной 76-мм пушки с лафетом 3 150 руб., а стоимость 5 000 выстрелов (до полного износа орудия от стрельбы) 105 000 р., имеем на перевооружение в числе 4 000 орудий 12,5 млн. р. и на боеприпасы к армии 420 млн. р.

Лит.: Нилус и Маркевич, Полный курс артиллерии, 2 изд., СПб, 1907—1912, 1916; Козловский Д., Артиллерия, т. 1—3, М.—Л., 1928, 1929; Нилус, История артиллерии, ч. 1 и 2, Курс старшего класса Артиллерийской академии, П., 1909; Пытович П., Краткий очерк эволюции артиллерии, М., 1930; Маниковский А., Боевое снабжение русской армии в мировую войну, 2 изд., т. 1, М., 1930; Триандафиллов В., Характер операций современных армий, М., 1932; Сыромятников, При-

кладная техника артиллерии, 2 изд., М., 1927; Ф и ш м а н, Военно-химич. дело в современной войне, М., 1930; Ш в а р т е, Техника в мировой войне, М., 1927; К а м п а н а, Успехи артиллерийской техники, пер. с франц., М., 1927; Р и м а л ь о, Артиллерия полевых армий, пер. с франц., М., 1927; Э р р, Артиллерия в прошлом, настоящем и будущем, 1932; Д ь я к о в А. и Г о е р ц В., Курс стрельбы войсковой артиллерии, М., 1931; Руководство службы полевой тяжелой артиллерии, Боевые припасы, 2 издание, Москва, 1931; S c h w a r t e, Technik im Weltkriege, Berlin, 1920; «Артиллерийский журнал», Р.; «Техника и вооружение», М.; «Revue d'Artillerie», Р.; «The Army Quarterly», L.; «Wehr u. Waffen», В.; «Wissen u. Wehr», В.; «Army Ordnance», N. Y.; «Coast Artillery Corps», N. Y. G u i l l e t L., Recherches sur différents points de la fabrication des obus, Paris, 1917; G u i l l e t L., Trempe, recuit, revenu, t. 2, Paris, 1928. В. Грендаль, Генстенберг и В. Савченко.

СНЕГ, вид атмосферных осадков, выпадающих при t° ниже 0° . В редких случаях С. выпадает у нижних слоев земной поверхности при t° выше 0° ; в долине Энгадина в Швейцарии имело даже место выпадение С. при $t^{\circ} 10^{\circ},9^{\circ}$ вы-



Фиг. 1.

ше нуля. Водяные пары, поднимающиеся вверх при низких t° , охлаждаются, образуя лед в виде кристалликов размером $0,0005-0,001$ см, принимающих самую разнообразную форму пластинок, звездочек, игл, хотя основная форма ледяного кристаллика—правильная шестигранная призма (фиг. 1). Кристаллики, соединяясь вместе, образуют снежинки, составляющие массу снегового покрова. Иногда хлопья С. при неспокойной погоде с порывистым ветром уплотняются, переходят в лед и выпадают в виде крупы—круглых белых непрозрачных ледяных шариков—диам. до $2-5$ мм. Плотность С. повышается от верхних к нижним, более уплотненным слоям покрова. На повышение плотности оказывают влияние смены оттепелей и морозов и метели, вызывающие трение друг о друга кристалликов С., распад их на иглы и уплотнение. Плотность С. колеблется от $0,10$ в поверхностном слое свежевыпавшего С. до $0,63$ в нижних слоях больших толщин (свыше $0,9$ м), сложившихся во время оттепелей. При больших холодах С. падает в виде мелких призм и звездочек с объемом в $15-20$ раз более объема образующейся из него воды; при 0° С. выпадает хлопьями с объемом в $3-5$ раз более объема воды; при оттепели—с еще меньшим объемом.

Теплопроводность снега зависит от его плотности и по Абельсу прямо пропорциональна квадрату его плотности, изменяясь от $0,0000683$ до $0,001690$ cal/cm²сек²°С при изменении плотности от $0,10$ до $0,50$. Столь малая теплопроводность снега играет большую роль, защищая почву, покрытую С., от охлаждения и зимующие растения—от вымерзания. Весною же наблюдается обратное явление: тающий С. охлаждает почву, удерживая ее t° на уровне, неблагоприятном для прорастания, но безвредном для озимых посевов, пока не прекратится чередование оттепелей и замороз-

ков, губительно действующих на растения, и они смогут безопасно вегетировать. С. понижает t° окружающего воздуха вследствие значительной способности отражать световые и тепловые лучи и излучать тепло в пространство. В присутствии С. t° зимы при равных условиях бывает ниже, чем без него. Снеговой покров ослабляет движение воздуха и умеряет силу ветра; нижний слой воздуха над покровом по причине охлаждающего действия С. более плотен, менее подвижен, с трудом вовлекается в движение верхними менее плотными слоями. По этой причине зимние метели реже сопровождаются бурями, чем осенью, и в районах с обширным снеговым покровом наступление зимы оттепелей, вызываемых притокимым со стороны теплым воздухом, затруднено, и они весьма непродолжительны. С. оказывает значительное влияние на влажность воздуха. В то время как его абсолютная влажность под С. невелика, относительная влажность значительна, приближаясь к таковой над пресноводными озерами. Вследствие этого испарение с поверхности С. может достигать 58 мм в месяц, завися гл. обр. от t° , влажности воздуха и силы ветра, к-рый при t° ниже 0° является наиболее важным фактором испарения. Величина испарения по америк. наблюдениям составляет в среднем 14% всего запаса влаги в снеговом покрове.

Теплопрозрачность С., ограничивается слоем не свыше 15 см. Таяние С. по наблю-



Фиг. 2.

дениям С. И. Небольшая приток тепла воздуха и выпадения дождя и отдачи при этом тепла С. и в меньшей степени от непосредственно падающих лучей солнца. При таянии снежинки утрачивают кристаллич. форму, переходя в зернистый лед

с увеличением плотности S в поверхностном слое. В первые дни оттепели t° во всей толще покрова бывает ок. $0,1^{\circ}$, но не выше $0,22^{\circ}$. В Европ. части Союза на С.-В. в районе восточнее Сев. Двины и в верховьях р. Камы, сне-

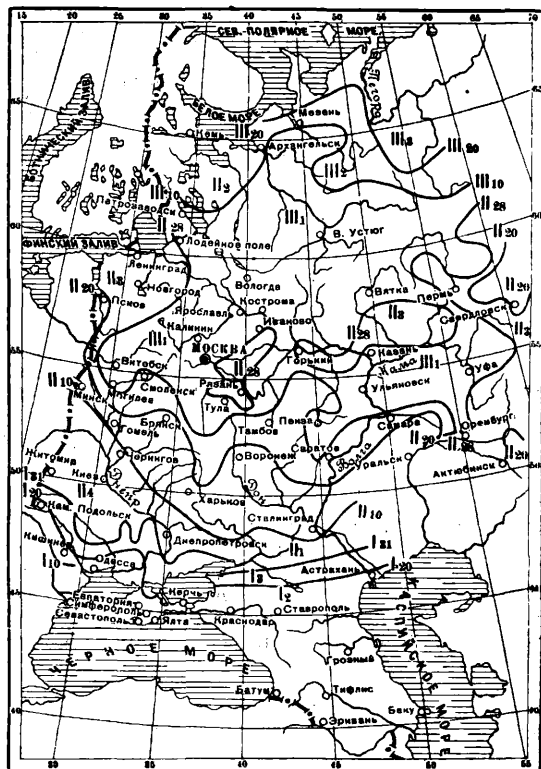


Фиг. 3.

говой покров устанавливается обычно в конце сентября. В первой декаде октября он уже распространяется к западу до 30-го меридиана и к югу до 52-й параллели. Во второй декаде октября снег покрывает всю восточную Европу кроме побережий Черного и отчасти Балтийского морей, где он появляется к первой декаде ноября. Исчезновение покрова наблюдается не так правильно, как его появление. Оно зависит от состояния покрова во время схода и от местных условий; в открытой местности S исчезает быстрее, чем в других местах. На Ю. и З. снег сходит ранее, чем на С. и В. Продолжительность лежания снежного покрова (фиг. 2) возрастает с Ю.-З. на С.-В., где она превышает 200 дней в году; в центральной части она равна ~ 150 дн., снижаясь на Ю.-З. ниже 60 дней. На южном берегу Крыма и приморском побережье Закавказья S выпадает не каждый год. В Сибири продолжительность лежания снежного покрова несколько выше таковой в Европ. части Союза, превышая 210 дней в году в бассейне р. Лены. Средняя наибольшая высота снежного покрова (фиг. 3) на огромной территории центрального и с.-в. районов Европ. части свыше 50 см, достигая максимума на зап. склонах Уральского хребта выше г. Перми, где она свыше 90 см. Высота покрова понижается на Ю.-З. и на побережьях Черного, Азовского и Каспийского морей она меньше 10 см. В зап. Сибири покров достигает 1 м высоты, уменьшаясь на В. и колеблясь в вост. Сибири от 30 до 10 см. Значения

максимальной толщины снежного покрова в см за многолетний период показаны на фиг. 4. Время наступления максимальной высоты S меняется в отдельные годы, но в общем оно группируется около средних за многолетний период величин, показанных на фиг. 5 в виде т. наз. изохрон (линий одновременного наступления максимума), проведенных через последние дни декад соответствующих месяцев. Н. Ф. Богдановым и О. А. Спенглером выявлено, что в зависимости от метеорологич. условий необходимо различать три типа зим: 1) нормальный без значительных оттепелей и морозов, когда слой осадков (по дождемерам) совпадает с запасом воды в снеговом покрове; 2) с значительными оттепелями и некоторым снеговым стоком, когда слой осадков превышает запас влаги в покрове; 3) с большим числом метелей и ветров, когда слой осадков меньше запаса воды в покрове.

Для подсчета объема воды, который может дать при таянии снеговой покров, производят снегомерные съемки, состоящие в определении его высоты и плотности в отдельных местах исследуемого бассейна реки. Хотя наблюдения над S и ведутся на метеорологич. станциях, однако вследствие отдаленности их друг от друга и производства наблюдений на незначительных площадях их данные не дают понятия о действительном залегании снежного покрова. Сопоставление данных снегомерной съемки с данными, полученными на метеорологич. станциях, дает возможность учесть запас влаги в



Фиг. 4.

снеговом покрове в текущем зимнем периоде исключительно по зимним показаниям дождемеров за ряд прошлых лет. Снегомерные съемки разделяются на 2 вида: съемку по профилям и по площадям. При съемке по профилям

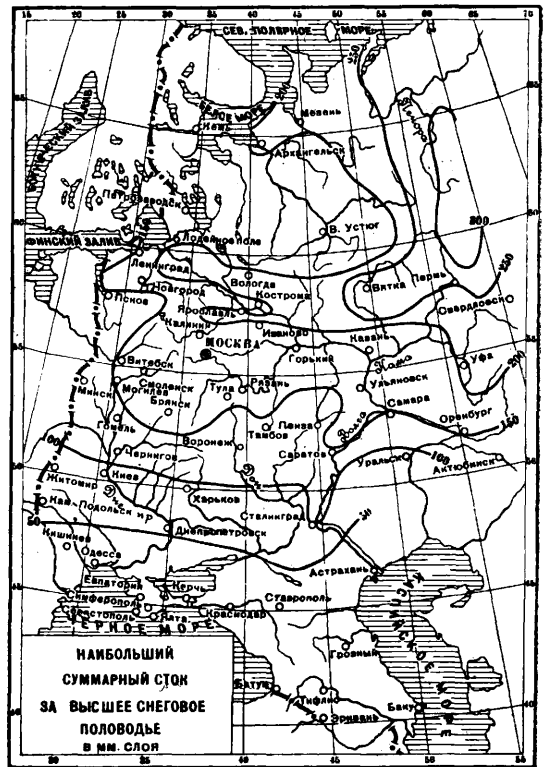
в исследуемом бассейне помечают ряд ходов, пересекающих ложбины и водоразделы, характеризующие топографию местности, по которой



Фиг. 5.

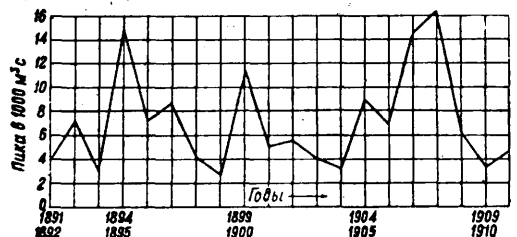
производятся измерения плотности и толщины снега. При съемке по площадям исследуемый бассейн вдоль и поперек покрывается густой сетью снегомерных линий, так чтобы разница высот C на соседних пунктах измерений была незначительна. Пробы C берут в вершинах, образованных линиями прямоугольников. Иногда на исследуемой площади делают предвзвешенно точную высотноплановую съемку с установлением характерных точек, в которых зимой ведут наблюдения над C , а результаты наносят в виде изолиний снегового покрова. По точности нанесения на план результатов снегомерной съемки различают инструментальную и маршрутную съемки. Однако производство детальных инструментальных работ увеличивает продолжительность и удорожает стоимость снегомерной съемки, поэтому чаще прибегают к более упрощенной маршрутной съемке, при которой быстро разбивается основной ход с поперечником и в характерных пунктах измеряются толщина и плотность снегового покрова. Маршрутная съемка производится чаще перед весенним снеготаянием в продолжение 3—5 дней. Более детальные снегомерные съемки делают не реже одного раза в месяц, после более значительных изменений в покрове (метелей, оттепелей), обязательно во время наибольшей высоты C и непосредственно перед началом таяния. Высота снегового покрова при съемке измеряется обычными рейками или шестами, разделенными на см, расстояние же между пунктами измерений составляет 100—200 м. Плотность C определяется особым походным прибором—снегомером.

Влага, содержащаяся в снеговом покрове, составляет для центральных речных бассейнов Союза свыше $\frac{1}{4}$ годового количества осадков, причем на В. и С. она доходит до $\frac{1}{3}$, а на Э. и Ю. понижается до $\frac{1}{5}$, составляя в иные годы на крайнем С.-В. до $\frac{1}{2}$ этого количества. Значительная часть этой влаги бесполезно стекает (фиг. 6) в течение двух весенних месяцев, составляя за это время 40—60% всего годового стока и вызывая губительные для прибрежных местностей половодья (см.) и наводнения (см.). Размер половодья можно наперед характеризовать по данным о запасах C в бассейне и по ряду метеорологич. факторов, т. к. между ними наблюдается определенная зависимость. На фиг. 7 представлена такая зависимость для бассейна р. Днепра выше Лопманской Камени. Массовый сток снеговых вод со слабым их



Фиг. 6.

использованием составляет один из главных недостатков оборота влаги в стране. С целью аккумуляции этой ценной влаги



Фиг. 7.

в сельскохозяйственной технике прибегают к работам по сохранению и задержанию C на полях, дающим значительное повышение урожая и предохраняющим от засухи. Полное ис-

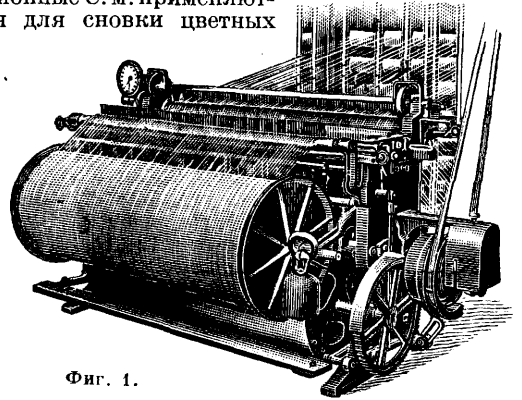
пользование снеговой влаги возможно лишь путем регулирования годового стока.

Лит.: Абельс Г., Суточный ход температуры снега и определение зависимости между теплопроводностью снега и его плотностью, «Метеорологич. сборник Академии Наук», т. 4, 1, стр. 1—65, СПб, 1893; Белькова Е., Инструкция по гидрометрич. исследованиям в связи с метеоиративными работами, стр. 99—106, М., 1930; Берг Э., Наблюдения над снеговым покровом и метелями в России зимою 1890—91 г., «Метеорологич. сборник Академии Наук», СПб, 1893, сборник 6, стр. 1—218; Богданов Н. и Спенглер О., К вопросу об определении запаса воды в снеговом покрове, «Известия Гос. гидроавлич. ин-та», М., 1930, 29, стр. 51—76; Воейков А., Снежный покров, его влияние на климат и погоду и способы исследования, «Записки Русск. географич. об-ва», СПб, 1885, т. 15, 2; Гремин Г., Некоторые данные к методике измерения снегового покрова, «Вестник ЕГМС», 1932, 4, стр. 22—25; Жукав Г. и Лобави к о в М., Снегозащитные работы на захист озимини від загибелі, Харьков, 1932; Жуковский Н., О снежных заносах и запылении рек, «Опытно-метеоиративная часть НКЗ», М., 1923, вып. 30, стр. 5—26; Исследования весеннего половодья 1908 г., вып. 1, П., 1915; Касаткин И., Усиление внутреннего влагооборота как очередная задача народного хозяйства в России, М., 1921; Увлажнительные работы и их значение в с. х. в климатическом отношении, М., 1925; Комаровский А., Структура и физич. свойства ледяного покрова пресных вод, 1932; Кочерин Д., Нормы наибольших расходов снеговых паводков в Европ. части СССР, «Гидротехнич. сборник МВТУ», М., 1927, 1, стр. 43—61; его же, Вопросы инженерной гидрологии, М., 1932; Методика изучения снегового покрова, «Труды 2 Всесоюзного гидрологич. съезда», М., 1930, ч. 3, стр. 179—185; Небольсин С., Опыт снегомерной съемки на Московской областной опытной станции, «Метеорологич. вестник», 1919, вып. 7—12; его же, Как тает снег, там же, 1925, вып. 5; Полянский И., Сезонные явления в природе, Л., 1925; Протодьяконов М., Теория стока поверхностных вод, Москва, 1932; Ромачев М., Снеговой покров в связи с наводнением 1908 г., П., 1923; Советов С., Курс общей гидрологии, Москва, 1931; Сумгин М., Краткий курс дорожной геофизики, 1931; Киселев, Небольсин, Советов, Чирвинский и Шипченский, «Труды 1 Всероссийского гидрологического съезда», Ленинград, 1925, стр. 401—443; Шенрок А., Высота снегового покрова в Европ. части СССР по средним данным зимы 1890—91 до зимы 1919—20 гг., Л., 1926; Engels H., Handbuch des Wasserbaues, B. 1, Lpz., 1927; Hoyt J. C. a. Grover N. C., River Discharge, N. Y., 1927; Meyer A., The Elements of Hydrology, N. Y., 1928; Mead D. W., Hydrology, New York, 1919; Handbuch d. Ingenieurwissenschaften, Die Gewässerkunde, T. 3, B. 1, Lpz., 1923. С. Калинин.

СНОВАЛЬНАЯ МАШИНА, машина приготительного отдела ткацкой фабрики, имеющая целью подготовить основу для перегонки пряжи на ткацкий навой и для пропуска ее через шлихтовальную машину. Пряжа снимается с прядильных машин или в виде початков или на шпулях и для получения основы должна пройти ряд предварительных операций. Первой является перемотка пряжи (см. *Размотка пряжи*) со шпуль или початков на сновальные катушки или бобины, представляющие собою более емкую форму намотки; следующая за ней операция—снование, т. е. перегонка пряжи со сновальных катушек на сновальный валик, вмещающий уже несколько сот ниток—обычно 300—600. Для образования основы несколько сновальных валиков поступает на шлихтовальную машину или, если основа идет в ткачество без шлихтовки, на навальный станок и в процессе перегонки на ткацкий навой дает основу. Напр. если основа должна иметь 3 000 ниток, а сновальные валики имеют по 500 ниток, то для получения такой основы требуется 6 сновальных валиков по 500 ниток каждый.

С. м. состоит из двух отдельных частей (фиг. 1 и 2)—рамы, или шпуляричника, на к-рой устанавливаются катушки с пряжей, предназначенной для сновки, и навойной машины, к-рая навивает основу на навой. В зависимости от характера ткани применяются различные

С. м., которые м. б. разделены на следующие основные группы. 1) Английские С. м., насновывающие пряжу по длине всего сновального валика; эта группа машин применяется преимущественно для приготвления одноцветных хл.-бум., льняных, джутовых и камвольных основ. 2) Ленточные С. м., дающие пряжу наснованной отдельными лентами определенной ширины и длины, уложенными подряд по длине барабана. С барабана основа перегоняется на ткацкий навой или на предварительный, если пряжа должна пройти шлихтовку. Ленточные С. м. применяются преимущественно для сновки натурального и искусственного шелка и для получения цветных основ. 3) Секционные С. м., дающие наснованную пряжу также в виде лент, к-рые навиваются не на один общий барабан, а на отдельные катушки. Лента основы, наснованная на такую катушку, называется секцией; совокупность всех секций составляет основу, к-рая перегоняется с катушек на ткацкий навой. Секционные С. м. применяются для сновки цветных

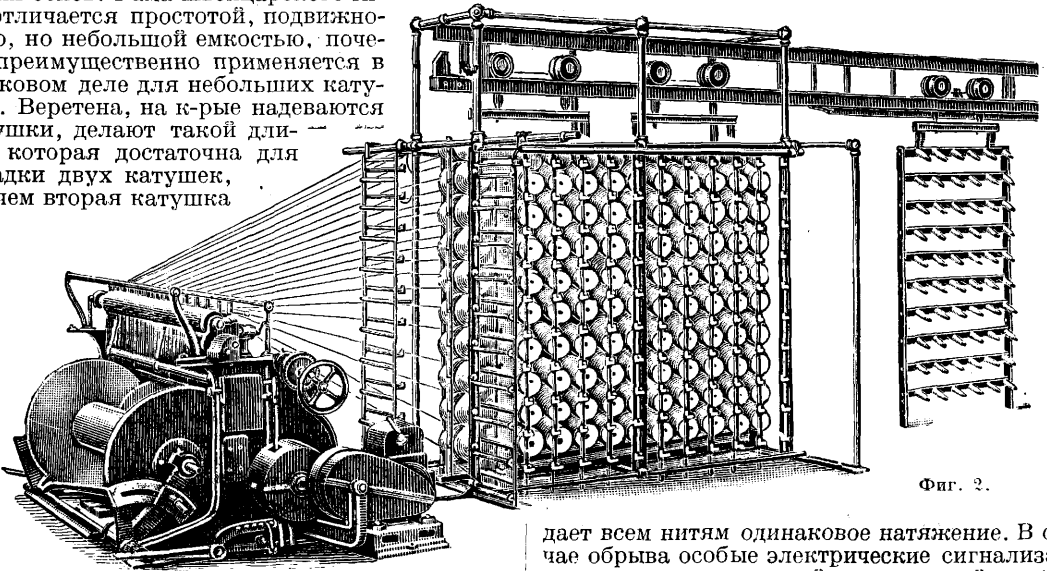


Фиг. 1.

основ. 4) С. м. с вертикальным барабаном, применяемые в кустарном ткачестве, дают пряжу наснованной в виде пряди. С барабана пряжа собирается в виде жгута или клубка.

Сновальные рамы строят из дерева, в последнее время из железа. По форме различают несколько типов сновальных рам: 1) V-образной формы, 2) дугообразной формы с параллельно поставленными решетками, 3) швейцарские наклонные рамки. Кроме формы сновальные рамы различаются по способу передвижения: стоячие на колесиках или подвесные на шинах; наконец они различаются типом и формой катушек и их бобин, насадкой их на рамы, устройством нитеводителей и натяжных приспособлений для нити и т. д. V-образная рама состоит из двух крыльев, поставленных под углом друг к другу. Емкость рамы англ. С. м. 300—700 катушек. Катушки свободно вращаются на железных или деревянных веретенах, концы к-рых помещаются в деревянных, фарфоровых или стеклянных гнездах. Рама отличается простотой, но представляет ряд недостатков в смысле удобства обслуживания и равномерного натяжения нитей. В последнее время в этот тип рамы внесен ряд усовершенствований: вертикальные ряды катушек сделаны подвижными, что облегчает установку катушек; передняя часть одного из крыльев сделана подвижной, что позволяет быстрее и легче изменить положение его относительно навойной машины. Рама дугообразной формы более удобна для наблюдения за работой и обслуживания, чем V-образная, но имеет свой недостаток—неравномерное натяжение нитей, т. к. они сходят с

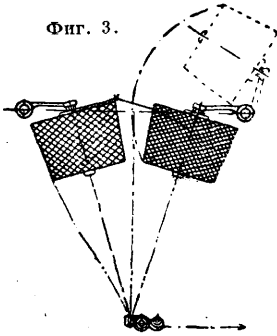
рамы под разными углами. Дугообразная рама применяется в С. м. с вертикальным барабаном, а также в ленточных машинах для сновки шелковых основ. Рама швейцарского типа отличается простотой, подвижностью, но небольшой емкостью, почему преимущественно применяется в шелковом деле для небольших катушек. Веретена, на к-рые надеваются катушки, делают такой длины, которая достаточна для посадки двух катушек, причем вторая катушка



Фиг. 2.

является запасной. Новейшие типы рам делают в виде параллельно поставленных решеток. Рама сделана из железа и имеет два параллельных

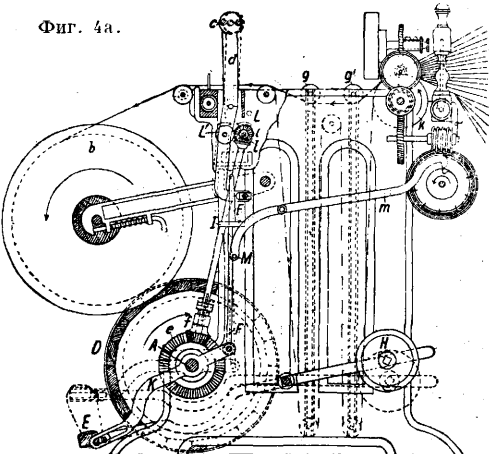
Фиг. 3.



ряда решеток, между которыми имеется достаточный проход для обслуживания. Каждый нитеводитель обслуживает две бобины (фиг. 3), из к-рых одна запасная. Бобины укреплены на ручках и откидываются в положение, показанное

пунктиром, что делает возможным смену бобин во время работы. Конец каждой бобины присучается к началу следующей, и таким образом смена бобин или даже привязка не требует останова машины. Бобины представляют собою особые

Фиг. 4а.

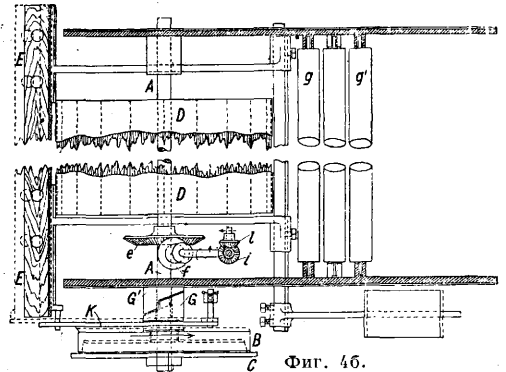


деревянные конусы с намотанной на них пряжей и устанавливаются на раме неподвижно,

благодаря чему емкость бобины в $2\frac{1}{2}$ раза больше емкости вращающихся катушек. Сойдя с бобин, нить проходит натяжной прибор, который

дает всем нитям одинаковое натяжение. В случае обрыва особые электрические сигнализаторы показывают, в какой группе нитей надо искать обрыв. Рама снабжается лопастными вентиляторами, которые очищают нитеводители и нити от пуха и пыли.

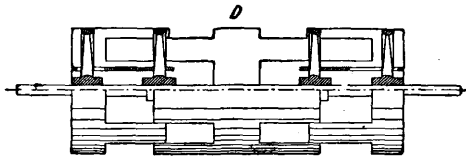
С. м. английского типа представлена в разрезе и плане на фиг. 4а и 4б. На главном валу *A* машины сидит сновальный барабан *D*, показанный отдельно на фиг. 5. Барабан делают из дерева и раздвижным с целью измене-



Фиг. 4б.

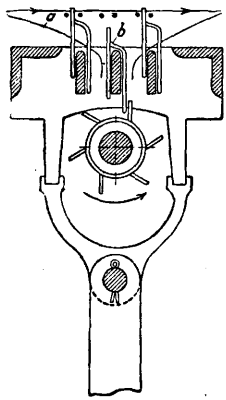
ных валиков; встречаются барабаны и нераздвижные постоянной длины. Барабан *D* приводит в движение трением сновальный валик *b*. Вращение вала *A* осуществляется фрикционной муфтой *BC*, в к-рой шкив *C*—рабочий, а шкив *B*—холостой. Сцепление шкива *B* со шкивом *C* совершается действием на него зубчатой муфты *GG'*, к-рая сидит свободно на валу *A* и находится в свою очередь под действием рычага *K* и подножки *E*. При опускании подножки рычаг *K* продвигает муфту *G* по скошенной части, благодаря чему шкив *B* соединяется со шкивом *C*; одновременно с вращением рычага *K* против часовой стрелки прут *F* поднимается вверх, зацепляется за неподвижную полочку *I* и уравновешивает груз *H*, и машина приходит в движение. Останов машины осуществляется с помощью отводки *c*, при отклонении к-рой

штифт d сталкивает пруток F с полочки I , груз H получает свободу, падает вниз, вращает муфту G по направлению часовой стрелки, благодаря чему соприкосновение шкивов C и B нарушается, и машина останавливается. Останов машины совершается автоматически и при обрыве каждой из нитей основы. Одной из наиболее распространенных, хотя и самых старых конструкций останова является следующая. На



Фиг. 5.

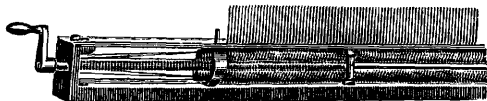
каждую нить основы подвешивается особая шпилька длиной $1\frac{3}{4}$ ". Концы шпилек прихватаются между брусками решетки, которые препятствуют продвижению шпилек вместе с нитями. При обрыве нити шпилька падает и попадает между двумя валиками L и L' , к-рые имеют вращение внутрь и захватывают своим вращением упавшую шпильку. Валик L получает вращение от главного вала машины A посредством пары конич. колес e и f , наклонного вала и пары конич. шестерен i , i' ; валик L' получает вращение от L . При попадании шпильки между валиками L и L' валик L' как подвижной перемещается и перемещает штифт d , к-рый сталкивает с полки I пруток F , и машина останавливается, как и при действии руки рабочего на отводку c . Этот механизм автоматического останова несмотря на большое распространение его имеет ряд недостатков: 1) шпильки могут спадать с нитей, особенно когда слабо натянута нить сразу получает очень сильное напряжение; 2) шпильки изнашиваясь не производят должного действия, а замена их требует определенных расходов; 3) необходима затрата времени на извлечение шпильки из ящика после падения и надевание ее на нить; 4) механизм позволяет пустить машину в ход после останова ее без связывания концов нити.



Фиг. 6.

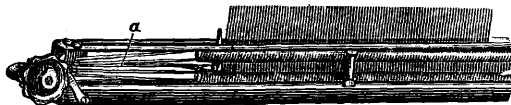
Кроме описанного механизма для останова C м., в первые предложенного Синглтоном (Singleton), применяются следующие системы останова: 1) со шпильками, в к-рые продеты нити основы a и к-рые при обрыве нити падают на крыльчатый валик с 6 или 8 крыльями; валик вращается в закрытом корыте (фиг. 6) и при попадании на него шпильки b останавливается и останавливает машину; имеется очень много конструкций этого типа, все они построены так, что рабочий не может после останова пустить машины в ход, не связав концов нити; 2) по типу ламелей ткацкого станка; 3) электрич. останова. Кроме указанных двух частей C м.—привода и автоматич. останова—наиболее важными являются следующие: 1) Два рядка, передний и задний, имеющие целью правильно расположить полотно основы, так чтобы нити ее были параллельны одна другой, и точно установить

ширину основы соответственно ширине сновального валика. Рядок представляет собою гребенку с передвижными по ширине основы зубьями, устанавливающими ее ширину (фиг. 7). Развод зубьев производится вращением рукоятки или маховичка, приводящего во вращение винт валика, одна половина к-рого имеет правую нарезку, другая—левую. Червячный валик при помощи скоб и спиральных колец действует на зубья рядка, сдвигая и раздвигая их. На фиг. 8 представлен ленточный рядок, в котором развод зубьев производится с помощью натяжения ленты a . Передний рядок всегда делается раздвижным и сверху открытым, задний рядок часто делают неподвижным и для придания рядку устойчивости сверху его надевают деревянный брус—вершик. Рядок носит также название гребня, а задний рядок иногда называется бердом. 2) Регулятор натяжения нитей, состоящий из пары легких жестяных валиков g и g' (фиг. 4а), к-рые лежат на полотне осно-



Фиг. 7.

вы и свободно опускаются по вертикали под действием силы тяжести; когда сновальный валик останавливается, основа ослабевает, и ее нити могут перепутаться, валики же всегда держат ее в натяжении. Вместо жестяных валиков в старых конструкциях английских C м., применяемых для сновки грубой пряжи, в качестве натяжного устройства применяют прутки, число к-рых обычно бывает шесть. Действие прутков аналогично действию валиков: опускаясь, они придают основе вид гирлянды, создают определенное натяжение и не позволяют нитям запутываться. 3) Счетный механизм и автоматич. останова машины после сновки определенной длины основы включают в себе мерильный валик k (фиг. 4а), к-рый приводится во вращение трением о него нитей. Длина окружности валика 457,19 мм (18"). Ось валика k червячной передачей соединена с циферблатом, показывающим длину сновки, и барабаном, на поверхности к-рого имеется спиральная канав-



Фиг. 8.

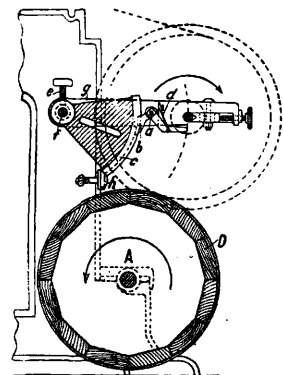
ка, оканчивающаяся углублением, причем правый конец его тяжелее левого и имеет тенденцию опускаться вниз. До тех пор пока конец рычага m следует в направляющей канавке, рычаг никакого действия на останова машины не оказывает, но, когда длина сновки окончена и конец рычага попадает в углубление барабана, штифт M , находящийся на другом конце рычага m , действует на спусковой прут F , сбрасывая его с полочки; последний в свою очередь действует на автоматич. останова машины, как было уже сказано выше. Длина сновки, при к-рой машина автоматически останавливается, обычно составляет 4 572 м (5 000 ярдов). При длине окружности мерильного валика в 18" число зубьев каждой из червячных шестерен при однократном червяке принимается равным 100; в таком случае длина сновки равна произведению h/k , деленному на число дм. в ярде, причем

h и f —числа зубьев шестерен и k —длина окружности валика в дм.; т. о. длина сновки будет $\frac{100 \cdot 100 \cdot 18}{36} = 5\,000$ ярдов. Циферблат имеет две шкалы: внешнюю с делениями 0—100 ярдов и внутреннюю с делениями на сотни ярдов: 100—5 000 ярдов. Счетчики этой системы неудобны тем, что при данных основах или при сновках, не совпадающих по длине с 5 000 ярдов, требуют нескольких перестановок счетного механизма.

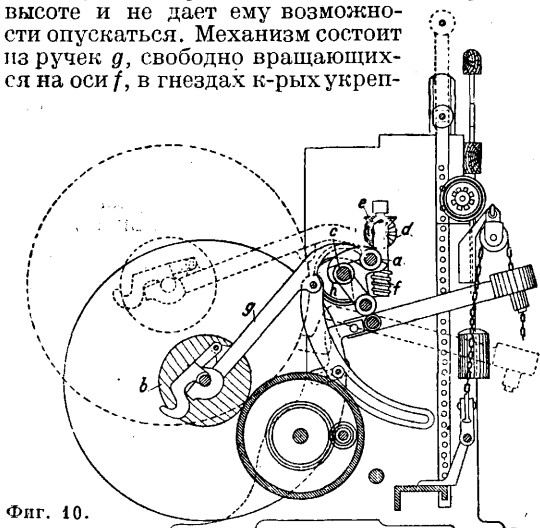
Применяются счетчики, к-рые без перестановки указывают определенное число основ по 5 000 ярдов каждая и при значительно более простой перестановке дают сновки по длине, меньшие 5 000 ярдов.

Английские С. м. отдельных англ. и америк. з-дов различаются лишь в деталях, напр. приводной механизм встречается как в виде фрикционной муфты, так и в виде фрикционных дисков,

а в машинах американских з-дов—в комбинации с конич. барабанами. Большое значение имеет установка сновальных валиков. На фиг. 4а сновальный валик b удерживается ручками и с навиванием на него основы поднимается вверх. Подъем валика происходит обычно не плавно, а толчками, валик испытывает сотрясение, в особенности если снуется пряжа разных №№. Механизм, представленный на фиг. 9, позволяет сновальному валику свободно подниматься, но задерживает его на достигнутой им высоте и не дает ему возможности опускаться. Механизм состоит из ручек g , свободно вращающихся на оси f , в гнездах к-рых укреп-



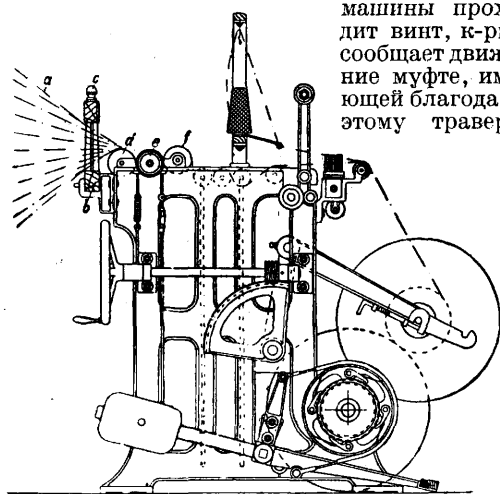
Фиг. 9.



Фиг. 10.

лены концы сновального валика. На оси f укреплен с помощью болта e сектор c , имеющий на окружности V-образную выемку. Помимо болта e сектор удерживается в определенном положении упором h . На шпинделе a , укрепленном на ручке g , насажена собачка b , к-рая одним концом ходит в выемке сектора c , а на другой конец ее действует пружина d , которая плотно прижимает собачку к выемке. Поверхность соприкосновения собачки с квадрантом и точка

вращения ее так расположены, что собачка может только скользить вверх, но опускаться не может. Американские С. м., а также новейшие конструкции герм. машин снабжаются особым механизмом для съема валиков, к-рый является особенно необходимым при большом весе сновальных валиков, достигающем иногда 90 кг. На фиг. 10 представлено такое устройство: ручки g , на к-рых покоится сновальный валик b , вращаются на шпинделях a , к-рые соединены с валом c , проходящим через всю ширину машины и получающим вращение от рукоятки (не указанной на чертеже) через систему конич. колес d и e и червячную передачу f и h . Барабан в английских С. м. обычно делают из дерева, америк. з-ды и нек-рые герм. з-ды делают барабан чугунным. Иногда С. м. снабжаются пневматич. очистителем, к-рый имеет целью собирать пух и пыль с рядков и шпилек. По ширине



Фиг. 11.

машины проходит винт, к-рый сообщает движение муфте, имеющей благодаря этому траверс-

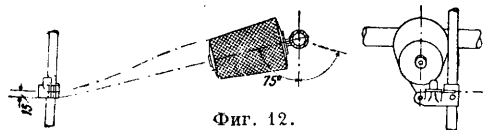
ное движение; с муфтой соединен вентилятор, совершающий то же движение. Для передвижения вентилятора по направлению движения основы он укреплен на шарнире. Английские С. м. обычного типа строят следующих №№ и ширины барабана:

№ машины	9/8	8/4	7/4	8/4	9/4	10/4
Ширина барабана, дм	54	60	66	72	78	84

Размеры: длина машины вместе с рамой 17—17 фт. (4,88—5,18 м), ширина превышает ширину берда на 4 фт. (1,22 м). Расход энергии 0,3—0,5 НР. Скорость сновального барабана в зависимости от № пряжи равна 40—80 м/мин. Одна С. м. обслуживает 60—80 ткацких станков. Коэф. использования машины невелик: 40—60%. В настоящее время в СССР и за границей один сновальщик обслуживает две С. м.

Сравнительно небольшая производительность английских С. м., небольшие скорости их и низкий коэф. использования поставили перед машиностроительными з-дами вопрос о рационализации процесса сновки, об увеличении скорости и производительности С. м.; и действительно в сновальном процессе и конструкции С. м. в последние годы сделаны большие усовершенствования, причем большинство машиностроительных з-дов шло к этому оригинальными путями. Так, машиностроительный з-д Шлафгорст в Мюнхен—Гладбахе (Германия), С. м. к-рого, являясь одним из самых лучших, произвели целый переворот в сновальном деле введением

неподвижных бобин вместо вращающихся катушек. Это нововведение дало возможность увеличить количество пряжи на бобине более чем вдвое. На английских С. м. катушки после останова машины продолжают по инерции вращаться и сматывать пряжу, что крайне неудобно и требует особых натяжных приспособлений валиков или прутков для собирания и натяжения пряжи. Фарфоровый нитеводитель завода Шлафгорст специальной конструкции с компенсатором натяжения нити делает натяжение постоянным от начала до конца сновки и отвечающим качеству и № пряжи. Пройдя компенсатор натяжения, нити каждого горизонтального ряда проходят через фарфоровые отверстия, вделанные в железную шину. Это приспособление раздвигает нити, дает им параллельное направление и предупреждает спутывание их между собою. З-д Шлафгорст ввел и шпули особой конструкции: деревянные, конусные, достаточно толстые и прочные. Шпулярник представляет собою легкую металлич. раму, к-рая легко облуживается работницей и м. б. поставлена в любом расстоянии в любом направлении по отношению к С. м. На фиг. 11 и 12 дана схема поперечного разреза С. м. з-да Шлафгорст: основа *a* проходит задний рядок *bc*, затем направляющий валик *d*, тормозной *e* и мерильный *f*.



Фиг. 12.

Благодаря действию тормозного валика м. б. дано любое натяжение основы, к-рое м. б. легко регулируемо. Направляющий и мерильный валики вращаются в подшипниках на шариках. Машина имеет раздвижной барабан для навоев различной ширины. Барабан снабжен ленточным тормозом, моментально останавливающим машину в случае обрыва нити. Машина снабжена специальными приспособлениями для спуска навоев, для их выравнивания и для разгрузки натяжных валиков. Шпулярник имеет расстояние между верегенами 180 мм, при наибольшем диаметре конич. шпули 175 мм. В высоту рама имеет или 10 рядов бобин (в таком случае верхняя бобина помещается на высоте 1,87 м над полом) или 11 рядов бобин при высоте в 2,05 м. Ширина сновальной рамы 2 м. Длина рамы в зависимости от числа бобин:

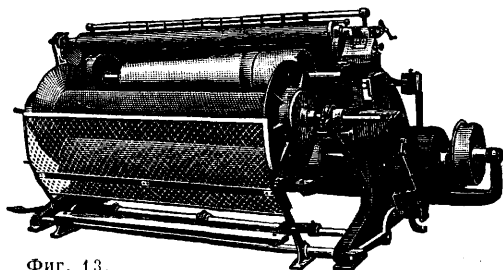
Число бобин	Длина рамы, м	Число бобин	Длина рамы, м	Число бобин	Длина рамы, м
310	3,21	500	4,68	610	5,91
400	3,78	510	5,01	700	6,48
440	4,14	600	5,58	800	7,56

Имеются и промежуточные размеры с разницей в 20 бобин. Расстояние между рамой и машиной 1 м. Размеры машины при длине станины в 1 300 мм:

Ширина станины, мм	Общая ширина, мм	Вес брутто, кг
1 800	2 300	900
2 000	2 560	950
2 200	2 760	1 000

Расход энергии 1 НР. Скорость сновки 140—175 м/мин. Производительность машины для хл.-бум. пряжи № 20 равна 25 000—30 000 м против 15 000 м на английских С. м.; пряжа получается более эластичной, в виду того что она испытывает между рамой и машиной значительно меньшее натяжение и получает его уже на самой машине благодаря тормозному валику.

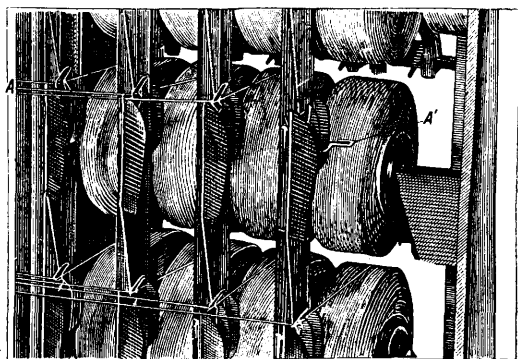
С. м. типа Шлафгорст строятся в СССР Объединением текстильного машиностроения. Фиг. 13 показывает специальную модель С. м. завода Шлафгорст для сновки навоев, к-рые требуют особо мягкого навивания на навои. Машины приводятся в движение с помощью пары конусных барабанов, к-рые изменяют число оборотов навоя в соответствии с изменением диаметра его. Машина имеет электрич. останов, не имеет



Фиг. 13.

заднего гребня и тормозного валика—машина отличается простотой. Останов (помимо автоматич. механизма) м. б. осуществлен нажатием электрич. кнопки.

Вторым типом быстроходной и очень производительной С. м. является машина фирмы Барбера-Кольмана. Как и в машине з-да Шлафгорст, натяжение нити дается возможно слабое, но равномерное. Машина состоит из шпулярника с вращающимися бобинами, но бобины особой формы, приготовленные на специальной мотальной машине. Бобины вращаются в патрончиках на шариковых подшипниках. Сновальная рама состоит из отдельных вертикальных секций, причем каждая секция имеет 3 магазина по 12 бобин в каждой. Около каждой бобины установлены электрич. остановы (фиг. 14). При сновке нити ее натяжением пруток *A* держится в вертикальном положении. При обрыве нити пруток опрокидывается, принимает положение *A'*, замыкает электрич. ток, и машина останавливается. Каждая бобина снабжена тормозом, к-рый немедленно ее останавливает при

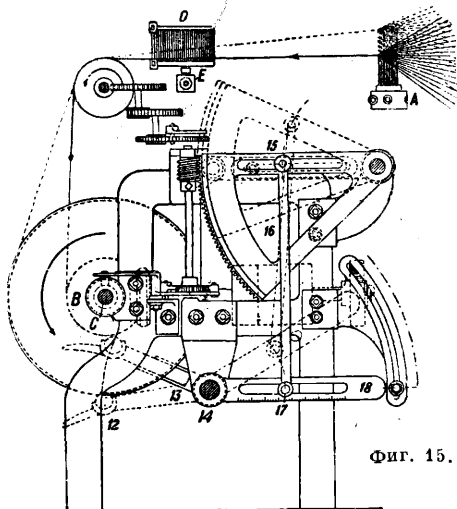


Фиг. 14.

обрыве нити. Скорость сновки на машинах Барбера-Кольмана 450—550 м/мин, производительность ее равна производительности 6 обыкновенных английских С. м. В виду такой большой скорости машина снабжена очень сильными тормозами в целях возможно быстрого останова ее. Помимо общего тормоза, останавливающего машину, каждая бобина снабжена отдельным тормозом, к-рый приводится пружиной в действие при каждом обрыве нити и замыканием тока в электромагните. Помимо столь большой произ-

водительности С. м. Барбер-Кольмана имеют и то преимущество, что дают пряжу более высокого качества, более мягкую, с большой вытяжкой, что объясняется меньшим натяжением нити, чем на английских С. м. Несмотря на то что скорость сновки на машинах Барбер-Кольмана лишь в 3—4 раза больше, одна С. м. заменяет 5—6 машин англ. типа. Продолжительные испытания выяснили, что машины Барбер-Кольмана сокращают обрывность основы на ткацком станке на 25—35%. Расход энергии 1 НР. К недостаткам этих машин следует отнести сложность их механизмов и потребность в высококвалифицированном персонале.

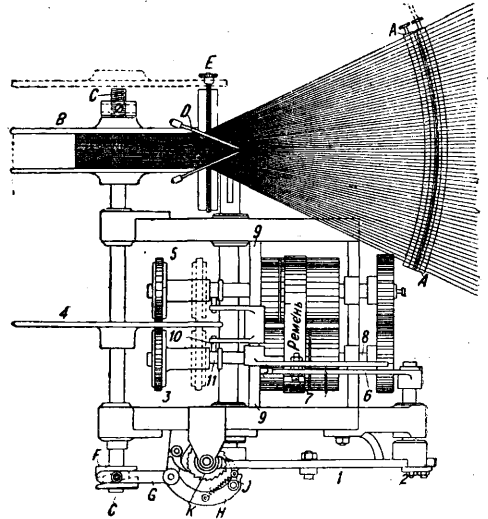
Секционные С. м. Как было указано, секционные С. м. применяются для сновки многоцветных полосатых основ; они существенным образом отличаются от рассмотренных английских С. м. Навивание основы производится не на навои, а на катушке $\varnothing 20$ см и различной ширины. Катушки имеют самостоятельное вращение от привода, причем число оборотов их изменяется соответственно изменению диаметра навиваемой катушки с учетом при этом и № пряжи. При секционной сновке особенное значение имеет одинаковая плотность намотки отдельных секций, одинаковые диам. катушек с пряжей и одинаковая длина пряжи в отдельных секциях. Для выполнения этих требований секционные С. м. помимо тех механизмов, которые имеют англ. машины, д. б. снабжены следующими: 1) механизмом, гарантирующим абсолютно одинаковый диам. катушки и одинаковую длину пряжи в отдельных секциях, 2) механизмом, автоматически уменьшающим скорость секционного вала обратно пропорционально увеличению диаметра секции, 3) механизмом, к-рый гарантировал бы известную плотность намотки (прижим), и 4) в виду того что при большом симметричном рапорте сновки приходится сноваť рапорт по половинам, причем первую половину секции навивать в одном направлении, а вторую—в обратном, необходимым механизмом, к-рый позволял бы навивать в обоих



Фиг. 15.

направлениях. На фиг. 15 показан разрез секционной С. м., а на фиг. 16—план (вид сверху). Основа проходит рядок A и поступает на рядок D , к-рый дает ей ширину, соответствующую секционной катушке. Рядок D —раздвижной и получает движение, как и в английских С. м., от винта E с двумя противоположными нарезами.

Винт изменяет угол, а следовательно и ширину ленты. Пройдя рядок D , нити огибают мерильный валик и навиваются на деревянную катушку B , к-рая прочно насажена на валу C и зажата между двумя шайбами. Изменение скорости вала C осуществляется с помощью фрикционного диска 4 и шайб 3 и 5. В начале навивания 3 и 5 имеют крайнее левое положение и сообщают диску 4 наибольшую скорость; по мере навивания нити на катушку при каждом обороте сек-

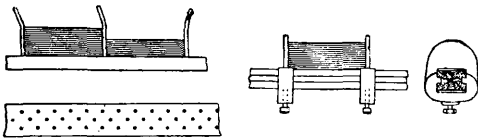


Фиг. 16.

ционного вала шайбы 3 и 5 перемещаются от центра к периферии диска 4, и число оборотов его уменьшается. Перемещение шайб 3 и 5 производится эксцентриком F , заклиненным на секционном валу C . Движение эксцентрика передается тягами G и H , на конце последней подвешена собачка J , к-рая вращает храповое колесо K . На валу храповика насажен однооборотный червяк, находящийся в зацеплении с зубьями сектора 1, который насажен на валу 2. Поворот вала 2 при посредстве рычагов 6 и 8 передается валу 9. К валу 9 прикреплена втулка, имеющая вилку 10; на концах последней имеются катушки, к-рые входят в вырезы 11 на длинных втулках, ведущих шайбы 3. Т. о. через этот механизм поворот вала 9 вызывает определенное перемещение шайб 3 и 5. Звено, передающее движение вала 2 валу 9, как было указано, состоит из двух рычагов 6 и 8, имеющих в середине прорезы, в которых вставлен болт 7. Положение болта в прорезе определяет № пряжи. Переставляя болт, можно изменить величину и направление действия звена 6—8, а следовательно и перемещения шайб 3 и 5. Для придания секционным катушкам одинакового диаметра и одинаковой плотности навивания имеется прижим 12, состоящий из валика, свободно вращающегося в гнездах рычага 13. Рычаг 13 укреплен на валу 14. На этом же валу укреплен рычаг 18, имеющий прорез, в к-рый входит шпindel 17 тяги 16, другой конец к-рой соединен шпindelом 15 с прорезом зубчатого сектора 1. Положение прижима 12 регулируется положением сектора 1, т. е. непосредственно связано с тем механизмом, к-рый регулирует число оборотов. В виду того что в производственной практике приходится сноваť секции весьма различной ширины и для осуществления этого потребовалось бы очень

большое число секционных катушек различной ширины, то в настоящее время преимущественно применяются раздвижные секционные катушки. Прижимные валики делают также раздвижными. В связи с тем что прижимные валики сильно нажимают на наружные слои ниток катушки, благодаря чему получается перетирание нитей, их вытягивание и образуются блестящие места, были предложены механизмы для получения катушек одинакового диаметра без прижимного механизма. Все эти механизмы основаны на сохранении в течение всей сновки одинакового натяжения нитей. Главные размеры секционных С. м.: ширина 1,37 м, длина 1,1 м; ширина передней части рамы 0,46 м, задней 2,13 м, длина 4,26 м; полная площадь, занимаемая машиной, 4,26 × 6,10 м. Скорость сновки на машинах с автоматическим остановом 120—150 м/мин. При средних условиях одна такая машина может обслужить 40—70 ткацких станков. Расход энергии 1 HP на одну машину. Для обслуживания машины требуется одна работница.

Ленточные С. м. дают пряжу на сновальном барабане в виде отдельных туго навитых лент определенной длины и ширины. По окончании сновки каждой ленты шпулярник и рядок перемещаются на ширину ленты, после чего снуется следующая лента. Когда на барабане наснована вся пряжа в виде отдельных рядов лежащих лент, то она полотном перегоняется на ткацкий навой. Одним из главных условий правильной сновки на ленточных С. м. является правильное формирование и укладывание лент, предохранение их от сползания и запутывания. На секционных машинах этот момент хорошо разрешается тем, что пряжа снуется на отдельные секции, в ленточных же машинах—на один большой барабан. В зависимости от приспособлений, к-рые призваны разрешить эту задачу, ленточные С. м. делятся на две группы—на машины с горизонтальными барабанами и на конусные. В первых пряжа снуется на гладкий горизонтальный барабан, и отдельные ленты предохраняются от сползания и перепу-

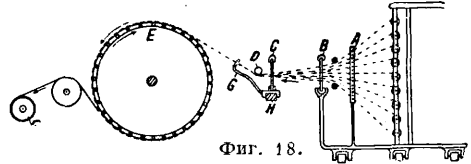


Фиг. 17.

тывания при помощи шпилек или шайб (фиг. 17). В конусных машинах первая лента частично снуется на конусе, имеющемся на каждой планке барабана и представляющемся определенной поддержкой первой ленте, остальные ленты удерживаются первой. С. м. с горизонтальным барабаном не имеют в настоящее время большого распространения благодаря тому, что применяемые для сохранения лент приспособления не вполне справляются со своей задачей и требуют большой траты времени, кроме того дыры для шпилек быстро разрабатываются. Несравненно большее распространение имеют конусные С. м., к-рые, как и С. м. с горизонтальным барабаном, состоят из следующих основных частей: 1) рамы, 2) стойки для прокладки цен, 3) самой С. м. и 4) машины для навивания основы на ткацкий навой. Рама отличается от описанных выше лишь тем, что сделана подвижной, обычно на колесиках, для перестановки ее в

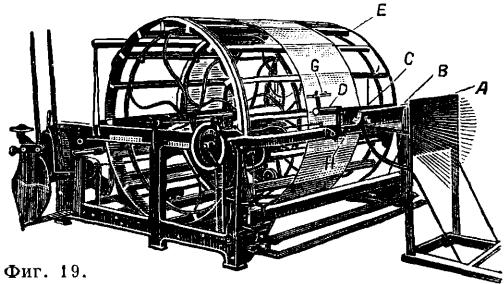
связи со сновкой новой партии. Стойка для прокладки цен в нек-рых конструкциях машин представляет собою самостоятельную станину, в других непосредственно связана с самой С. м. То же приходится сказать и о перегонной машине: в нек-рых конструкциях она встречается на самостоятельной станине, в нек-рых—на общей станине со С. м.

Среди большого числа систем конусных ленточных машин наибольшее распространение имеет машина франц. з-да Дидерихса для нату-



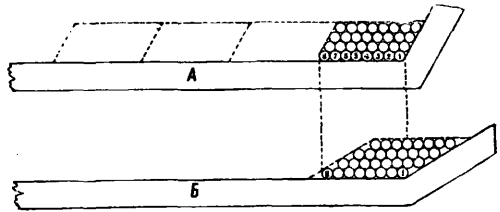
Фиг. 18.

рального и искусственного шелка (фиг. 18 и 19). Нити, поступающие с катушек рамы, проходят через фарфоровые глазки, вделанные в доску стойки А, затем идут к заднему рядку В, к-рый устанавливает предварительную ширину сновки и дает нитям параллельное положение. Пройдя рядок В, нити поступают между стеклянными прутками и затем проходят второй рядок С, называемый передним или рядком ширины, огибают ролик D и направляются на барабан E проводниками G. Со сновального барабана E



Фиг. 19.

основа перегоняется на ткацкий навой F. Рядок С, ролик D и проводники G находятся на каретке H, передвигающейся по брусу со скоростью в зависимости от плотности навивания ленты. Для правильной сновки особенное значение имеет конус и его установка. Фиг. 20 показывает схематич. расположение нитей на конусе и то влияние, к-рое может иметь наклон конуса на устойчивость ленты. На фигуре—лишь 8 нитей по ширине ленты, на самом деле число нитей на ширине ленты значительно больше и доходит до 300 и 400. На фигуре показаны два случая навивания нитей: для направляющего рядка после одного оборота барабана



Фиг. 20.

на $1/2$ диаметра нити (фиг. 20, А) и на $1/2$ диаметра нити (фиг. 20, Б); естественно, каждому случаю раскладывания нитей на барабане должен соответствовать и наклон конуса. Очевидно также, что для особо гладких нитей второе рас-

положение будет более устойчивым, чем первое. Естественно, что чем толще нить, тем больше перемещение рядка при одинаковом наклоне конуса. Механизм, навивающий ленту, устанавливается по диаметру нити при основах большой плотности. Для основ малой плотности установок механизма производят по плотности основы, т. е. по расстоянию между центрами двух соседних нитей. В производственной практике обычно поступают так, что для определения угла наклона конуса нагоняют на барабан 40—50 м ленты и проверяют горизонтальность ее, и если она не горизонтальна, то уменьшают или увеличивают наклон конуса. Наклон конуса для постоянных заправок обычно установлен и записан, и машина заправляется без пробной сновки. Швейцарский з-д Бенингер сконструировал специальный прибор для определения угла наклона конуса. На ленточных С. м. число катушек 400—600, скорость сновки для шелка 25—40 м/мин, благодаря чему производительность ленточных С. м. значительно меньше английских. Длина основы 600 м.

Сновка прядью—самый старый способ, к-рый применяется в ручном ткачестве.

Сновка пряжи на бобинах для транспорта. Транспортирование основы на навоях неудобно, и потому ее перематывают в клубки или непосредственно на-



Фиг. 21.

сновывают на бобины в виде ленты. Фиг. 21 показывает машину америк. з-да Т. С. Entwistle в Лоуле для непосредственной сновки пряжи на бобины. Бобина лежит на двух вращающихся валиках, от к-рых и получает вращение. Траверсное движение ленты осуществляется винтом с особой нарезкой. Вместо винтового механизма м. б. применен кривошипный механизм.

Недостатки, встречающиеся при сновке: 1) неодинаковая длина партий, секций или лент, 2) неравномерное натяжение нитей и, как следствие, обрыв туго натянутых нитей или появление блестящих нитей, напр. в искусственной шелке, 3) перекрещенные и неправильно связанные нити, 4) неравномерная проборка нитей в рядок, неравномерное навивание на навой и образование слабин и увеличение обрывов на ткацком станке, 5) слабые края на сновальных валиках, 6) запачканные места и грязные полосы вследствие грязных и проржавленных рядков, 7) непривязанные концы при работе внахлестку, 8) неправильное расположение лент и появление полос.

Лит.: Кузнецов А., Приготовительные операции качества, Сновальные машины, М.—Л., 1931; Плещков Н., Приготовительный отдел ткацкой фабрики, М., 1914; Nisbet H., Preliminary Operations of Weaving, v. 1, Manchester, 1914; Kline S., A Manual of the Processes of Winding, Warping a. Quilling of Silk, 2 ed., N. Y., 1926; Luc P., Le tissage de la soie artificielle, 2 ed., P., 1931. В. Линде.

СНОВАНИЕ, см. Сновальная машина.

СНОВОВЯЗАЛКИ, см. Уборочные машины.

СОБАЧИЙ ВОЛОС, в текстильном производстве, порочный волос, встречающийся в шерстяном покрове овец. С. в. характеризуется ломкостью, хрупкостью, непрочностью

на разрыв, слабым блеском и неспособностью окрашиваться красителями, обычно применяемыми в крашении шерсти. Физич. и технологич. свойства С. в. значительно понижены. Пряжа с содержанием С. в. отличается меньшей крепостью, ломкостью, плохой окраской. С. в. является признаком происхождения овец от диких особей, волос к-рых отличается свойствами, близкими к С. в., а также как результат болезней. С. в. чаще называют мертвым волосом, что следует признать более правильным.

СОДА, общее название различных по химич. составу продуктов, производных натрия. Наибольшему распространением из них пользуется кальцинированная С. (*natrium carbonicum, kalzinierte Soda, Soda ash, carbonate de soude*) Na_2CO_3 , белый мелкий порошок с уд. в. 2,53; $t_{\text{пл.}}$ 852; образует гидраты с 1,7 и 10 ч. H_2O ; растворима в воде с выделением тепла; от действия к-т выделяет CO_2 с шипением. Растворимость в 100 вес. ч. H_2O составляет:

t°	0°	15°	30°	$35,5^\circ$	50°	100°
Вес. ч.	7,1	16	49,9	51	47,5	45,1

При t° выше 32° выпадает из насыщенного раствора $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Эти кристаллы теряют воду при t° 87—100°; при t° ниже 32° выпадает из насыщенных растворов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ с уд. в. 1,47. Состав кальцинированной С. по стандарту (ОСТ 55): Na_2CO_3 не менее 98%, NaCl не более 1%, Na_2SO_4 не более 0,1%. Б. ч. ее приготавливают по аммиачному способу (см. ниже), хотя изредка встречается (за границей) и леблановская, примерный состав которой: Na_2CO_3 83—84%, NaOH 0,734%, NaCl 3,3—3,5%, Na_2SO_4 9,5—10,2%. В СССР и Германии качество С. обозначается в % Na_2CO_3 , во Франции—в градусах Декрузиля (соответствуют количеству H_2SO_4 -моногидрата, необходимого для усреднения), в Англии—в градусах Ньюкэста (соответствуют %-ному содержанию Na_2O , причем вес полумолекулы принимается = 32) или в градусах Гэй-Люссака (вес полумолекулы принимается не 32, а 31). Применяется в силикатной (стекольной), жировой, текстильной, красочной и бумажной пром-стях, в ряде химич. производств, для очистки воды и в домашнем обиходе для стирки и мытья. Упаковывается в деревянные (иногда фанерные) бочки по 150—500 кг или в мешки по 80 кг. В последнее время входит в практику погрузки в вагоны внавалку с применением механизации (пневматич. методом). При хранении в сырости слеживается и частично переходит в кристаллическую С. (см. ниже). В пожарном отношении безопасна. В значительном количестве поступает на рынок в мелкой расфасовке в бумажных или картонных пакетах по 400—500 г, иногда с примесью мыльного порошка и пербората (для повышения моющей способности) или поваренной соли (фальсификация). С. в пакетах в СССР известна под названием «Украинка». За границей в последнее время поступает в продажу кальцинированная С. в гранулированном виде в форме крупинок. Иногда она выпускается также в форме плиток (алкалит и др.).

Следующей важной по масштабу производства и значению формой товарной С. является каустическая С., или *едкий натр* (см.), NaOH ; состав ее (по ОСТ 57): NaOH 92—93%, Na_2CO_3 не более 4%, NaCl не более 3,5%. Экспортный продукт: NaOH 94—95%, Na_2CO_3 3,8—4,0% и NaCl 1,0—0,8%. В СССР большая часть каустич. С. производится (по

способу Левига) сплавлением кальцинированной С. с окисью железа через феррит натрия, меньшая часть—электролизом поваренной соли и по известковому способу (обработкой содовых растворов негашеной известью). За границей, наоборот, преобладают электролиз и известковый способ. Качество в том и другом случае одинаково, если только не применяется ртутный метод электролиза, к-рый дает каустич. С. исключительной чистоты (96—98% NaOH). Каустич. С.—белая, слегка окрашенная в желтоватый или голубоватый цвет твердая масса, уд. в. 2,13, $t_{пл.}$ 322°, легко поглощающая воду и поэтому расширяющаяся на воздухе. Легко растворяется в воде с выделением тепла. Вследствие своей гигроскопичности должна храниться в герметически закрытой посуде. Сильная щелочь, жадно соединяющаяся с к-тами. Разъедает кожу, ткани, обмыливает жиры, действует на стекло, фарфор и органич. вещества, легко поглощает CO_2 и переходит при этом в кальцинированную С.; разъедающе действует на слизистые оболочки, опасна для глаз при раскупорке барабанов; находит большое применение в мыловаренной, текстильной и бумажной пром-стях, в производстве искусственно-го шелка (вискозы), в красочной и фармацевтич. пром-стях, резиновом и спичечном производствах, в коксобензольной, лесохимической, нефтяной и пищевой пром-стях и для очистки воды; упаковывается обычно в железные барабаны емкостью 32—400 кг. В мелкой расфасовке—в банках в виде палочек. Упакованный товар должен храниться в закрытых сухих помещениях. В пожарном отношении каустич. С. безопасна. За границей в последнее время входит в продажу каустич. С., измельченная в порошок; упаковывается попрежнему в железные барабаны. Процесс раскупорки и растворения при этом значительно упрощается. За границей сильно распространены также транспорт крепкого раствора каустич. С. (50%-ной) в ж.-д. цистернах. В этом случае плавление и укупорка в барабаны отпадают; это дает такую экономию, к-рая делает возможным транспорт жидкой щелочи на расстояние до 1 000 км. Качество каустич. С. обозначается в СССР в % содержания NaOH, в Германии—в немецких градусах, соответствующих содержанию щелочи, пересчитанной на кальцинированную С. (100% NaOH = = 132 немецким градусам), в Англии—в градусах Ньюкэстля, как и для кальцинированной С. (100% NaOH = 78,52 градуса Ньюкэстля), во Франции—в градусах Декрузилля (100% NaOH = 122,58 франц. градуса). В нек-рых химич. производствах (напр. в производстве ультрамарина) применяется особый сорт кальцинированной С. т.н. специальная, или т.н. ж е л а я, С.; обычный состав ее: Na_2CO_3 97%, NaOH 2,25%, NaCl 0,20%. Ее приготавливают из осадков, получаемых на фильтрах при фильтрации каустич. щелоков в процессе выпуска их в вакуум-аппаратах.

Кристаллич. С.—продукт кристаллизации из водных растворов кальцинированной С.; большие моноклиноэдрич. призмы; по химич. составу это десятиводная С. $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, уд. в. 1,463. Обычная чистота ее 97%. Легко теряет часть воды на воздухе и становится непрозрачной. При 34° плавится в своей кристаллизационной воде. Известна также в продаже одноводная С. состава $Na_2CO_3 \cdot H_2O$.

Двууглекислая, или очищенная, С., бикарбонат—кислая угленатриевая

соль $NaHCO_3$; белый, пушистый порошок кристаллического строения со слегка солоноватым и слабощелочным вкусом, уд. в. 2,16; при обработке к-тами выделяет CO_2 с шипением, при нагревании легко разлагается, переходя в кальцинированную С. с выделением CO_2 . В воде растворяется:

t°	0°	15°	30°	50°
Вес. ч.	6,9	8,9	11,1	14,5

$R_n = 8,4$ для 0,1 мол. раствора. Состав ее (по ОСТ 58): $NaHCO_3$ не менее 98%, Na_2CO_3 не более 1,4%, NaCl не более 0,05%, влаги не более 1,0%. Применяется она гл. обр. для производства искусственных минеральных вод и шипучих прохладительных напитков, в медицине, в домашнем хозяйстве, для хлебопечения вместо дрожжей, в кондитерском деле и для приготовления массы зарядки огнетушителей. Упаковывается преимущественно в фанерные бочки вместимостью 50 кг. Хранить ее нужно в закрытом сухом помещении, т. к. во влажном воздухе она изменяется, выделяя CO_2 и переходя мало-по-малу в кальцинированную С. Имеется в продаже и в мелкой расфасовке. В пожарном отношении сода не только безопасна, но действует как хорошее огнетушительное средство.

Кроме указанных сортов С. в торговле (за границей) встречается еще пол у т о р н а я сода, или т р о н а (у р а о),—смесь средней и кислой угленатриевых солей, имеющая состав: $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ (содержит 47% Na_2CO_3 и 37% $NaHCO_3$). Известна в продаже также натронная известь (смесь едкого натра и извести) состава NaOH·CaO.

В СССР (Сибирь) в продаже встречается кальцинированная сода, добываемая из содовых озер; она представляет собою мелкий порошок сероватого цвета состава: 94,7% Na_2CO_3 , 0,35% Na_2SO_4 , 0,3% NaCl, получающийся при прокаливании соды-сырца в печах. Высушенная сода-сырец в смеси с кальцинированной С. идет также в продажу в расфасованном виде под названием «Сода-Сибирячка».

Лит.: С е д л и с В. О., Химич. товары и строительные материалы, Л., 1928; Р у б ц о в В. И., Курс общего товароведения, М.—Л., 1930; Г у р в и ч Е. и С. С. Спутник практика, М.—Л., 1930. **Б. Сасс-Тисовский.**

Содовое производство. Содовая пром-сть обнимает производство основных содовых продуктов: кальцинированной С., каустич. С. и бикарбоната; в качестве побочных продуктов м. б. получены: кристаллич. С., нашатырь, бикарбонат аммония и др.

В истории развития производства С. различают 4 периода. Первый период обнимает эпоху, начиная с древнейших времен до 10 века, когда С. добывали гл. обр. из естественных, т. н. содовых, озер, преимущественно в Египте, Америке, Центральной Азии и др. Из этих озер могут выкристаллизовываться следующие соли: 1) $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ —т. н. т р о н а, или у р а о, 2) $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ —С., или н а т р о н, и 3) $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ —т. н. т е р м о н а т р и т; чаще всего из озер выделяется трона. При соответствующей обработке троны фильтрованием и прокаливанием получается С. хорошего качества. В озерах Сибири садна С. происходит осенью и зимою; на дне образуются слои троны до 200 мм, ее извлекают, и после обработки получают продукт с содержанием до 94% Na_2CO_3 . Часто С. образует слой кристаллов над льдом (Дороницкое озеро); кристаллы собирают и затем прокаливают. Состав рапы Дороницкого озера в г/л: Na_2CO_3 44,17, $NaHCO_3$ 29,13, Na_2SO_4 0,76, NaCl 14,92.

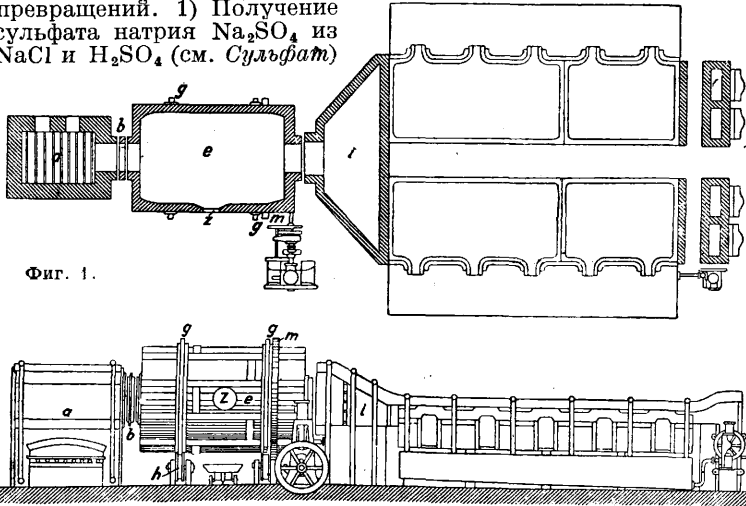
Второй период развития производства С. обнимает эпоху от 10 в. до 1800 г. В этот период С. получали из золь растений, произрастающих на солончаковых почвах, преимущественно на юге Испании. В качестве С. сбывалась или зола или продукт ее выщелачивания с последующей кристаллизацией (т. н. б а р и л я с) с содержанием 25—35% Na_2CO_3 .

Третий период—лебановской соды (метод предложен Лебаном в 1791 г.)—продолжался весь 19 в.; это был

первый способ синтетич. получения S . из поваренной соли, известняка и угля.

Четвертый период развития содового производства начинается в конце 19 века, когда леблановский способ производства S . стал вытесняться новым, так называемым аммиачным; аммиачный способ Сольвея до настоящего времени остается почти единственным способом получения S . во всем мире.

Технология производства содовых продуктов. Основное сырье для производства кальцинированной S .—поваренная соль и известняк. Получение кальцинированной S . осуществимо на практике гл. обр. по процессу Леблана и процессу Сольвея. Способ Леблана в настоящее время не применяется, однако не исключается возможность его частичного возрождения в СССР. Процесс этот заключается в проведении следующих химич. превращений. 1) Получение сульфата натрия Na_2SO_4 из $NaCl$ и H_2SO_4 (см. Сульфат)

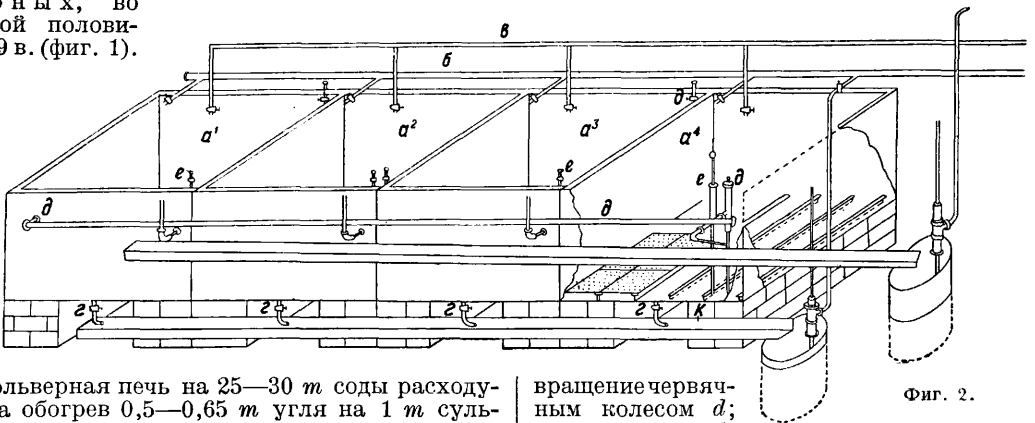


Фиг. 1.

при одновременном получении соляной кислоты по реакции $2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$. 2) Полученный сульфат натрия смешивают с углем и известняком (или мелом); при прокаливании этой смеси происходят следующие основные реакции: 1) $Na_2SO_4 + 2C = 2CO_2 + Na_2S$; 2) $Na_2S + CaCO_3 = CaS + Na_2CO_3$. По Леблану для получения 150 ч. соды берется 100 ч. безводного сульфата, 100 ч. известняка и 50 ч. угля. Обе реакции проводились одновременно в т. н. содовых печах—ручных в первой половине 19 в. и механич., т. н. револьверных, во второй половине 19 в. (фиг. 1).

ного железа и выложена изнутри огнеупорными кирпичами. Цилиндр вращается на двух охватывающих его кольцах g, g , опирающихся на фрикционные колеса h, h , и приводится в движение зубчатым колесом m ; загрузка и разгрузка цилиндра производятся через отверстие z . Топочные газы проходят через печь и по выходе из печи, пройдя пыльную камеру i , используются для выпаривания воды из растворов соды—содовых щелоков. Получающаяся в печи масса, сырой содовый плав, содержит 36—45% Na_2CO_3 , 27—33% CaS , кроме того в нем содержатся $CaCO_3$, CaO , уголь и др. Плав обрабатывается водоем в ряде последовательно включенных ящиков—в щелачивателе Чанкса (фиг. 2), обыкновенно 4—6 железных ящиков (a_1, a_2, a_3, a_4), снабженных приводной трубкой для воды b , паропроводом v , выпускным краном g , трубами d для перевода щелока из одного ящика в другой и трубами e для спуска насыщенного щелока в спускной жолоб k ; в аппарате остается отброс—сернистый кальций. Крепость спускаемого щелока, полученного из последнего аппарата, составляет ок. 27—30° Вё с содержанием около 250 г Na_2CO_3 , 50 г $NaOH$ в л; остальное— $NaCl, Na_2SO_4, Na_2S, Na_2SO_3, Na_2S_2O_3, Na_4Fe(CN)_6$ и др. Полученный щелок после отстаивания и предварительной карбонизации поступает на выпаривание в железные чрены. При выпаривании выпадает сода $Na_2CO_3 \cdot H_2O$

(с примесями); сода на фильтре отделяется от маточной жидкости, т. н. красного щелока, содержащей $NaOH$ и др.; этот щелок употребляется для получения $NaOH$ по известковому способу. Оставшаяся на фильтре сырая соль $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ прокаливается в прокаточных горизонтальных железных печах с наружным обогревом (печи Телена, фиг. 3); на вращающейся горизонтальной оси a укреплены параллельно 4 стержня b с насаженными на них скребками c с косо поставленными лезвиями; ось приводится в медленное



Фиг. 2.

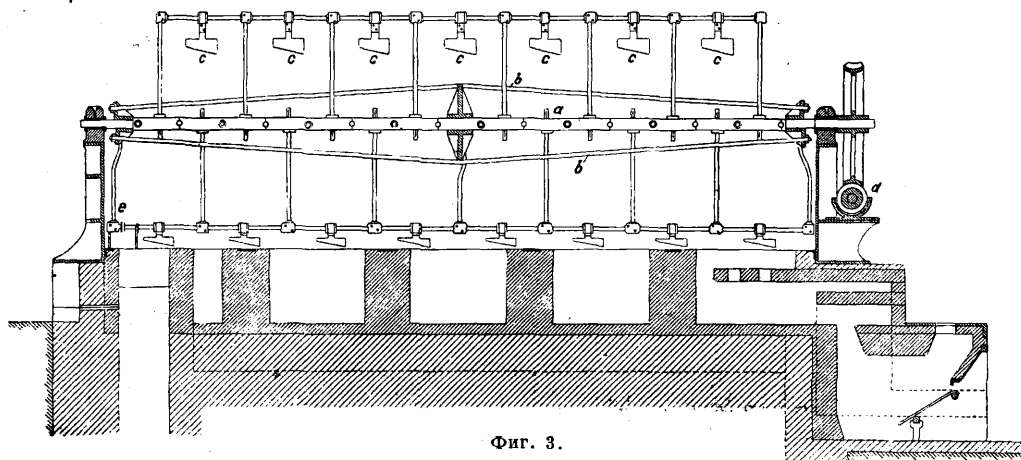
Револьверная печь на 25—30 т соды расходует на обогрев 0,5—0,65 т угля на 1 т сульфата. Для нагревания массы в печи употребляется уголь, сжигаемый в топке a , находящейся вне печи и соединенной с ней посредством кольца b ; цилиндрич. печь e сделана из котель-

вращение червячным колесом d ; при этом скребки скользят по полукруглому дну чрена и мешают пригорать выкристаллизовавшейся S . и в то же время сгребают ее к концу чрена, от-

куда она сбрасывается лопатой *e* в подставленные ящики. В результате получается С. с содержанием ок. 90% Na_2CO_3 .

В содовый комбинат Леблана обычно входили следующие производства: 1) серной к-ты, 2) сульфата, 3) соляной к-ты, 4) хлора, 5) бе-

правляют после промывки в печи-сушилки для превращения в соду по реакции: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Расход сульфата на 1 т соды составляет 1,6 т. Выделяющийся при карбонизации газ с содержанием около 36% H_2S используется либо на получение серы либо



Фиг. 3.

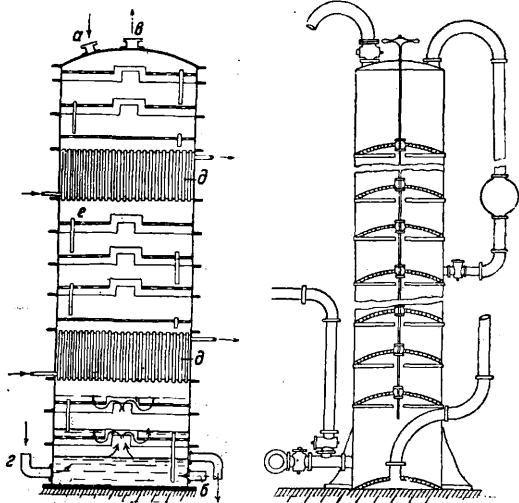
лильной извести, 6) азотной к-ты, 7) серы из отброса производства, содержащего CaS . Переработка отброса осуществлялась по способу Чанкса и Клауса. По этому способу отвал смешивается с водой в тесто и накачивается в ряд вертикальных цилиндров, через которые последовательно пропускается газ известково-обжигательных печей. При этом происходят следующие реакции: $\text{CaS} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{S}$; $\text{CaS} + \text{H}_2\text{S} = \text{Ca}(\text{SH})_2$; $\text{Ca}(\text{SH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{S}$; CaCO_3 —отброс, а газ с содержанием до 36% (объемных) H_2S идет на регенерацию серы по реакции $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$ в присутствии катализаторов в печах Клауса (см. *Сероводород и Сера*) или на окисление до SO_2 по реакции: $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$, причем SO_2 идет дальше на производство H_2SO_4 .

Результаты работы леблановских э-дов приблизительно следующие: 100 ч. пирита + 1,88 ч. селитры дают 70 ч. огарков + 136,3 ч. серной к-ты; 136,3 ч. серной к-ты + 160,35 ч. хлористого натра дают 176,38 ч. сульфата + 274,4 ч. соляной к-ты уд. в. 1,16; 176,38 ч. сульфата + 67,02 ч. угля + 123,46 ч. известняка дают 134,05 ч. соды + 141,12 ч. отброса; 141,12 ч. отброса дают 10 ч. серы; 274,4 ч. соляной к-ты + 47,45 ч. двуокиси марганца + 36,8 ч. извести дают 65,45 ч. белильной извести.

I. Получение кальцинированной С. из сульфата. В СССР способ сводится к получению кальцинированной С. из естественного сульфата на базе мирабилита Карабугазского залива по схеме, представляющей комбинацию способов Леблана и аммиачного. Первоначальное сырье—мирабилит (глауберова соль), выбрасываемый зимою на берег залива,—содержит 96—99% $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Летом при $t^\circ 35^\circ$ мирабилит на берегу залива обезвоживается теплом солнца и превращается в безводную соль с содержанием до 99% Na_2SO_4 . Безводный сульфат восстанавливается до *сернистого натрия* (см.); полученный плав растворяется в воде, и после фильтрования раствор с содержанием ок. 125 г Na_2S в л отправляется на карбонизацию в карбонаторы или в карбонизационные колонны, где процесс протекает по следующей схеме: 1) $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHS} + \text{NaOH}$; 2) $\text{NaHS} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{S}$; $\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3$. Выпавший бикарбонат отфильтровывают и от-

на получение сернистого газа и серной кислоты. Превращение Na_2SO_4 в Na_2CO_3 можно осуществить также по методу Сольвея карбонизацией аммиачного раствора сульфата по реакции: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Существуют и другие способы переработки Na_2SO_4 в соду (см. ниже).

II. Получение С. из поваренной соли (способ Сольвея). В этом способе употребляют естественный или искусственно приготовленный рассол с содержанием ок. 310 г



Фиг. 4.

Фиг. 5.

NaCl в л, к-рый насыщается в промывателях и при охлаждении в абсорберах газообразным аммиаком до содержания ок. 90 г NH_3 в л (фиг. 4: *a*—вход соли, *b*—вход паров аммиака, *e*—выход их, *z*—вход газов, содержащих CO_2 , *d*—холодильные кольца). Рассол, идущий на абсорбер, содержит и другие соли. Примерный состав рассола (в г):

NaCl	MgSO_4	CaSO_4	MgCl_2	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
310	5,11	0,8	0,6	0,3

Газ NH_3 содержит обычно и CO_2 ; в присутствии

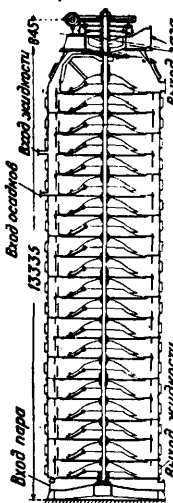
воды он реагирует так: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$; $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Эти вещества в свою очередь реагируют с солями Mg и Ca раствора, образуя осадки $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и CaCO_3 по реакциям: $\text{CaSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; $\text{MgSO}_4 + 2\text{NH}_4\text{OH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Осадки в количестве ок. 0,15 т на 1 т С. отделяются в отстойниках — дозерах, а осветленная жидкость после охлаждения идет на карбонизацию. Охлажденный аммиачный рассол поступает на карбонизацию в одну или в две (принцип «форкарбонизации») карбонизационные колонны Сольвея (фиг. 5), куда снизу подается газ с содержанием в среднем 45% CO_2 . При этом происходят процессы: 1) $2\text{NH}_4\text{OH} + \text{CO}_2 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; 2) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$; 3) $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NaCl} = \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaHCO}_3$; полученный бикарбонат выпадает в осадок, как наименее растворимое соединение. Действительно, главная реакция карбонизации (3) как равновесная идет в направлении, при котором выделяется наименее растворимая соль, каковой всегда является NaHCO_3 . Ниже приведены данные растворимости этих солей в воде при 15° и при 30°.

	15°	30°		15°	30°
NaCl	358 г	360 г	NH_4HCO_3	186 г	270 г
NH_4Cl	355 »	416 »	NaHCO_3	88 »	110 »

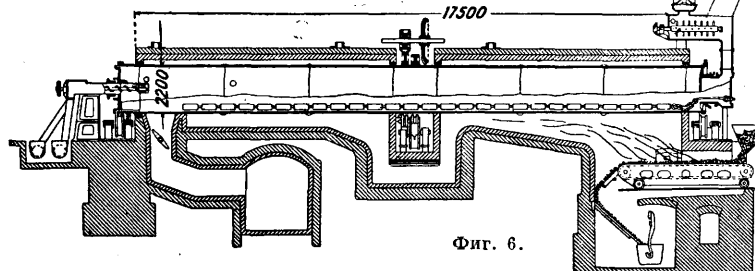
Для суждения о выходах NaHCO_3 по сырью NaCl или по NH_3 введены понятия процента утилизации Na и NH_3 Федотьевым П. Н., впервые изучившим теорию процесса. На практике процент утилизации Na редко превышает 70—

нагревание жидкости для термической диссоциации легко разлагаемых солей аммония по реакциям: 1) $\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 2) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 3) $2\text{NaNHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, а затем после смешения с известковым молоком и основная реакция выделения NH_3 из NH_4Cl : $(4\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$; аммиак охлаждается до 60° и уходит на абсорбцию.

Углекислый газ получается обжигом известняка (или мела) с углем в известково-обжигательных печах шахтного типа; при этом идут процессы $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ и $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$; содержание CO_2 в газе: 35÷38% по объему (см. Углекислота и Известь). Расходные коэф-ты на т 98%-ной соды: поваренной соли 1 700 кг (около 5,5 м рассола), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 5 ÷ ÷ 8 кг для восстановления по терь NH_3 ; извести 1 300 кг пара ок. 2 т, топлива 0,5 т воды на охлаждение 80 м³; расход энергии 65 kWh. Процесс осуществляется в системе стандартизованных аппаратов, т. н. элементах Сольвея, рассчитанных на производство 120÷250 т кальцинированной С. в сутки. На фиг. 8 изображена общая схема содового э-да: 1, 2, 3, 4—холодильники, 5—скруббер, 6—диссольвер, 7—подъемник, 8—бункер, 9—мешалка, 10—перегонный аппарат, 11—обогреватель, 12—холодильник, 13—резервуар, 14—насос, 15—резервуар, 16—скруббер.



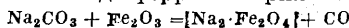
Фиг. 7.



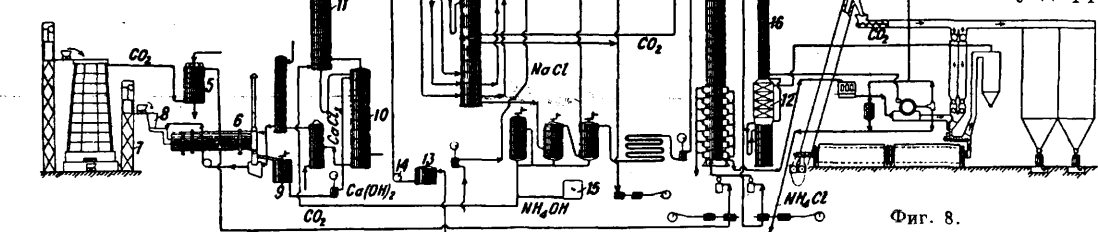
Фиг. 6.

72. Для обеспечения хорошего фильтрования процесс ведут при t° в 62° в карбонизационной колонне. Отфильтрованный сырой бикарбонат с содержанием 15—18% H_2O после смешения с кальцинированной С. поступает в сушилки (фиг. 6), где из бикарбоната получается кальцинированная С. по реакции: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Газ сушилок после отделения пыли, охлаждения и отмычки от NH_3

III. Производство каустической С., едкого натра, NaOH. Производство ведется по трем способам. 1. Ферритный способ (Левига). Твердая кальцинированная С. смешивается с окисью железа и прокаливается при t° ок. 1 200° в горизонтальных вращающихся печах «тамбурах»; при этом образуется малостойкий по отношению к воде феррит натрия по реакции:



После охлаждения до 100° феррит поступает в систему диффузо-



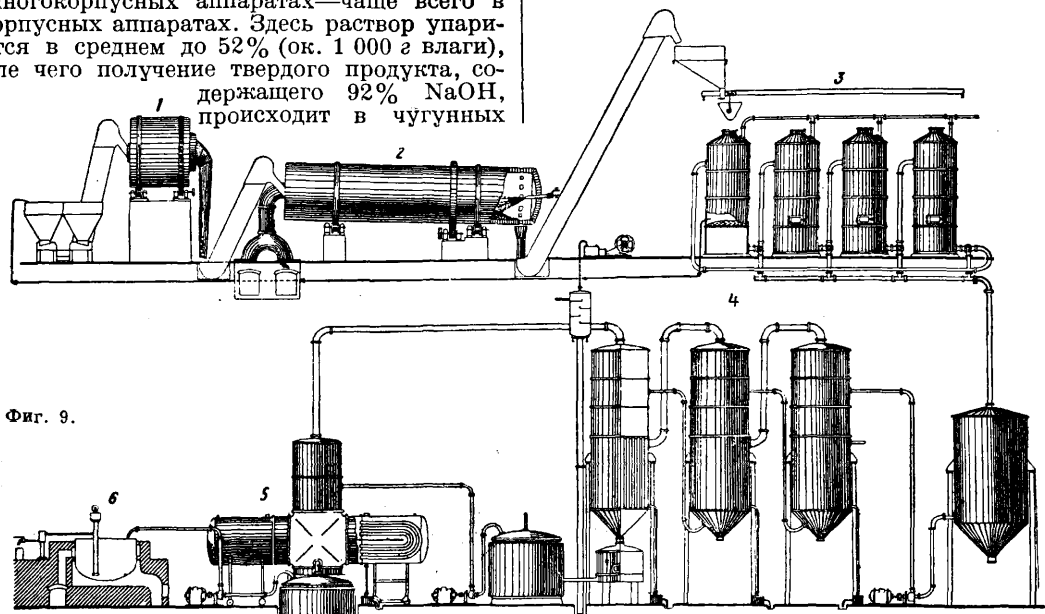
Фиг. 8.

идет на карбонизацию вместе с газом известковых печей. Магочная жидкость из колонн идет после подогрева и смешения с известковым молоком на дистилляцию аммиака в аппаратах дистилляции (фиг. 7), где происходит сначала

ров, где он горячей водой разлагается по следующей схеме: $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{Fe}_2\text{O}_3$. Остающаяся на решетке диффузора окись железа идет вновь на смешение с содой, а раствор около 27% едкого натра с

концентрацией до 400 г NaOH в л поступает после отстаивания в декантерах на выпарку в многокорпусных аппаратах—чаще всего в 3-корпусных аппаратах. Здесь раствор упаривается в среднем до 52% (ок. 1 000 г влаги), после чего получение твердого продукта, содержащего 92% NaOH, происходит в чугунных

ход материала следующий: кальцинированной С.—1,34 т; извести—0,8 т; пара—5,5 т; угля



Фиг. 9.

горшках с подогревом голым огнем или в аппаратах Фредеркинга, подогреваемых перегретой водой или паром высокого давления при t° ок. 350° [фиг. 9: 1—мешалка для соды и окиси железа, 2—тамбур, 3—диффузоры, 4 и 5—выпарные аппараты (трехкорпусный и однокорпусный), 6—плавающий горшок]. На 1 т кальцинированной С. расходуется: кальцинированной С.—1,33 т; окиси железа—0,2 т; мазута для тамбуров—0,46 т; угля для горшков—0,44 т, пара—2,8 т; энергии ~ 48 kWh.

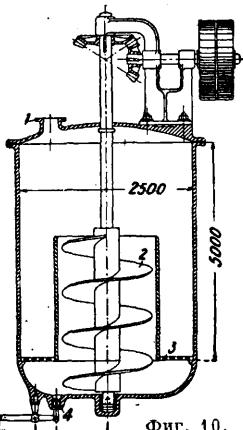
для горшков—0,40 т; электроэнергии—25 kWh.

3. Электролитический способ (см. *Едкий натр* и *Хлор*). Для производства бикарбоната NaHCO_3 кальцинированную С. растворяют в воде при нагревании, раствор отделяют от мути на фильтрпрессах и в колоннах, карбонизируют его газом из известково-обжигательных печей; реакция протекает следующим образом: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$. Можно вести процесс и так: технич. бикарбонат разлагается паром до С. в декантераторах, минуя т. о. растворение кальцинированной С. Осадок бикарбоната промывают, отфильтровывают, отфуговывают на центрифугах и сушат

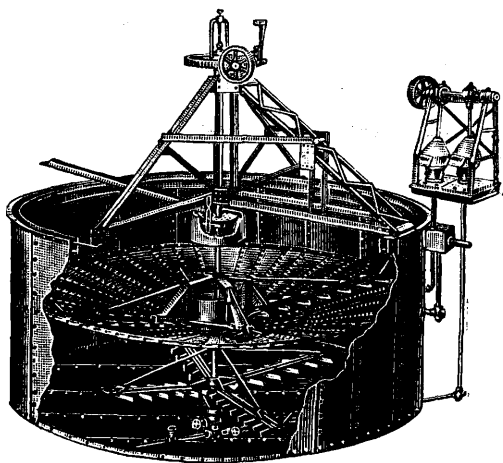
2. Известковый способ заключается в том, что раствор, содержащий 10—12% кальцинированной С., полученной растворением в воде кальцинированной соды или нагреванием смеси бикарбоната с водой и паром для декар-

бонизации раствора, смешивается при нагревании до 90—100° с известковым молоком в каустицерах (фиг. 10); 1—вход Na_2CO_3 , 2—шнек, 3—дырчатое дно, 4—выход NaOH. При этом происходит реакция каустификации и: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$. Выпавший CaCO_3 отделяется отстаиванием и отмывается от NaOH в аппарате Дорра (фиг. 11). Щелок из сгустителя, содержащий 12% NaOH, идет на выпарку в вакуум-аппараты и затем в котлы или аппараты Фредеркинга до получения твердого каустика, как и по способу Левига (фиг. 12: 1—известково-обжигательная печь, 2—гаસитель извести, 3—бак с содовым раствором, 4—каустицер, 5—сгустители Дорра, 6—фильтр, 7—трехкорпусный выпарной аппарат, 8—однокорпусный выпарной аппарат, 9—котел Фредеркинга). На 1 т каустиц. С. рас-

горячим воздухом при 70°, измельчают и упаковывают в бочки. На 1 т бикарбоната с содержанием 97% NaHCO_3 расходуется технич. бикарбоната—1 225 кг, газа (100% CO_2)—520 кг, пара мятого—1,5 т; электроэнергии—110 kWh, воды технич.—23 м³; в случае употребления кальцинированной С. расход ее 0,7 т.



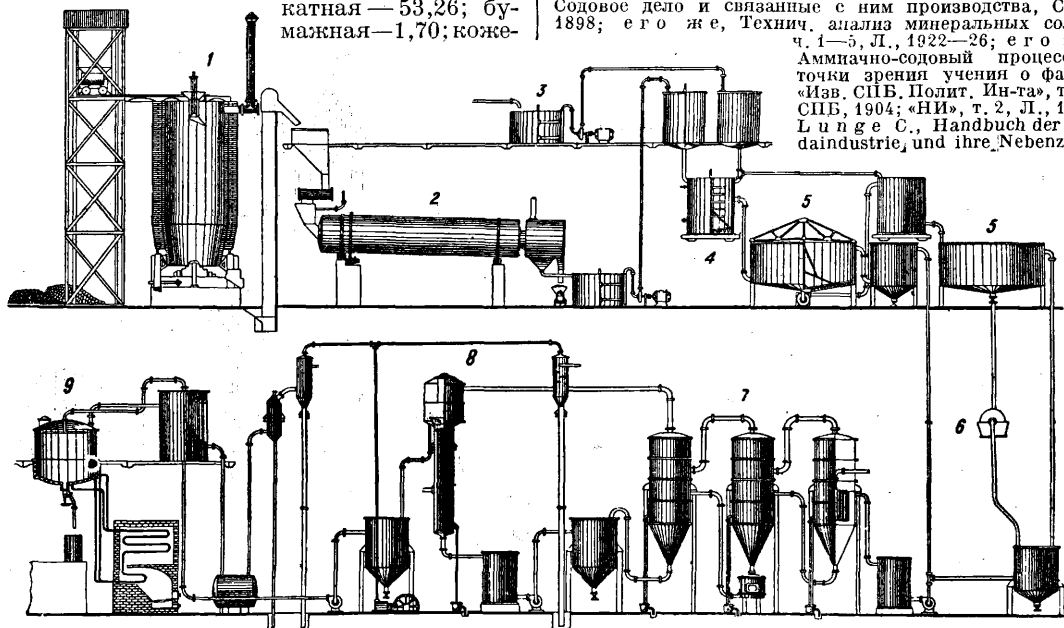
Фиг. 10.



Фиг. 11.

горячим воздухом при 70°, измельчают и упаковывают в бочки. На 1 т бикарбоната с содержанием 97% NaHCO_3 расходуется технич. бикарбоната—1 225 кг, газа (100% CO_2)—520 кг, пара мятого—1,5 т; электроэнергии—110 kWh, воды технич.—23 м³; в случае употребления кальцинированной С. расход ее 0,7 т.

Значение содового производства в хозяйственной жизни страны. Потребление кальцинированной С. в различных отраслях промышленности СССР на 1931 г. следующее (в %): текстильная—4,86, искусственного шелка—0,09; силикатная—53,26; бумажная—1,70; коже-



Фиг. 12.

венная—0,64; жировая—10,36; металлическая—2,12; анилинокрасочная—1,97; лакокрасочная—1,27; лесохимическая—0,16; медико-фармацевтическая—0,43; прочие химич. производства—0,20; сахарная—0,25; крахмально-паточная—0,07; винокуренная—0,01; прочие пищевые производства—0,13; кино-фотографическая—0,08; полиграфическая—0,21; прочие отрасли пром-сти—0,6; транспорт—0,55; земледелие—0,17; торговля—7,00; кооперация—13,64; прочие потребители—0,17. Потребление каустич. С. в %: в производствах текстильным и искусственного шелка—26,6%, в мыловаренном—22,5%; в анило- и лакокрасочном—ок. 5%; в коксобензолном—ок. 1,8%; в химич. промышленности—ок. 3%; в нефтяной—ок. 8%; кооперация—ок. 21%, торговля—ок. 9% и пр.

Размеры содового производства в СССР иза границей. Мировое производство кальцинированной С. составляет ок. 5 000 000 т и в СССР—400 000 т. Производство каустич. С. достигает в СССР 130 000 т, а бикарбоната—37 000 т.

Дальнейший путь развития производства С. (в СССР) намечен по следующему плану: 1) увязка содового производства с синтезом аммиака: при питании аппаратов абсорбции синтетич. аммиаком из маточных жидкостей NH_3 не регенерируется, а выделяется NH_4Cl в виде твердой соли (з-д превращается в натрийно-содовый). Предположено отбросить CO_2 при получении H_2 для синтеза методом конверсии употребить на карбонизацию аммиачного рассола; тогда отпадает ряд цехов: дистилляционный, известново-обжигающих печей и приготовления известного молока. 2) Увязка с сернокислотной пром-стью по линии получения соды и серной к-ты из карабугазского мирабилита. 3) Увязка с калийной промышленностью: при обработке калийных месторождений (в Соликамске) получается как сильвинит $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$, так и много отбросов поваренной соли, содержащих KCl . При обработке этих растворов по аммиачному способу получается азотно-калийное удобрение, известное под названием по т а з о т, с содержанием NH_4Cl около 65% и KCl около 30%.

Лит.: Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 2, 1899; Федотьев П., Химико-технологич. очерки, 1930; Сасе-Тисовский В. А., Производство соды, вып. 1, Кальцинированная-сода, М.—Л., 1932; его же. Спутник содовика, М.—Л., 1932; Кирхнер Ю., Производство соды по способу Солеве, пер. с нем., М.—Л., 1932; Лукьянов Н., Минеральная технология, т. 2, Производство щелочей, М., 1924; Федотьев П., Содовое дело и связанные с ним производства, СПб., 1898; его же, Технич. анализ минеральных солей, ч. 1—3, Л., 1922—26; его же, Аммиачно-содовый процесс с точки зрения учения о фазах, «Изв. СПб. Полит. Ин-та», т. 1, СПб., 1904; «НИ», т. 2, Л., 1926; Lunge C., Handbuch der Soda-industrie, und ihre Nebenzwei-

ge, 3 Aufl., B. 131, Brschw., 1909; Schreiber H., Die Fabrikation der Soda nach dem Ammoniakverfahren, B., 1905; Gmelin Handbuch der anorganischen Chemie, 8 Aufl., 1928, B. 21; Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 2 Aufl., B. 8; Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B. 1, B., 1924; Lunge-Berl, Taschenbuch für d. anorganisch-chemische Grossindustrie, 7 Aufl., B., 1930; Fedotieff P. u. Kolossoff A., Die 3 Form des Ammoniak-soda-verfahrens, «Ztschr. f. anorg. u. allg. Chem.», 1923, B. 130; Нерудные ископаемые, изд. Академии Наук, т. 14, Л., 1926; Вольфович С., Белопольский А., Лебедев В., К вопросу об использовании природного сульфата, «Журн. прикл. химии», М., 1931, т. 4, 2—3; Макаров С., Физико-химич. исследовании садки соды, там же, 1930, т. 3, 3; Юшкевич П., Уразов А., Соловьева Л., Лабораторное изучение отдельных стадий аммиачно-содового процесса, «Журнал химич. пром-сти», 1929, 1930, 1931; Ост Г., Химическая технология, пер. с нем., Л., 1927, вып. 4; Карабугазская проблема, 1-я Всесоюзная конференция по Карабугазу, 1931; «Карабугаз», сб., Л., 1928; Dammert O., Chem. Technologie der Neuzeit, 2 Aufl., B. 3, Stg., 1927. М. Некрич.

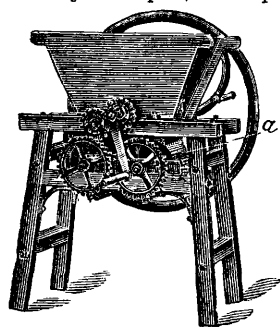
СОДА ДВУУГЛЕКИСЛАЯ, см. *Soda*.

СОДОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см. *Soda*.

СОЕВОЕ МАСЛО, см. *Бобовое масло* и *Соя*.

СОКИ плодовые (в промышленности), С., полученные из фруктов или ягод прессованием или самотеком и законсервированные тем или другим способом. С. не должен содержать нерастворимых частиц мякоти и должен обладать окраской, ароматом и вкусом, характерным для данного вида плодов. Готовый С. должен быть прозрачным. Больше всего на С. перерабатывается малина. Затем идут вишня, смородина, клюква, садовая земляника (клубника) и яблоки. Для приготовления соков плоды должны быть нормальной зрелости и свежие; незрелые, перезрелые и несвежие (лежалые плоды) идут на С. второго сорта. Испорченные плоды (заплесневшие, прокисшие) не должны идти в производство, т. к. дают С. с привкусом плесени или уксусной к-ты.

Плоды при приемке часто не моют, особенно нежные ягоды, к-рые могут при этом помяться и потерять часть С. Приготовление С. состоит из двух операций: первая—получение С. пло-



Фиг. 1.

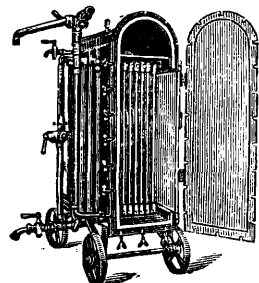
дов и вторая—предохранение его от порчи (забраживания, прокисания, плесневения). Для первой операции принятые и взвешенные плоды моют, измельчают на специальных дробилках и получают мязгу. Дробилки бывают двух типов: плодовые, которые сперва разрываю, а потом раздавливают плоды вальцами *a* (фиг. 1), и ягодные (см. *Виноделие*, фиг. 1), к-рые только раздавливают ягоды. Расстояние между вальцами можно по желанию изменить. У косточковых плодов (вишня, слива, абрикосы и др.) часто перед дроблением вынимают косточки—ручную или косточковыбивательми, причем часть плодов оставляют с косточками и последние в дробилке разбираются вальцами. Дробленные косточки придают соку особый вкус и аромат. При приготовлении виноградного С. от винограда обычно удаляют гребни (см. *Виноделие*). Некоторые плоды после дробления оставляют в чанах на день-два для перевода в С. возможно большего количества красящих, экстрактивных и ароматич. веществ. Прессование производится на ручных, гидравлич. или непрерывнодействующих прессах (см. *Виноделие*, фиг. 2 и 3). В корзину пресса, в нек-рых случаях внутри высланную материей, накладывают из дробилки мязгу и прессуют до прекращения выделения сока. Тогда поднимают прессующий механизм, перелопачивают мязгу и снова прессуют. По прекращении отделения С. мязгу снова перелопачивают и опять прессуют в третий раз. Выход С. по Якобсону следующий (в %):

Из яблок	55—75	Из смородины:	
» вишни	60—70	черной	64—71
» малины	65—75	красной	78—87
» садовой земляники	70—85	белой	83—92
		Из черники	80—95

С. из-под пресса стекает в подставленный перерез емкостью ок. 1 гл, откуда насосом перекачивается в бочку. С. очень легко подвергается действию микроорганизмов и забраживает. Для предохранения С. от забраживания его обеспложивают (освобождают от микроорганизмов) или консервируют. Для обеспложивания существуют два способа—пастеризация и фильтрация через Э. К.-фильтры Зейца. Для консервирования к С. добавляют сернистый газ (сульфитация), бензойнокислый натрий, салициловую или муравьиную кислоту, спирт, сахарин или другие консерванты.

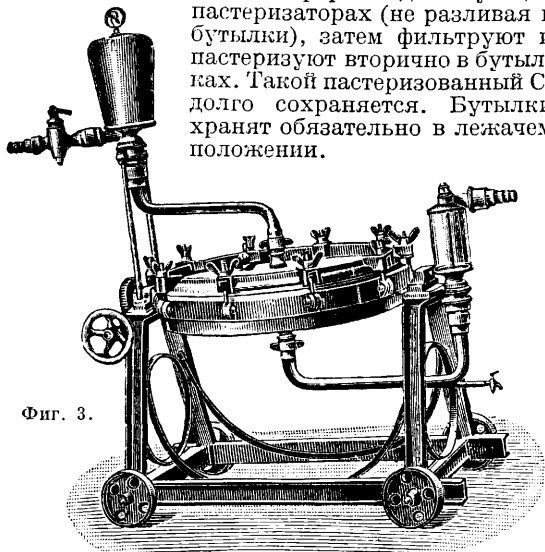
При пастеризации, если С. нагревать до 70°, то в нем погибают микроорганизмы (дрожжи), но споры их остаются живыми. На другой-третий день споры прорастают, и тогда образовавшиеся микроорганизмы погибают при вторичной пастеризации. Вновь образовавшиеся микроорганизмы после первой пастеризации за два дня не успевают вновь образовать споры, и С. после второй пастеризации остается обеспложненным (стерильным). В мелких

производствах для пастеризации С. тотчас после прессования разливают в бутылки, не доливая (на 10 см³) до отверстия, чтобы в бутылке осталось пространство для расширения С. при нагревании. Затем бутылки закупоривают пробками, завязывают бечевками или прихватывают проволочными аграфами и ставят их в ванну, наполненную водой. Ванну медленно нагревают до 65°, держат при этой т° 15—30 мин., затем вынимают из ванны и дают охладиться. Нагревать выше 65—70° не рекомендуется, т. к. С. приобретает вареный привкус. При первой пастеризации из С. выпадают осадки, да и сам С. обычно разливают в бутылки из-под пресса мутным. Поэтому после первого нагревания С. фильтруют через целлюлозные (фиг. 2) или асбестовые (фиг. 3) фильтры (см.).



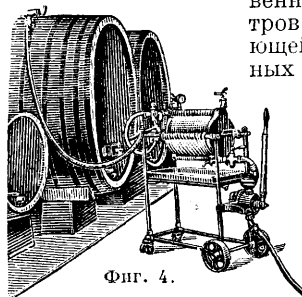
Фиг. 2.

Профильтрованный С. вторично разливают в бутылки и вторично пастеризуют при тех же условиях, как и при первой пастеризации. В крупных производствах первую пастеризацию осуществляют в непрерывнодействующих пастеризаторах (не разливая в бутылки), затем фильтруют и пастеризуют вторично в бутылках. Такой пастеризованный С. долго сохраняется. Бутылки хранят обязательно в лежачем положении.



Фиг. 3.

Второй способ обеспложивания—это холодная стерилизация через специальные Э. К.-фильтры Зейца (фиг. 4). Их отличие от обыкновенных асбестовых фильтров состоит в фильтрующей массе: у обыкновенных асбестовых фильтров эта масса состоит из отдельных волокон асбеста, которые помещаются на металлических сетках фильтра и образуют фильтрующий слой; в Э. К.-фильтрах фильтрование производится через специальные пластины, состоящие из спрессованного асбеста и целлюлозы, обработанных особым образом, составляющим секрет фирмы. Эти пла-



Фиг. 4.

стины обладают способностью задерживать микроорганизмы. Перед употреблением этого фильтра его следует подготовить. Для этого через фильтр, заряженный новыми пластинами, следует пропускать пар в течение получаса. С., предназначенный для стерилизации через Э. К.-фильтр, д. б. абсолютно прозрачен, иначе муть С. при фильтровании через Э. К.-фильтр отложится на Э. К.-пластинах и забьет поры. Тогда фильтр станет медленнее фильтровать, и его производительность будет мала и невыгодна. Поэтому соки предварительно фильтруют через обыкновенные асбестовые или целлюлозные фильтры, а затем через Э. К.-фильтр. Обеспокоенный на Э. К.-фильтре С. следует хранить также в обеспокоенных хранилищах. Для хранения обеспокоенных С. применяют алюминиевые танки, дубовые бочки или стеклянную посуду. Танки стерилизуют паром, а бочки и стеклянную тару (бутылки)—сернистой к-той. Стерилизация посуды сернистой к-той производится напусанием из бомбы жидкого сернистого газа по расчету 12 см³ на 100 л. Закуренную сернистым газом бочку перед наполнением ее С. отмыывают от сернистого газа и затем спускают воду. При этом воздух, который поступает в бочку на место выливаемой воды, тоже стерилизуется через небольшой воздушный Э. К.-фильтр. Стерильная вода для мытья бочек от сернистого газа получается фильтрованием обычной воды через небольшой воздушный Э. К.-фильтр. Все шпунты и пробки, употребляемые при работе по этому методу заготовки С., должны быть вымочены в слабом растворе сернистой к-ты, иначе можно заразить С. микроорганизмами. Таким образом С. хранится долгое время, причем надо иметь в виду, что доливка усохшего в бочках С. не практикуется. При разливе обеспокоенного С. в бутылки его следует вторично пропустить через Э. К.-фильтр. Бутылки перед наполнением стерильным С. тщательно моют и стерилизуют ополаскиванием слабым раствором сернистой к-ты и закупоривают пробками, вымоченными в течение 24 ч. в растворе сернистой к-ты.

Самый распространенный способ консервации соков в СССР—сульфитация, к-рая все больше и больше у нас развивается. Способ состоит в добавке сернистого газа (SO₂) к С. в таком количестве, чтобы прекратить в них развитие микроорганизмов. Сернистый газ проще всего получать прямо на месте заготовок С. и часто даже прямо в бочках с С. Для этого следует сжигать серу в отдельных камерах, и получающийся при этом сернистый газ пропускать по трубам в бочки, или в бочки опускают на специальных держателях зажженные серные фитили (полоски бумаги, покрытые серой). Бочки как в первом, так и во втором случае наполняют С. на 1/4—1/2 объема. Затем бочки с С. и сернистым газом следует покачать для растворения сернистого газа в С., снова вводить SO₂, растворять в С. и т. д., постепенно наполняя бочку С. Этот способ сульфитации нехорош тем, что сера при горении в бочках часто попадает в С., и кроме того нельзя точно регулировать дозировку сернистого газа. Наиболее совершенен способ добавки к С. точно отмеренного количества сернистого газа. Для этого сернистый газ (ангидрид) применяют сгущенным до жидкости и помещенным в специальные стальные бомбы. Из бомбы газ отмеривается особым прибором—сульфитометром (см. Сульфитация), имеющим градуированный

цилиндр, в к-ром легко отмерить нужный объем сернистого ангидрида. Отмеренный в сульфитометре газ прямо спускается в бочку в С. и тщательно размешивается. Для предохранения от действия микроорганизмов (забраживание, прокисание, заплесневение) в течение 6 месяцев в деревянной таре С. требуют следующих количеств сернистого газа (в %):

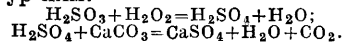
Вишня	0,200	Смородина:	
Земляника	0,150	красная	0,100
Кизил	0,050	черная	0,125
Крыжовник	0,060	Томаты	0,100
Малина	0,125	Фасоль	0,100
Мирабель	0,125	Цветная капуста	0,100
Огурцы	0,100	Черешня	0,100
Персики	0,125	Черника	0,100
Рейнлод	0,125	Яблоки	0,100
Слива	0,125		

Практически обычно прибавляют сернистого газа немного больше—до 0,2%. При отмеривании сернистого ангидрида следует иметь в виду, что 1 г сернистого ангидрида занимает объем в 0,7 см³ (точнее 0,69 см³). Поэтому 0,2 весовых % при пересчете на объемные дадут 0,14 объемных %. Большое значение при сульфитации С. имеет тара. Лучшей тарой в смысле прочности и хорошего держания сернистой к-ты в С. считаются дубовые бочки. Но эти бочки дороги, нек-рым С. дуб придает горький привкус, нек-рые С. могут потемнеть от дуба. Поэтому на практике чаще применяют тару из других пород дерева; но т. к. эта тара плохо держит сернистую к-ту и теряет ее через поры дерева, то тару парафинируют изнутри на специальном приборе (фиг. 5). Сульфитованные С. применять в пищу нельзя и их приходится перед употреблением десульфитировать. Десульфитация С. состоит или в окислении в С. сернистой кислоты в серную или в удалении из С.



Фиг. 5.

сернистой кислоты. Окисление сернистой кислоты в С. производится по способу проф. Е. И. Шпитальского посредством перекиси водорода, причем образующуюся при окислении серную к-ту осаждают мелом. Реакции окисления сернистой к-ты и осаждения серной идут по следующим ур-ням:



Из этих ф-л можно составить практические—вычисления количества перекиси водорода и мела, потребных для десульфитации. Расчет перекиси водорода производится по ф-ле $X = 0,53 n$, где X —количество перекиси водорода (H₂O₂), а n —содержание в С. сернистого газа (SO₂). Количество мела, необходимого для нейтрализации серной к-ты, определяется по ф-ле $Y = 1,56 n$, где Y —необходимое количество мела, а n —количество сернистого газа (SO₂) в С. Практически перекиси водорода берут немного менее теоретического, настолько, чтобы оставшаяся в С. после десульфитации сернистая к-та не превышала допускаемую законами норму. Норма допускаемого содержания сернистого газа в С. при их употреблении в пищу в разных странах разная. В Германии в С. разрешается небольшие количества SO₂, в Англии максимальное допускаемое количество составляет 0,035 %, в Голландии 0,005 %, в Италии совершенно запрещена сульфитация, во-

Франции в выпускаемой продукции не должно быть SO_2 , в Швейцарии разрешается до 0,05%, в СССР 0,002% свободного сернистого ангидрида и 0,01% связанного.

Другой способ десульфитации — нагревание сульфитированного С. до б. или м. полного удаления сернистого газа. Чтобы при этом нагревании С. не приобрел вареного привкуса, следует производить десульфитацию в вакуум-аппаратах при уменьшенном давлении; вакуум-аппарат д. б. внутри высеребрен. При нагревании С. большая часть сернистой к-ты легко удаляется, а остаток — довольно трудно. Химически это объясняется так: введенная в С. сернистая к-та частично соединяется с альдегидами и кетонами, находящимися в С., и эта «связанная» часть сернистой к-ты, в противоположность «свободной», труднее удаляется. Первый способ десульфитации (с перекисью водорода) больше распространен у нас в СССР, а последний (нагревание) — за границей. Кроме сернистого ангидрида для сульфитации С. употребляют соли сернистой кислоты — бисульфит и пиросульфит, но только в том случае, когда производят десульфитацию перекисью водорода, а не нагреванием. Следует отметить, что при сульфитации окраска С. почти пропадает (С. обесцвечивается), а при десульфитации окраска снова появляется (восстанавливается). Из других хим. веществ, могущих применяться для консервирования С., первое место займут: бензойная, салициловая, муравьиная и фтористоводородная к-ты. Большинство имеющихся на рынке консервирующих порошков, как то: микробин, корвин, карликус и др., состоят в основе из вышеуказанных химич. веществ. Отношение к указанным консервирующим веществам в различных государствах различно. Так, в Германии допускается бензойной к-ты в С. 0,15%, в Италии, Франции и Швейцарии не допускается совсем, в США допускается 0,1%, в Англии 0,06%. В СССР допускается консервирование бензойнокислым натрием в количестве не свыше 0,1% от веса С. Бензойная к-та применяется для консервирования б. ч. в виде бензойнокислого натра. Бензойная и салициловая к-ты представляют собой прекрасное консервирующее вещество. Их количество, необходимое для консервирования, зависит от кислотности С. и содержания в нем сахара. Во всяком случае 0,05% бензойной к-ты или 0,02% салициловой в большинстве случаев достаточны для консервирования С. Муравьиной к-ты следует добавлять для консервирования не менее 0,25%. Добавка салициловой, муравьиной и фтористоводородной к-т НКЗдравом не разрешается.

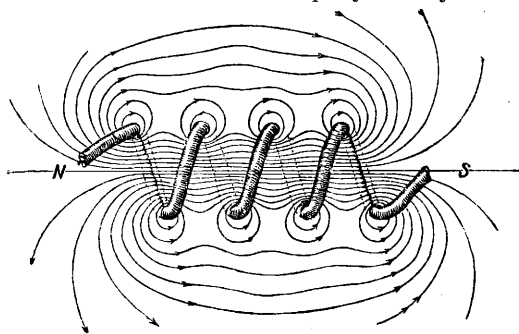
Следующий способ заготовок соков — м о р с о в а н и е. Методика морсования следующая. Полученную на дрожжах мязгу сбраживают самоброжением или на чистых культурах дрожжей. При брожении сахар переходит в спирт. Брожение производят в чанах емкостью в 3—5 л (30—40 ведер). Для этого мязгу помещают в чан, добавляя 3—5 л культуры дрожжей. Брожение длится 5—15 дней. Всплывающие при брожении частицы мязги и дрожжи («шалку») два раза в день погружают мешалками. После бурного брожения (по оседанию шалки) мязгу отпрессовывают. Можно мязгу сперва прессовать, а потом сбраживать; при этом брожение идет слабее и С. получается менее экстрактивный. Сброженный и отпрессованный С. помещают в бочках в подвал, где происходит дображивание и осаждение пекти-

на, дрожжей и нерастворимых веществ С. Приготовленные таким образом соки отличаются полным отсутствием сахара и наличием небольших количеств спирта (до 5°); такой С. носит название «морс». Морсы б. ч. применяются в безалкогольной промышленности.

Для приготовления ликеров и наливок применяют следующий способ заготовки. Плоды в бочках заливают спиртом определенной крепости и оставляют их экстрагироваться в течение нескольких месяцев; затем спирт с плодов сливают и плоды прессуют. Полученный по этому способу С. содержит большое количество спирта (20—50°) и после выдержки в подвалах, во время к-рой из С. выпадают пектин и нерастворимые вещества, С. фильтруют, разбавляют по рецепту спиртом или водой, сдобривают сахаром и добавляют эссенции и т. д. для приготовления той или другой наливки или ликера. Существует еще два способа заготовки С. из плодов и ягод: первый — консервирование С. сахаром или сахарным сиропом — приводит не к С., а к сиропам (см.) и второй — сгущение С. выпариванием в котлах или в вакуум-аппарате или вымораживанием части воды — приводит к экстрактам.

С. Цервинтов.

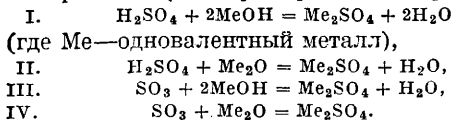
СОЛЕНОИД, свитая в спираль (катушку) проволока, к-рая при пропускании через нее тока создает магнитный поток, подобный потоку длинного постоянного магнита (фигура). Магнитные потоки, возникающие под действием тока в каждом витке С. образуют в сумме как



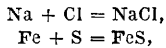
бы магнит с N и S полюсами на концах С. и с осью, совпадающей с осью С. В результате С. проявляет свойства магнита: его сев. полюс отталкивается от сев. полюса стального магнита при приближении последнего к С. и притягивает южный. Если С. поместить так, чтобы он мог вращаться в горизонтальной плоскости, то он установится как стрелка компаса в направлении с С. на Ю. Полярность С. определяется следующим правилом: сев. полюс С. находится на том его конце, где смотрящему внутрь С. наблюдателю ток представляется направленным против часовой стрелки; на противоположном конце находится южный полюс. С. можно сделать замкнутым; тогда все магнитные линии сил будут проходить внутри его, внешнего магнитного поля не будет, не будет также и магнитных полюсов у такого С. Замкнутый С. представляет собой простейший случай электромагнитного поля: все поле ограничивается одной замкнутой в себе магнитной силовой трубкой. Свойствами С. широко пользуются в электротехнике: для устройства электромагнитов, в различных измерительных и других приборах.

СОЛИ, химич. соединения, получающиеся в результате взаимодействия к-т или ангидридов

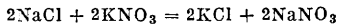
к-т с основаниями или их ангидридами. С. можно назвать все *электролиты* (см.), не являющиеся к-тами или основаниями. Т. о. соли можно получать в результате следующих различных реакций (для примера взята серная к-та):



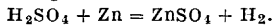
С. могут быть получены также непосредственным соединением металла с металлоидом, напр.



а также обменным разложением двух С.



и наконец непосредственным действием металла на к-ту, напр.



Исходя из последнего способа получения, С. можно рассматривать как к-ту, в к-рой водород замещен металлом.

Простые С. подразделяются на нейтральные, кислые и основные. Нейтральными называют С., в к-рых все атомы водорода первоначальной к-ты, отщепляющиеся при бесконечном разведении в воде в виде Н⁺-ионов, заменены атомами металла или соответствующими группами, диссоциированными в водном растворе С. в виде простого или комплексного катиона.

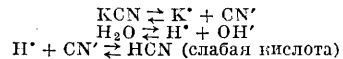
В кислых С. не весь водород к-ты замещен металлом или соответствующей ему группой. Такая С. сохраняет кислые свойства. Кислые С. характерны для дву- и многоосновных к-т, напр. $NaHSO_3$ —кислая сернонатриевая С. Название кислых С. часто обозначают приставкой би- или дву-, например бисульфат натрия $NaHSO_4$, двууглекислый натрий $NaHSO_3$.

Основными С. называются С., в к-рых остался незамещенным гидроксил основания; в таких С. сохранен основной характер; примером может служить основной азотнокислый висмут: $Bi(OH)_2NO_3$.

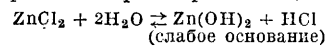
В каком бы физич. состоянии ни были взяты исходные вещества для получения С., последние—всегда тела твердые, кристаллические; так, углекислый газ CO_2 дает ряд твердых С.: Na_2CO_3 , K_2CO_3 и др. С. являются сильными электролитами; б. ч. они легко растворимы в воде (С. к-т серной, азотной); о растворимости С. см. *Растворимость*, а также *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 346 и т. X, стр. 260; об электропроводности С. см. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 346—353.

Нек-рые С. выкристаллизовываются из их водных растворов с большим или меньшим числом молекул воды. Это свойство С. образовывать кристаллические гидраты является в значительной степени ф-ией темп-ры. В зависимости от темп-ры кристаллизации в нек-рых случаях м. б. получены С. с различным содержанием воды. Так, хлористый кальций кристаллизуется в зависимости от темп-ры с 1, 2, 4 или 6 молекулами воды; хлорное железо образует гидраты: $FeCl_3 \cdot 4H_2O$, $FeCl_3 \cdot 5H_2O$, $FeCl_3 \cdot 7H_2O$ и $FeCl_3 \cdot 12H_2O$. В водных растворах все С. распадаются на катион (ион металла или металлоподобного комплекса) и анион (ион кислого остатка). Степень этого распада, т. е. степень электролитической диссоциации (см. *Диссоциация электролитическая*), зависит от того, получена ли данная С. из слабых или сильных к-т или оснований. В $1/1$ N растворе при 18° диссоциирова-

ны: KCl на 75%, NH_4Cl на 77%, NaCl на 67,6%, KNO_3 на 64,0%, K_2SO_4 на 53,0%, Na_2SO_4 на 44,6%, $ZnSO_4$ на 24,0%, $NaC_2H_3O_2$ на 58,3%. Помимо электролитич. диссоциации многие С. обнаруживают также гидролитич. диссоциацию, состоящую в том, что С. при растворении в воде частично распадается на свободные кислоту и основание. Этот распад вызывается тем, что Н⁺- и ОН⁻-ионы воды соединяются с анионами или катионами С. в недиссоциированные к-ты или основания. Очевидно, что это может наступить только тогда, когда или к-та или основание, из к-рых состоит С., настолько слабы, что степень их электролитич. диссоциации практически можно пренебречь. Так напр., гидролитич. диссоциацию цианистого калия KCN можно представить в виде следующих обратных реакций:



Аналогично происходит образование основания при растворении напр. хлористого цинка в воде:



Двойными С. называют многообразный ряд С., молекула к-рых составлена из двух молекул отдельных С., напр. квасцы $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4$; простейшим случаем является С. дву- и многоосновной к-ты, в к-рой атомы водорода замещены различными металлами, напр. $KNaSO_4$; в широком смысле слова к двойным С. можно также отнести и наиболее сложные в химич. отношении, так называемые *комплексные соединения* (см.).

С. являются наиболее распространенными в природе химич. соединениями, в растворенном виде они находятся в воде рек и океанов, в почве; толщи горных пород и минералов состоят из С. Особую группу составляют С. и солеобразные вещества органич. к-т и других органич. соединений, в к-рых водород также замещается металлом, но к-рые ни по физич. ни по химич. свойствам не похожи на вышеописанные минеральные С. Из них наиболее технич. значение имеют С. высших жирных к-т, т. н. мыла (см. *Мыловарение*) и лаки (см. *Лаки красильные*).

Н. Ельцина.

СОЛОД, искусственно пророщенное зерно, богатое *диастазом* (см.), применяемое для осахаривания крахмала в следующих отраслях бродильной промышленности: винокуренном производстве (см. *Винокурение*), дрожжевом производстве (см. *Дрожжи*), в производстве *молочной кислоты* (см.), в *квасоварении* и *пивоварении* (см.), а также в *хлебопечении* (см.). Чаще всего С. готовится из ячменя, но можно применять и другие злаки (пшеницу, овес, рожь). Различают два основных типа С.: *винокурный* и *пивоваренный*. Особое место занимает *ароматный ржаной С.*, не содержащий диастаза и применяемый в квасоварении и хлебопечении. Винокурный С. применяется в тех производствах, где требуется возможно меньшим количеством его превратить в сахар максимальное количество крахмала; следовательно он должен обладать максимальной диастатической силой, обозначаемой ДК.

Для получения высокой ДК винокурный С. готовится из высокобелкового некрупного кормового ячменя долгим рощением, причем во избежание ослабления ДК его употребляют в винокурении обычно в виде зеленого С.,

т. е. не подвергая высушиванию. Если пользуются осушенным С., то t° высушивания не должна превышать 45—50° (см. *Винокурение*). Хороший винокуранный солод (по Фуксу) должен иметь следующие свойства: цвет светло-желтый; длина зародышевого листка при 10-дневном С.— $\frac{3}{4}$ —1 длины зерна, а при 16—18-дневном—в 2,5—3 раза больше длины зерна; С. должен быть без комков и не иметь затхлого или плесневелого запаха; влажность зеленого С. 35—45%; кислотность не выше 0,2%, осаживающая способность по Эфрону в пределах 3—5 см³; разжижающая способность по Эфрону 1—3 см³.

Принципиальное отличие пивоваренного С. от винокуренного заключается в том, что для пивоваренного солода, являющегося основным сырьем при изготовлении сусла, играет роль не только диастатич. сила, но и характер ферментативного распада, получающегося как при проращивании, так и при сушке. Т. к. тип пива обуславливается гл. обр. типом С., то различают два основных типа С.: светлый—пильзенского типа и темный—мюнхенского типа (см. *Пивоварение*). Оценка С. согласно Всеобщему стандарту на С. (ОСТ 60) производится по методам, принятым Международным конгрессом по прикладной химии. Свойства стандартного С. следующие: цвет светложелтый или желтый; запах не д. б. затхлым, кислым или плесневелым (темный С. должен иметь типичный солодовый аромат); количество отбросов (по Фогелю) не выше 5%; сумма мучнистых и полустекловидных зерен не ниже 80%; влажность не выше 7%; продолжительность осаживания для светлого С. 20—25 мин., для темного—35 мин.; фильтр для светлого С. прозрачный, для темного—допускается легкая опалесценция; экстрактивность на сухое вещество С. не ниже 70%; содержание белков не выше 12,5%. Для более полной характеристики С. определяют цвет сусла, кислотность С. и отношение мальтозы к немальтозе. Цвет сусла светлого С. соответствует 0,16—0,20, а для темного 0,6—1,0 см³ $\frac{1}{10}$ N йода. Кислотность общая для светлого 10—12,5, а для темного 9,5—12,0 см³ N щелочей. Проращивание солода и оборудование солодовень—см. *Пивоварение*. **Н. Разумов.**

Лит.: см. *Пивоварение и Винокурение*.

СОЛОМИТ, см. *Строительные материалы*.

СОЛЬВАТАЦИЯ, образование химич. соединений б. ч. неопределенного состава между ионами или молекулами растворенных веществ с молекулами растворителя в растворах. В представляющем наибольший интерес случае водных растворов С. называется *гидратацией* (см.). Получающиеся в результате С. обычно неустойчивые химич. соединения называются *сольвататами* (в случае водных растворов—*гидратами*). С. растет с возрастанием полярности растворителя и с уменьшением разности полярности между растворителем и растворенным веществом, т. е. с сближением их молекулярной природы. Поэтому можно утверждать, что вещества, наиболее растворимые в данном растворе, являются, вообще говоря, и наиболее сольватированными. Подвижность ионов позволяет судить о степени их сольватации (гидратации) по радиусу иона вместе с гидратной (сольватной) оболочкой.

Коллоидные частицы мицеллы, особенно у лиофильных *коллоидов* (см.), всегда в б. или м. степени сольватированы—покрыты оболочкой

связанных с частицей молекул растворителя, препятствующих коагуляции.

С точки зрения наших представлений об электрической природе междолекулярных сил С. можно рассматривать как ориентацию дипольных молекул растворителя (напр. диполь воды) в электрич. поле сольватированного иона или молекулы растворенного вещества. С. сводится т. о. к образованию уплотненной атмосферы растворителя вокруг иона растворенного вещества. С. не изменяет общего числа частиц (молекул или ионов) растворенного вещества и потому непосредственно не влияет на осмотич. величины (осмотич. давление, понижение точки замерзания).

Лит.: E u c k e n A., Grundl. d. chemischen Physik, 3 Aufl., Lpz., 1930; W a l d e n P., Elektrochemie nicht-wässriger Lösungen, Lpz., 1924; L o r e n z R., Raumerfüllung u. Ionenbeweglichkeit, Lpz., 1922; F r e u n d l i c h H., Kapillarchemie, 4 Aufl., B. 2, Leipzig, 1932. **П. Ребиндер.**

СОЛЬВЕНТ-НАФТА, погоны легкого каменноугольного масла, следующие за ксилолом (см. *Коксобензолное производство*, переработка каменноугольной смолы). Различают более легкую С.-н. I и более тяжелую С.-н. II. При разгонке легкого каменноугольного масла получают четыре фракции сырого бензола. После промывки щелочью (от фенолов) и серной кислотой (от оснований) каждая из этих четырех фракций подвергается разгонке на колонном аппарате, после чего получают: из сырого бензола первой и второй фракции—ксилол и толуол, из сырого бензола третьей фракции—ксилол и очищенную С.-н. I, наконец из сырого бензола четвертой фракции—очищенную С.-н. II и более тяжелые погоны. В тех случаях, когда выделение чистых ароматич. углеводородов заканчивается толуолом, все продукты, кипящие выше 120°, отходят в С.-н. В таблице приводятся сведения о составе С.-н., из к-рой видно, что главной составной частью С.-н. I являются ксилолы (смесь о-, м- и п-ксилолов).

Температура кипения и состав сольвент-нафты I и II.

Название	$t^\circ_{кип.}$, °C	Состав в %		
		Толуол	Ксилолы	Кумолы
С.-н. I очищенная	120—160	20	62	18
» II	135—180	10	24	66

В составе С.-н. II преобладающее значение получают уже кумолы, правильнее смесь содержащихся в каменноугольном дегте триметилбензолов (гл. обр. псевдокумола и мезитилена). С.-н. давно уже применяется как растворитель в лакокрасочной и резиновой пром-сти, а также для карбюрирования светильного газа. В последнее время значительные количества углеводородов, входящих в состав С.-н. вместе с бензолом, применяются в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания (автобензол).

Лит.: Вейсгербер Р., Химия, технология каменноугольного дегтя, пер. с нем., М., 1929; Льюба и И. Н., Технич. химия, т. 5, М., 1910. **С. Наметкин.**

СОЛЯНАЯ КИСЛОТА, раствор хлористого водорода HCl (см. *Хлора соединения*) в воде; получается С. к. главным образом как побочный продукт при производстве *сульфата* (см.). Раньше сульфатные заводы выпускали HCl в воздух, чем причиняли вред населению и растительности (при содержании в дождевой воде 0,00001% HCl листья покрываются пятнами и

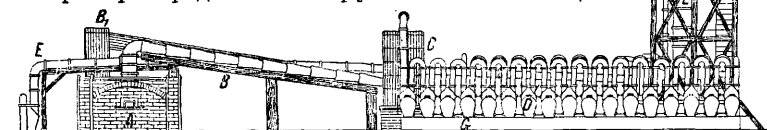
постепенно отмирают). По англ. закону 1863 г. з-дам было вменено в обязанность не выпускать на воздух газы с содержанием HCl более 0,0000003% по объему, т. е. выпускаемые в атмосферу газы не должны содержать более 0,457 г в м³ при 15° и 760 мм; общая кислотность отбросных газов не должна превосходить эквивалента 9,15 г SO₂ в 1 м³ (условно, пересчитывая все к-ты на SO₂). В настоящее время поглощение HCl, выделяющегося из сульфатных печей, поставлено настолько совершенно, что в 1 м³ газа, выходящего в воздух, содержится менее 0,454 г HCl.

В технике процесс улавливания HCl производится пропусканием печных газов через ряд больших керамических кислотоупорных баллонов с водой и через поглотительные башни. Количество HCl, к-рое поглощается водой, зависит: от концентрации HCl в газах, от величины поверхности поглощения, от t° газов и воды и от давления. В табл. 1 приведены кон-

Табл. 1.—Концентрация HCl (в %) в С. к., полученной поглощением HCl водой при различных условиях.

Темп-ра поглощения, °С	Содержание HCl в газах в %						
	5	10	20	30	50	70	90
5	33,8	36,1	38,6	40,0	41,9	43,2	44,1
10	33,2	35,5	38,0	39,4	41,3	42,5	43,4
15	32,6	34,9	37,3	38,7	40,6	41,8	42,7
20	32,0	34,2	36,6	38,0	39,9	41,1	42,0
25	31,3	33,6	35,3	37,4	39,2	40,4	41,3
30	30,4	32,9	35,2	36,5	38,4	39,6	40,6
40	29,2	31,5	34,8	35,1	37,0	38,1	39,0
50	28,0	30,0	32,2	33,6	35,4	36,5	37,4

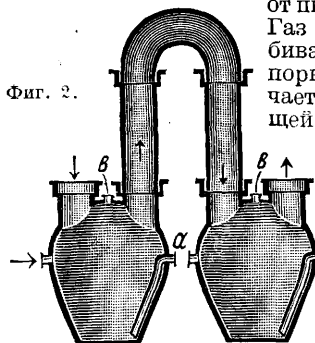
центрации HCl в С. к., полученной поглощением HCl водой при нормальном давлении, различного содержания HCl в газах и различных t°. Для совершенного поглощения HCl водой необходимо, чтобы вода имела возможно низкую t°; поэтому пользуются баллонами большой емкости, с большой поверхностью охлаждения. Для увеличения поверхности соприкосновения HCl с водой последнюю пропускают в поглотительных башнях навстречу HCl в виде равномерного распределенной струи.



Фиг. 1.

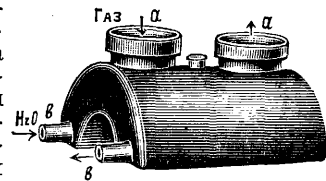
На фиг. 1 показана конденсационная установка для HCl при муфельной сульфатной печи. Газ из печи AA₁ отводится по двум трубам: по B проходит газ из чаши (он содержит 15 ÷ 25% HCl), по B₁ идет газ из муфеля (содержит ок. 10% HCl). Эти газы поступают в две башни

C и C₁ из просмоленных песчаниковых плит. Башни в верхней части насажены кислотоупорными керамич. плитками и служат для первоначального охлаждения газов и освобождения от пыли и примеси H₂SO₄. Газ входит снизу и, пробиваясь между кислотоупорными плитками, встречает ток воды, падающей сверху вниз.



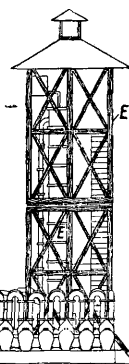
Фиг. 2.

Труба B₁ (не шире 0,9 м) из просмоленных песчаниковых плит служит для отвода горячих муфельных газов (t° их 300—350°); труба B служит для отвода менее горячих газов, выделяющихся в чаше, и строится из составных керамич. труб. Из башен C и C₁ газы направляются в два ряда параллельно расположенных, с нек-рым уклоном в сторону печи, кислотоупорных керамич. баллонов D и D₁ типа вульфтовых стеклянок. Эти баллоны (числом ок. 60) соединены между собою Л-образными керамич. трубами (фиг. 2: a—сифоны



Фиг. 3.

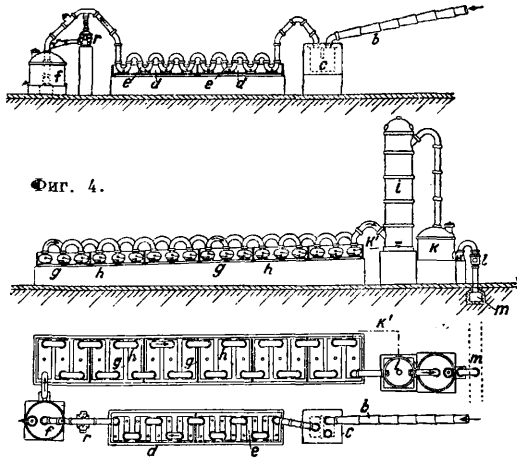
для переливания жидкости из одного баллона в другой, в—отверстия для наливания воды). Высота баллона около 1 м, диам. около 0,8 м,



емкость 300—350 л. Через баллоны и сифонные трубки a навстречу газам непрерывно течет вода; готовая С. к. стекает из ближайшего к промывной башне баллона в ряд сосудов G и G₁ (фиг. 1). HCl б. ч. пропускают над жидкостью, так что поглощение газа происходит вследствие поверхностного соприкосновения его с поступающей навстречу газам кислотой. Для окончательного улавливания газа последний направляют в орошаемые водой поглотительные керамические башни E и E₁, наполненные внизу кислотоупорными плитками, а сверху—кусками кокса. Из поглотительной башни (часто ставят 2 такие башни подряд) газ направляют через контрольный баллон в длинную керамическую трубу F и дымовую трубу. Из последней поглотительной башни получается слабая С. к. 5—8° B₆, применяемая вместо воды для поглощения HCl.

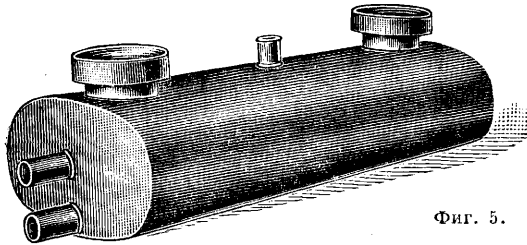
Баллоны другого устройства (фиг. 3) предложены Целлариусом (Cellarius). Газ направляется по трубам a, жидкость же переливается по трубам b и удерживается в баллонах в небольшом количестве. Для большего охлаждения эти баллоны погружаются почти до верха труб a в холодную воду; они удобны в том отношении, что занимают мало места и уход за

ними проще. На фиг. 4 показана установка для поглощения HCl баллонами Целляриуса. HCl по составной керамич. трубе b направляется в пылеотделитель c (ящик из каменных плит с перегородкой, не доходящей до дна), затем поступает в баллоны Целляриуса e , находящиеся



Фиг. 4.

ся в деревянном ящике d и охлаждаемые проточной водой, далее в эксгаузер r и в керамич. фильтр f (насажен коксом или мелким гравином). Очищенный и охлажденный газ направляется в систему баллонов h , находящихся в деревянном ящике g с протекающей холодной водой (баллоны системы Мейера, типа Целляриуса, отдельно на фиг. 5), а отсюда поступает в керамич. башню i (насажена коксом или кислотоупорными керамическими цилиндриками или же шарами), орошаемую холодной водой. Получаемая из этой башни слабая C. к. поступает по k' в баллоны вместо воды для поглощения HCl . Образующиеся брызги к-ты улавливаются в фильтре k (наполнен коксом); l —контрольное оконце, m —боров дымовой трубы. В сутки по-



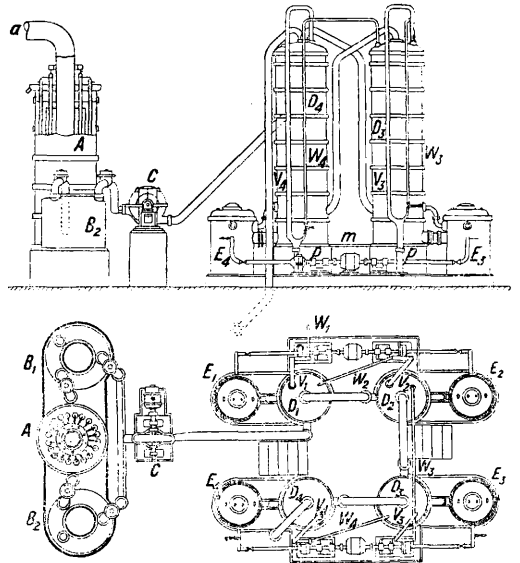
Фиг. 5.

лучается ок. 300 кг C. к. 24°Вé (39,1% HCl). Для поглощения HCl Фришер предложил способ, при к-ром HCl пробукливает через слой к-ты . Для более совершенного поглощения HCl абсорберы все время орошаются сверху водой. Система Фришера занимает сравнительно мало места, но требует повышенного расхода энергии на просасывание газа через к-ту посредством вакуум-насоса.

Техника получения C. к. за последнее время сделала крупные успехи благодаря применению керамич. изделий, стойких к резким изменениям t° и действию к-т . Так, для установок с большой производительностью конденсация HCl м. б. произведена в керамич. трубах большой длины (до 100 м) и высоких, сделанных из каменных плит башнях (англ. система), насаженных коксом. При переработке в сульфатной печи 7 т NaCl в сутки устанавливают две

башни. Первая из них строится высотой $10 \div 11 \text{ м}$ с основанием в $3,2 \text{ м}^2$, а вторая— $18 \div 20 \text{ м}$ высотой с основанием в $4,8 \text{ м}^2$. Вторая, более высокая башня, орошаемая холодной водой (т. н. холодная башня), дает слабую C. к. , которая насосом передается для орошения первой, меньшей башни (т. н. горячая башня); при этом получается C. к. крепостью ок. 18°Вé . При хорошей работе установки улавливают до 99,70% всего HCl , выделяющегося из сульфатной печи. Из 100 ч. NaCl (97%-ного) получается $180 \div 187 \text{ ч.}$ C. к. 20°Вé , что отвечает $95 \div 97\%$ теоретического выхода.

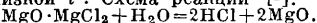
Башенная поглотительная установка по Цирену (V. Ziegen) показана на фиг. 6. Она состоит из 4 последовательно соединенных низких (5 м высотой) абсорбционных башен D_1, D_2, D_3, D_4 , сделанных из шамота. Газ через a поступает в охлаждающую башню



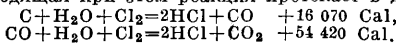
Фиг. 6.

A , затем в один из фильтров B_1 или B_2 , где он освобождается от пыли, серной к-ты , железа и большей части мышьяка. Вентилятор C передает газ через четыре абсорбционные башни $D_1 \text{—} D_4$, насаженные кислотоупорными керамическими кольцами. Башня D_4 омывается свежей водой; из нее выходят газы, уже свободные от HCl . Стекающая вода, пройдя через холодильники $E_1 \text{—} E_4$, насосом p по трубе V_4 перекачивается обратно на ту же башню. После многократной циркуляции стекающая жидкость по трубе W_4 перекачивается на башню D_3 , где происходит такая же циркуляция. Пройдя затем башни D_2 и D_1 , образующаяся C. к. (22°Вé) отводится по трубе W_1 . Постоянное охлаждение стекающей к-ты предохраняет шамотные материалы от разрушения. Эта установка занимает мало места и дает возможность получать C. к. одинаковой крепости как из высокопроцентных хлористоводородных газов механич. печей, так и из разбавленных газов. Для перекачивания C. к. применяются каучуковые или «мембранные» насосы с каучуковой перегородкой; употребительны также насосы, сделанные целиком из кислотоупорного керамич. материала, или насосы Феррарис из ферросилиция. Для передачи к-ты можно пользоваться и керамич. толстостенными монтежу (см.).

Получение С. к. из хлористых магния, кальция и аммония. Попытки получения С. к. из хлоридов Mg, Ca и NH₄, являющихся отбросами различных химич. производств, не имели до сих пор большого практического значения. Хепке (Герке) [1] предложил для переработки хлористого магния применять вращающуюся печь; для разложения он брал оксид магния MgO·MgCl₂, который не так легко плавится. Измельченный продукт поступает в непосредственно обогреваемую печь с футеровкой из жженой магнезии или из магнезитового кирпича. Реакция ведется при возможно низкой t°. Схема реакции [2]:



Получение С. к. при хлорировании органических и др. соединений. С. к. может быть получена как побочный продукт при хлорировании органич. соединений. В связи с производством взрывчатых и красящих веществ, где процессы хлорирования широко применяются, этот новый источник С. к. приобретает нек-рое экономич. значение. С. к., получаемая этим путем, не содержит мышьяка, селена, серной к-ты и других минеральных загрязнений, но содержит нек-рые органические примеси, во многих случаях нежелательные. Предложено [3] пропускать сухой хлор под давлением и при высокой t° через жидкие органич. вещества (парафин, смолы, стеариновую к-ту и т. п.), протекающие по ступенчато расположенной нагреваемой посуде. Этот способ однако не вошел в практику, так как получаемые при этом хлорированные продукты не имеют применения. В больших количествах HCl образуется при получении хлораля, монохлоруксусной кислоты, хлорбензола, при хлорировании толуола, окислении изоборнеола в камфору и т. д. При действии хлора на целлюлозу, бумагу и торф при 150—350° хлор соединяется с водородом органич. веществ и дает HCl. При низкой t° кроме того получаются различные органич. продукты, как напр. уксусная к-та, а при высокой t°—CO₂ [4]. Для образования HCl хлор можно проводить также через слой каменного угля без всякого подогрева [5]. Кагелъ предложил [6] вводить попеременно смесь хлора с водяными парами и хлора с воздухом в генераторную шахту, наполненную коксом. Для получения необходимой t° следует время от времени продувать воздух. Лоренц вводит смесь хлора с водяным паром в шахтные реторты, наполненные коксом и древесным углем; происходящая при этом реакция протекает в две фазы:

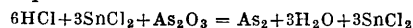


Уголь в этом процессе утилизируется почти целиком. Вторая часть реакции практически не проходит полностью—остается часть несгоревшей СО [7]. Две печи работают по этому способу в Италии; крепость получаемой С. к. 20+23° Вé [8].

Синтез С. к. При электролитич. методах получения солей и едких щелочей выделяется в значительных количествах как побочный продукт хлор, к-рый можно использовать для получения С. к. путем соединения его с водородом. Реакция соединения водорода с хлором сильно экзотермична и для того, чтобы вызвать этот процесс, достаточно весьма непродолжительного освещения. Главное внимание было обращено на то, чтобы эту реакцию сделать безопасной и чтобы не оставался избыток того или другого газа (остающийся свободный водород значительно удорожает производство, а хлор загрязняет кислоту). Робертс (Roberts) предложил [9] проводить газы (в молекулярных количествах) через особые трубы в помещении для сжигания, где они непосредственно соединяются, спокойно и равномерно старая в С. к. Выделяющееся при реакции большое количество тепла предложено использовать проведением газов из камеры сжигания в газовый мотор, соединенный с электрогенератором [10]. Т. о. можно получить большую часть тока для электролитического процесса. Чтобы сделать соединение водорода с хлором безопасным, Г. и В. Патаки (Н. и W. Pataky) предложили [11] проводить смесь обоих газов через нагреваемые на водяной бане аппараты, наполненные разломотым древесным углем. Газы соединяются при этом в HCl на поверхности угля, не вызывая детонации смеси. Этот способ уже применяется в технике.

Очистка продажной С. к. от примесей (серной к-ты, мышьяка, железа, сер-

нистой к-ты, хлора и других) часто производится на особых заводах. Чтобы получить С. к., свободную от серной к-ты, к ней прибавляют BaCl₂ и образовавшийся BaSO₄ отделяют; или ее обрабатывают крепкой серной к-той, благодаря чему t° смеси сильно повышается и выделяется HCl, который улавливается дистиллированной водой. Свободную от мышьяка С. к. лучше всего получать при помощи серной к-ты, не содержащей мышьяка. Кроме того мышьяк можно удалять сероводородом (в виде As₂S₃) или хлористым оловом



или хлористым ванадием. Железо можно осажать фосфорной к-той. Химически чистая соляная кислота получается перегонкой в платиновых аппаратах и обыкновенно готовится крепостью в 23° Вé, что отвечает удельному весу 1,19 или 37,23% HCl.

Свойства С. к. При нагревании конц. С. к. выделяется газообразный HCl, но когда концентрация HCl доходит до 20,2%, то этот раствор перегоняется уже без изменения состава при постоянной t° кип. = 170°. Если нагревать слабую С. к., то отгоняется гл. обр. вода, а затем, когда концентрация достигнет 20,2%, получается конц. С. к. с постоянной t° кип. (предполагают, что С. к. с постоянной t° кип. является соединением HCl+8H₂O).

С. к., получаемая как побочный продукт при производстве сульфата,—окрашенная в желтый цвет жидкость, с резким запахом и содержит различное количество HCl; она обыкновенно заключает в себе примеси SO₂, H₂SO₄, N₂O₃, FeCl₃, Cl, хлориды Se, AsCl₃ (иногда в довольно значительном количестве, а именно до 5,18 г As в 1 кг к-ты), S, Sb, Ca, Na, Br, J и органич. вещества. К-та, получаемая из чаши, содержит 0,2—0,3% SO₂, мышьяк и железо, от которого гл. обр. зависит желтый цвет к-ты (хлор и органич. вещества также способствуют окраске к-ты). К-та из муфеля содержит 1—2% SO₂; Se содержит больше, чем предыдущая, но меньше As и Fe. Продажная технич. С. к. готовится гл. обр. крепостью 18—22° Вé. Стандарт для технической С. к. в СССР установлен следующий: уд. в. 1,141—1,144 (18° Вé ± 0,2° Вé), содержание HCl 27,5% (± 0,3%), мышьяка не более 0,015%, Fe + Al не более 0,03%, серной к-ты (SO₃) не более 0,6%. Соляная кислота может иметь слабо желтый цвет.

Табл. 2.—Состав (в %) и уд. в. соляной кислоты.

Вещества, входящие в состав соляной к-ты, и уд. вес ее	Кислота из чаши пламенной печи	Кислота из пода пламенной печи	Кислота, служащая для пр-ва хлорной извести
H ₂ SO ₄	0,110	3,680	0,490
Fe ₂ O ₃	0,020	0,008	0,020
Al ₂ O ₃	0,006	0,170	0,009
CaO	0,007	0,043	0,021
MgO	Следы	0,013	0,010
Нелетучего состава	0,120	0,780	0,430
HCl	28,330	31,080	27,050
Уд. в. при 15° . . .	1,144	1,140	1,138

С. к. растворяет большинство металлов (за исключением благородных) и их окиси. В первом случае образуются хлориды и выделяется водород, а во втором образуются хлориды и вода. Свинец напр. быстро растворяется в горячей конц. С. к. Более стойким является твердый свинец, содержащий сурьму. На железо

при высокой t° С. к. действует едва заметно. Из многих солей С. к. вытесняет к-ты, как напр. фосфорную, борную, угольную, кремневую. Т. к. цена С. к. обуславливается уд. весом, то ее иногда фальсифицируют, прибавляя хлористый кальций, к-рый повышает ее плотность. Табл. 3 показывает содержание HCl в чистой С. к. различного уд. в. (Lunge u. Marchlewski).

Табл. 3.—Содержание HCl в С. к. различной концентрации.

Уд. в. при 15°	°Вé	г HCl в 100 г к-ты	г HCl в 100 см ³ к-ты	Уд. в. при 15°	°Вé	г HCl в 100 г к-ты	г HCl в 100 см ³ к-ты
1,010	1,4	2,11	2,2	1,110	11,2	21,92	24,3
1,020	2,7	4,13	4,2	1,120	15,4	23,82	26,7
1,030	4,1	5,15	6,4	1,130	16,5	25,75	29,1
1,040	5,4	8,16	8,5	1,140	17,7	27,66	31,5
1,050	6,7	10,17	10,7	1,150	18,8	29,57	34,0
1,060	8,0	12,19	12,9	1,160	19,9	31,52	36,6
1,070	9,4	14,17	15,9	1,170	20,9	33,44	39,2
1,080	10,6	16,12	17,4	1,180	22,0	35,39	41,8
1,090	11,9	18,11	19,7	1,190	23,0	37,23	44,3
1,100	13,0	20,01	20,0	1,200	24,0	39,11	46,9

Хранение и транспорт С. к. Хранение С. к. производится обычно в деревянных баках или цилиндрах, выложенных резиной [12]. Наши исследования показали, что можно хранить С. к. в деревянных баках, пропитанных раствором каучука в бензине или смеси этого раствора со смолой. Для транспорта применяют стеклянные бутылки на 70 л и керамич. кислотоупорные сосуды емкостью ок. 1 м³.

Применение С. к. Соляная к-та 18÷22° Вé имеет большое применение в химич. промышленности—при производстве красителей, в металлургии, в производстве клея, для приготовления хлористого цинка и других солей, уксусной к-ты, углекислоты, для оживления костяного угля, для получения хлорной извести и т. д.

При испытании С. к. обыкновенно определяют ее уд. в., содержание HCl и примесей.

Лит.: 1) Г. П. 278106; 2) «Ztschr. f. angew. Chemie», Lpz., 1918, 1, p. 95; Риттер К., «ЖХП», 1925, 3, стр. 78; 3) Ам. П. 914233; 4) Bornische Elektrizitäts A. G., Г. П. 158086; 5) Г. П. 313879; 6) «Chemiker Ztg», Cöthen, 1912, p. 54; 7) Hirschkind W., «J. Eng. Chem.», 1925, v. 17, p. 1071; Roma A., «Giornale di Chimica Industriale ed Applicata», Milano, 1924; «Des Matières colorantes», P., 1925, 29; 8) «Chemical Trade Journal and Chemical Engineer.», L., 1924, 2/V, p. 531; 9) Г. П. 194947; 10) Г. П. 301903; 11) Г. П. 114219; 12) Newitt D. M., «Chemistry a. Industry Review», London, 1924, v. 43, 8.—Будников П., Химическая технология минеральных веществ, Иваново-Вознесенск, 1927; Вульфсон Э. и Покровский И., Сульфатные печи, «ПСХП», 1927, т. 4, 11; Ост Г., Химическая технология, вып. 4, Ленинград, 1927; Лукьянов П., Курс химической технологии минеральных веществ, ч. 1, 3 издание, Москва, 1931; Фокан Л., Обзор химич. промышленности, ч. 1, вып. 1, П., 1921; Lunge G., Handbuch der Sodaindustrie u. ihre Nebenzeige, 3 Aufl., B. 2—3, Brschw., 1909; Meyer Th., Die Fabrikation von Sulfat und Salzsäure, Halle a/S., 1907; Küster, Über die Sulfat- und Salzsäureherstellung, «Chemiker Ztg», Cöthen, 1919, p. 249; Meyer, Salzsäurekondensation, «Ztschr. f. angew. Ch.», Lpz., 1913, p. 97; Tillm., Enz., v. 9; Bräuer A. u. D'Ans J., Fortschritte in der anorganisch-chemischen Industrie, B. 1, V., 1924; Winteler Z., «Elektrochemische Ztschr.», 1888/89, p. 40; Lorenz, «Ztschr. f. angew. Ch.», Lpz., 1895, 10, p. 7; Neumann A. u. Mulford F. G., «Ztschr. f. angew. Ch.», Lpz., 1897; Ам. П. 1420209, «Ch. Ztg», 1922, p. 354; Nagel O., «Ch. Ztg», 1912; Bayer F., Co. Г. П. 337098, Ам. П. 189723, «Chemisches Zentralblatt», Berlin, 1923, 11, p. 725; Potam G. u. Andreani, Konsolidierte Alkaliwerke Westeregeln, Г. П. 313875; Neumann B. u. Domke R., «Ztschr. f. angew. Ch.», Lpz., 1926, 39, p. 368; Waeser B., Syntetische Salzsäure, «Metallbörse», Halle a/S., 1923, p. 1035; Waeser B., Schwefelsäure, Sulfat und Salzsäure, Dresden—Lpz., 1927; Neumann B., Chem. Technologie der anorgan. Industrie in книге Ergänzungswerke zu Musprats en-

zyklopädischen Handb. d. technischen Chemie, B. 2, Halbband 2, Brschw., 1927; Ritter C., Die Salzsäure-Industrie und Drehofen zur Salzsäuregewinnung, «Chem. Apparatur», p. 181, 1924; Laury N., Hydrochloric Acid and Sodium Sulfate, 1927; Küster, Ueber Sulfat-Salzsäureherstellung, «Chem. Ztg», Cöthen, 1919, Jg. 43, p. 249; Lunge-Berl., Chemisch-technische Untersuchungsverfahren, B. 1, p. 900, B., 1921; Waeser B., Die Salzsäureabsorption, ihr Mechanismus und die erforderlichen Einrichtungen, «Chemische Fabrik», Lpz., 1928, p. 101; Neumann B. u. Kurz H., Die Reaktion beim Hargreaves Prozess, «Ztschr. f. angew. Chem.», 1929, 47, p. 1035; Neumann B., Salzsäure-Synthesen, ibid., 1924, p. 72; ibid., 1923, p. 317. П. Будников.

СОЛЯРОВОЕ МАСЛО, неочищенный нефтяной дистиллат, промежуточный между керосином и машинным маслом. По спецификации Азнефти различаются следующие виды С. м.

Наименование С. м.	Уд. в. D ₁₅ ¹⁵	Вязкость E ₅₀	Вспышка не ниже	Замерзание не выше
Газойль	0,850—0,870	ок. 1,3	70° *1	-20°
Соляровое Л (легкое)	0,875—0,885	1,3—1,75	135° *2	-20°
Соляровое Т (тяжелое)	0,880—0,895	ок. 1,8	115° *2	-15°
Соляровое Эксп.	0,890—0,893	1,8—2,0	156° *2	-15°

*1 По Мартенс-Пенскому. *2 По Бренкену.

Газойль и легкое С. м. получают с последних кубов керосиновых багарей (см. *Нефть*, переработка); тяжелое С. м. получают на масляных багареях при перегонке мазута, как головные фракции. Главная масса С. м. поступает в продажу в неочищенном виде; они употребляются в качестве сырья для *крекинга-процесса* (см.), а также для пирогенетич. разложения в ретортных печах и т. о. перерабатываются на более ценные продукты: бензин и ароматич. углеводороды, а также нефтяной газ. Значительно меньшие количества С. м. перерабатывают на высокосортные масла—вазелиновое и трансформаторное, для чего надлежащим образом подобранный соляровый дистиллат подвергают тщательной очистке при помощи крепкой или дымящей серной к-ты с последующей промывкой. Обыкновенно сернокислотная очистка соляровых дистиллатов связывается с получением нефтяных сульфокислот (см. *Контакт*). Кроме нефтяных С. м. таким же наименованием обозначают соответствующие погонь буроугольных, торфяных и сапропелевых смол, получаемых из бурого угля, торфа и сапропеля сухой перегонкой или генераторным способом.

Лит.: Добрянский А., Курс технологии нефти, М.—Л., 1931; Шейтхауер В., Буроугольные и сланцевые смолы, их получение и переработка, Петроград, 1921; Любавин Н., Техническая химия, т. 5, Москва, 1910. С. Наметкин.

СООРУЖЕНИЯ, разного вида постройки строительного характера. Все С. могут быть разделены на С. инженерные (Tiefbau) и на С. архитектурные (Hochbau). К инженерным С. относятся: С. гидротехнические, связанные с вопросом воздействия на них воды; С. искусственные, представляющие часть *низкого строения* (см.) дорожного пути; С. транспортные в виде различных жел. дорог—ширококолейных, узкоколейных, зубчатых, подвесных и проч. (см. *Железная дорога*, *Дороги и дорожное дело*, *Железные дороги горные*, *Железные дороги однопольсовые*, *Электрические железные дороги*); вообще к инженерным С. относятся все С., имеющие по преимуществу технич. назначение. К архитектурным С. относятся:

жилищные сооружения, включающие в себя все *жилые здания* (см.) и обслуживающие их постройки (см. *Жилищное строительство*); санитарные С., как то: кухни-столовые, бани (см.), прачечные (см.) и т. п. строения; лечебные С., предназначенные для целей лечения; школьно-просветительные С., обнимающие все здания, предназначенные для учебных целей; общественные С., как то: клубы, театры, кинематографы и т. п. здания; производственно-обрабатывающие С. в виде фабрик и заводов (см. *Заводское строительство*, *Фабрично-заводские постройки*); торговые С., предназначенные для снабжения людей продовольствием, одеждой, домашней утварью и вообще всем необходимым в обиходе человека; к торговым С. относятся: крытые рынки, универсальные магазины и т. п. строения; сельскохозяйственные С. всевозможного назначения, как то: конюшни, коровники и т. п. строения; к архитектурным С. относятся вообще все строения, имеющие по преимуществу характер здания. Оба основных типа С.—инженерные С. и архитектурные С.—м. б. в известных случаях осуществлены в комбинированном виде.

Сооружения бетонные, сооружения, основным материалом которых служит бетон (см.). Они возводятся из штучного бетонного материала или монолитными (см. *Волнолом*, *Доки*, *Жилые здания*, *Мол*, *Мосты*, *Плотины*, *Порты*). Штучным материалом служат: пустотелые бетонные камни, или так называемые *бетониты* (см.), и бетонные блоки, или массивы. Бетониты употребляются в жилищном строительстве для возведения стен небольших зданий (при несущей конструкции стен) или для стеновых заполнений в зданиях каркасной системы (при действии на стеновые заполнения лишь их собственного веса). Бетонные блоки, или массивы, применяют в сооружениях массивного характера в виде правильной кладки или наброски. Штучный бетонный материал изготовляется обычно в заводской обстановке.

Монолитные бетонные С. возводят из жесткого, пластичного и литого бетона. В тех случаях, когда для С. применяется литой бетон, для литья его используются стационарными и передвижными литейными башнями с соответствующим оборудованием для подачи бетона от бетономешалок к месту работы. Башенные установки начинают местами вытесняться кабельными кранами. Применение последних целесообразно там, где при больших грузах их передвижение в сторону по сравнению с передвижением в высоту и длину незначительно, где благодаря их применению отпадает необходимость в сооружениях сложных дорогостоящих лесов и подмостей и где ими м. б. произведены дальнейшие установочные работы. Там, где подвоз строительных материалов к месту работ может производиться по рельсовым путям, успешно конкурируют с кабельными кранами другие типы транспортного оборудования. Все монолитные бетонные С. снабжаются *температурными швами* (см.), играющими существенную роль в вопросе о прочности возводимой постройки. Еще недавнее увлечение литьем бетоном в настоящее время при возведении инженерных С. оставлено и отдается предпочтение более плотному пластичному бетону.

В настоящее время с бетонолитейными установками стали успешно конкурировать б е т о

н о н а с о с ы, представляющие собою простые поршневые насосы с шаровыми клапанами. Наибольшая часовая производительность бетоноподающего насоса равна 8 м³ при длине подачи до 190 м и высоте подачи до 5 м. Преимущество бетононасоса перед башенной установкой: значительное упрощение оборудования, удобный доступ с насосом ко всем местам постройки без особых дополнительных приспособлений, большая равномерность, плотность и прочность бетона. Для хорошей работы бетононасоса необходимо, чтобы крупность зерен в бетоне была не свыше 4 см и чтобы в насосе и подающем трубопроводе не могло произойти расслоения смеси (ликвации), что обуславливает наличие в растворе достаточного количества мелкого песка. Насосный бетон имеет жесткую консистенцию. Все виды бетона имеют широкое применение для самых разнообразных сооружений (см. *Бетонные сооружения*). При больших объемах работ существенное значение имеет механизация работ и последовательность в выполнении их. Механизация работ требует тщательной продуманности всего хода работ при наиболее выгоднейшей комбинации механич. оборудования в отношении экономичности всей установки. Последовательность выполнения работ, являясь залогом их продуктивности, требует, в свою очередь, составления рационального рабочего плана, предусматривающего бесперебойный ход работ путем соответствующей рациональной разбивки всего сооружения на последовательные рабочие участки. Возведение бетонных С. в морозное время требует подогрева составных частей бетона, самого бетона, бетонотранспортного оборудования и мест, на к-рые наносится бетон; последнее обстоятельство обуславливает постройку временных отапливаемых помещений, включающих в себя места работ.

Сооружения гидротехнические, сооружения, служащие целям *гидротехники* (см.). К одному из видов гидротехнич. сооружений относятся *выправительные сооружения*, подразделяющиеся на: а) неподвижные водостеснительные сооружения; б) подвижные водостеснительные сооружения; в) различного рода укрепления берегов и dna потока. Неподвижные водостеснительные сооружения состоят из *донных затруд* (см.), *бун* (см.) продольных и поперечных *дамб* (см.); эти сооружения имеют следующие общие черты: все они возводятся на изменчивом или изменяющемся (под влиянием произведенных работ) основании и строятся непосредственно в воде. Подвижные водостеснительные сооружения состоят из погружаемых деревьев и подвесных приспособлений, устанавливаемых (оба типа) в определенном месте лишь временно. Сооружения по укреплению берегов (см. *Берегоукрепительные работы*) и русла имеют целью защитить берег и дно от разрушительного действия потока и являются необходимым дополнением к предыдущим двум типам С. Обширный класс гидротехнических С. составляют *подпорные сооружения*, в состав к-рых входят все виды *плотин* (см.), *заградительные дамбы*, все виды *валов* (см. *Обвалование*), а также другие сооружения. В настоящее время при постройке всякой плотины приходится ставить вопрос об использовании энергии. Для превращения накопленной плотинами потенциальной энергии в кинетическую сооружают гидросиловые станции (см. *Гидроэлектрические станции*). В каждом из двух ти-

пов плотин (водоподъемных и водоудержательных) наиболее резко выражен один из двух необходимых элементов гидроустановки — напор или расход. Гидроустановки сооружают на реках, при водохранилищах, на каналах. Различают гидроустановки с наличием дополнительного напора и без такового. Задачи энергетики б. ч. объединяют с задачами *ирригации* (см.) и *регуляции рек* (см.), имея в виду обеспечить рентабельность возведенных сооружений.

К т р а н с п о р т н ы м гидротехническим С. относятся *шлюзы* (см.), дающие возможность судам сообщаться с верхним и нижним бьефами. Для ремонта судов служат *доки* (см.). Безопасная стоянка судов для погрузки и разгрузки транспортируемых грузов и для зимовки обеспечивается такими С., как *гавани* (см.) и *порты* (см.). Защита портовых акваторий (служащих местом стоянок судов) от волнений, сильных течений и морских наносов достигается сооружением *молов* (см.) и *волноловов* (см.). К гидротехнич. сооружениям относятся далее: *набережные*, возводимые в условиях портовой и гаванной обстановки или отдельно от них; *рыбоходы* (см.), сооружаемые в связи с постройкой плотин; *водопроводы* (см.), служащие для целей *водоснабжения* (см.); *канализации* (см.), предназначенные для целей отвода сточных и дождевых вод. Сооружения для очистки сточных вод (см. *Сточные воды*); каптажные сооружения (см. *Каптаж воды*); *поглощающие колодцы* (см.), колодцы для питьевой воды (см. *Колодцы*, *Абиссинский колодец* и *Артезианский колодец*); *резервуары* (см.); *акведуки* (см.); *дюкеры* (см.); *сифоны* (см.); *каналы судозодные* (см.); *мосты-каналы* (см.); *водосливы* (см.); *водоспуски* (см.); цистерны и прочие сооружения.

С. Брилинг.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, наука, которая охватывает теорию деформаций, общие сведения о материалах, гл. обр. о металлах, и указывает также общие методы расчета машин и сооружений. С. м. служит вводной наукой во всех областях инженерного образования: в строительной технике С. м. вводит в статику сооружений, в машиностроении С. м. предвзвешивает все расчетные курсы—двигателей, станков, грузоподъемных устройств, котлов и пр.; в других отраслях техники, в архитектуре и художественной деятельности С. м. формирует и рационализировать внешние выражения творческих идей и композиций. В настоящее время теория С. м. разделяется на три основные части: а) С. м. (в элементарном изложении), б) прикладная теория упругости и в) теория упругости. Предмет ведения, объем вопросов и глубина их изложения распределены между С. м., теорией упругости и прикладной теорией упругости недостаточным образом. Наблюдается постоянное перемещение материала из одной части в другую и взаимное влияние их методологии. Все же следует принять, что С. м. представляет первый концентр познаний инженера относительно общих свойств материалов и наиболее простых методов изучения их работы в конструкциях. Прикладная теория упругости включает в свой объем уже более сложные проблемы и, отказываясь во многих случаях от строгой формы их изложения, стремится дать практич. применение решений в различных отраслях техники. Теория упругости развивается как отдел физико-математических наук и содержит решение наиболее сложных задач относительно упругого и пластического состоя-

ния материалов и работы конструкций в строгой математической форме.

В С. м. исходят из опытных или экспериментальных данных и пользуются простейшими приемами математич. анализа при изложении теории с намерением (в иных случаях) скорее получить заранее оправданный результат. В курсах С. м. содержатся теории простых деформаций—растяжения (сжатия), сдвига, кручения и изгиба (поперечного и продольного) б. ч. прямолинейных стержней, иногда и криволинейных,—сложного сопротивления и описание свойств материалов в их главнейших характеристиках, которые определяют прочность материалов для каждой деформации. В качестве дополнения в С. м. излагают теорию расчета статически неопределимых систем, теорию упругих колебаний, теорию упругого удара и, в зависимости от склонностей и намерений автора, отдельные задачи из той или другой технической области.

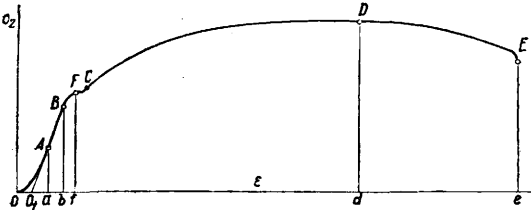
Основные положения С. м. С. м. рассматривает всякий материал как упругое тело с одинаковыми свойствами по всем направлениям независимо от его размеров (изотропное тело). Предполагается, что материал в своих упругих изменениях следует закону Гука кроме тех случаев, к-рые явно противоречат опыту (напр. чугун). Основной метод С. м. для выяснения зависимости между внутренними и внешними силами—это метод сечения и отвердевания (принцип, открытый еще Стевином): выделенная часть упругой системы находится в равновесии, если к действующим на эту часть внешним силам присоединить внутренние и рассматривать ее как твердое тело. Также принимается, что в единице объема упругого тела действует вектор внутренних сил и отсутствует момент внутренних сил, т. е.

$$\lim_{F \rightarrow 0} \left(\frac{P}{F} \right) = \sigma, \quad \lim_{V \rightarrow 0} \left(\frac{M}{V} \right) = 0,$$

где P —сила, M —момент, F —площадь и V —объем; σ выражается напряжением и измеряется в кг/мм^2 или кг/см^2 , причем напряжение м. б. нормально к плоскости действия или лежащее в плоскости (нормальные и касательные напряжения). Деформации предполагаются малыми и обратимыми. Для каждой деформации, рассматриваемой прежде всего изолированно, выдвигается рабочая гипотеза, приложение к-рой оправдывается опытом, и вышеуказанным приемом сечения выясняется механизм внутренних напряжений. Из условий равновесия статики или динамики выводятся у-рия прочности и деформации, к-рые служат для определения размеров конструкции и деформаций ее частей и в целом. Сравнение действительных напряжений и деформаций с теми, которые признаны допускаемыми, дает окончательное суждение о пригодности принятых размеров. Допускаемые напряжения и деформации назначаются на основании данных инженерного опыта, особенно для каждой конструкции и детали, или устанавливаются для данного случая по сравнению с т. н. коэф-тами Вёлера. Опыты Вёлера дали основание разделить все виды действующих сил на три группы: 1) группа сил, действие к-рых не меняется (спокойная нагрузка), 2) группа сил, к-рые при своих изменениях не переходят через значение нуль (переменная нагрузка), 3) группа сил, переменных по величине и знаку (колебательная нагрузка). Соотношение между допускаемыми напряжениями

для этих групп берется 3:2:1, причем для спокойной нагрузки допускаемое напряжение назначается (для углеродистых сталей) не более четверти *временного сопротивления* (см.) или же не более половины предела текучести (для сталей, термически обработанных и специальных). Промежуточные виды сил учитываются дробными числами интервала 3—1. Допускаемые напряжения для тех сил, действие к-рых сопровождается ударами (динамическая нагрузка), выбираются на одну ступень ниже: при динамическом действии первой группы сил принимаются напряжения, годные для второй; при динамич. действии второй — годные для третьей; в случае третьей группы сил берут $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}$ обычного для этого случая напряжения. В различных отделах машиностроения и строительной техники указаны основания для выбора допускаемых напряжений и величины последних в зависимости от обстоятельств работы конструкции и материала. В соответствующих таблицах (см. *Прочности нормы*) указаны средние значения допустимых напряжений для трех групп сил; необходимо заметить, что вопрос о прочности при колебательной нагрузке связывается со способностью металла к затуханию и с гистерезисом (см. *Усталость металлов*).

Простые деформации. Теория деформации растяжения развивается на



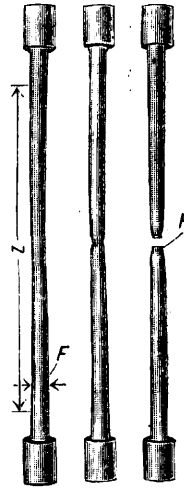
Фиг. 1.

основании опытного закона Гука. Диаграмма состояния упругого тела, типичная для железа и мягкой стали, представлена на фиг. 1 (в координатах «напряжение и относительная деформация»). Часть *OB* соответствует области упругих деформаций, в к-рой напряжение и деформация следуют закону Гука; часть *BCDE* — область пластич. деформаций (остающихся). Ордината *Bb* изображает последнее напряжение по закону Гука (предел пропорциональности), *Ff* — напряжение в период текучести, *Dd* — временное сопротивление, *Ee* — напряжение при разрыве. Этим напряжениям соответствуют относительные удлинения (аналитич. выражение которых $\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$) в разных стадиях деформации. Во всех конструкциях материал работает под напряжениями в пределах $\Delta O_1 Aa$, где $Aa \approx \frac{Bb}{2}$, но пригодность материала для известной конструкции или для изготовления изделия определяется по величинам, характеризующим его свойства в пластической области: временному сопротивлению, относительному удлинению и поперечному сужению при разрыве, а также площадью всей диаграммы. Временное сопротивление характеризует прочность материала; удлинение и поперечное сужение — вязкость и ковкость; площадь диаграммы, площадь которой $\sigma \epsilon \frac{см \cdot кг}{см^2}$, характеризует работоспособность материала. Работоспособность рассматривается как качественный показатель стойкости материала против ударов и как сравнительный критерий

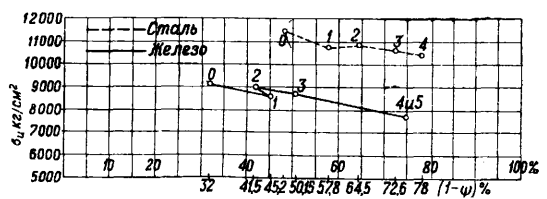
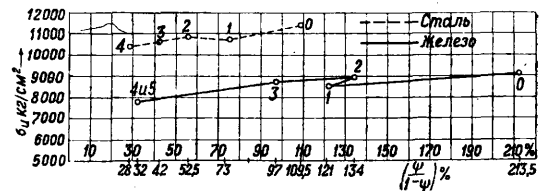
безопасности во время службы при наличии ударов. На фиг. 2 изображен нормальный образец из железа на растяжение в различных фазах деформации: в начальном состоянии — в состоянии, соответствующем точке *D* диаграммы; в момент после разрыва, поперечное сужение измеряется отношением

$$\psi = \frac{\Delta F}{F} \cdot 100\%.$$

Напряжение в точке *E* диаграммы, отнесенное к площади F_1 (шейки образца), называется истинным. Некоторые авторы расценивают это напряжение как наиболее характерное для каждого металла и наиболее постоянное свойство его в различных стадиях холодной обработки. На фиг. 3 представлена диаграмма в координатах «истинное напряжение и поперечное сужение», полученная из опытов над холоднотянутым металлом; из очертаний кривой легко усмотреть, что линия напряжений действительно только слегка наклоняется к оси абсцисс. На фиг. 1 tg угла наклона прямой $O_t B$ к оси абсцисс дает значение коэф-та пропорциональности между напряжением и деформацией — модуль Юнга *E*, который является постоянным числом с размерностью $кг/см^2$ для металлов в различных изотермич. состояниях после холодной и термич. обработок. Модуль *E* в адиабатич. процессах д. б. больше *E* в процессах изотермических, но различие между ними мало и приборами не может быть установлено с достаточной точностью. Значения модуля даны в табл. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Качество металла для работы в условиях динамич. нагрузки определяется пробой на удар (см. *Испытание материалов*). Для частей конструкции, где требуется точный монтаж, для частей трущихся (цапфы) испытание на твердость (см. *Твердость*) служит неременной дополнительной характеристикой, а для обрабатывающего инструмента это испытание наряду с химич. анализом составляет исключительный источник для суждения о качестве его. Металлографич. исследование металла (см. *Металлография*) доставляет сведения о структуре металла и об ее изменениях при термич. обработке,

Табл. 1.— Модули упругости для железа, чугуна и сталей.

Сорта металла	Модуль Юнга E, кг/см ²	Модуль сдвига G, кг/см ²
Сварочное железо в направлении, параллельном прокатке	2 000 000	770 000
Литая сталь St 37	2 100 000	810 000
Строительная сталь повышенного качества St 48	2 100 000	850 000
Кованая литая сталь	2 100 000	850 000
Рессорная сталь, без закалики	} 2 100 000 * {	850 000
Рессорная сталь, закаленная		880 000
Никелевая сталь для мостов (2—3,5% Ni)	2 090 000	—
Литая сталь	2 150 000	830 000
Чугун	750 000	290 000
	850 000	400 000

* E почти совершенно не зависит от степени закалики, однако опыты с хромовой сталью обнаружили увеличение 1: E с увеличенным степени закалики.

сведения о распределении компонентов металла, к-рые дополняют механич. испытания. Сочетание металлографических (включая и рентгенографические) и механич. испытаний приводит совместно с химическим анализом к полному познанию свойств металла.

Технические испытания обнаруживают, что большинство металлов подчиняется закону Гука, что дает все основания построить на нем теорию С. м. Напряжения в любой точке сечения m растягиваемого бруска не зависят от ее координат и всюду равны (фиг. 4). Это положение является гипотезой теории растяжения. Условие равновесия отрезанной части будет

$$P = R, \tag{1}$$

где P—действующая сила, R—равнодействующая внутренних сил. Согласно гипотезе равномерного распределения напряжений

$$R = F\sigma_2, \tag{2}$$

где F—площадь сечения, σ_2 —напряжение. Сравнение (1) и (2) дает

$$P = F\sigma_2, \tag{3}$$

откуда можно найти напряжение при известных размерах сечения или площадь сечения при известной величине напряжения. Чаще всего пользуются ур-ием для последней цели, и σ_2 при этом будет допустимым напряжением для данной конструкции, а ур-ие (3)—ур-ием прочности при растяжении. При помощи закона Гука ($\sigma_2 = E\epsilon$) и ур-ия (3) выводится ур-ие деформации:

$$\epsilon = \frac{P}{EF}, \text{ или } \Delta l = \frac{Pl}{EF}, \tag{4}$$

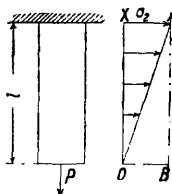
по к-рому в случае, если размеры даны, находят величину абсолютного удлинения Δl бруска. Эта величина имеет свои границы, к-рые определяются по особым соображениям для каждой конструкции. Если брусок имеет большую длину ($l > 10$ м), собственный вес д. б. принят в расчет. Ур-ия прочности и деформации получают вид

$$F = \frac{P}{\sigma_2 - \gamma l}, \tag{5}$$

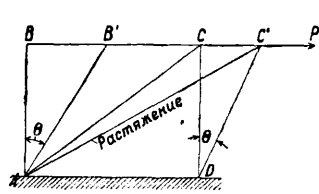
и

$$\Delta l = \frac{\left(P + \frac{G}{2}\right)l}{EF}, \tag{6}$$

где γ —уд. в. в кг/см³, G—полный вес бруска. Эпюра напряжений изображена на фиг. 5, откуда следует, что сечения бруска, различно удаленные от точки приложения силы, подвержены разным напряжениям, и т. о. материал всюду, за исключением наиболее удаленного сечения, недостаточно использован. Стремление получить эпюру напряжений в виде прямой AB, т. е. получить одинаковую нагрузку, и притом наибольшую для всех сечений, привело к особой форме бруска, к-рая известна под названием тела равного сопротивления. Тело равного сопротивления имеет наименьший вес по сравнению с призматич. или цилиндрич. телом и наибольшую деформацию при одинаковых условиях нагружения. Ступенчатый брусок по своим свойствам занимает среднее положение между телами равного сопротивления и ци-



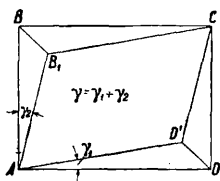
Фиг. 5.



Фиг. 6.

линдрическими (тоже призматическими), изготовляется без особых трудностей и поэтому находит применение при большой длине брусков (шахтные канаты).

Деформация сдвига представлена на фиг. 6 и 7. Фиг. 6 изображает сдвиг, к-рому сопутствует растяжение и сжатие; фиг. 7—чистый сдвиг, в котором нет по-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

сторонних явлений. На фиг. 8 дана фотография тех условий, в к-рых производят обычно опыт на сдвиг, откуда видно, что явление сдвига осложняется изгибом. Поэтому для сдвига принимают закон Гука не как результат опыта, а в качестве первого приближения к действительному закону

$$\tau = G \cdot \gamma, \tag{7}$$

где G—модуль поперечной упругости, γ —угол сдвига. Ур-ие прочности при том же допущении, что и при растяжении, получает вид

$$P = F \cdot R_s, \tag{8}$$

по к-рому определяется площадь сечения при заданной нагрузке и выбранном допустимом напряжении R_s . Последнее принимают в соответствии с числами Вёлера, причем наибольшее касательное напряжение (т. е. для первого случая нагрузки) равно 0,75—0,8 от нормального для того же случая. Ур-ие деформации будет

$$\gamma = \frac{P}{GF}. \tag{9}$$

Модуль G отыскивается или по зависимости между E и G

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}, \quad (10)$$

где μ —коэф. Пуассона (равный $\frac{1}{4} \div \frac{1}{3}$ для стали и железа), или из опыта на кручение.

Кручение имеет в своем основании гипотезу о равенстве угла кручения на единицу длины стержня:

$$T = \frac{d\varphi}{dx} \quad (11)$$

(см. Кручение, фиг. 1). Это предположение оправдывается опытом. Закон распределения касательных напряжений при этих условиях устанавливается в виде линейной зависимости и графически выражается в виде прямой линии; уравнения прочности и деформации для круглых сечений получают простой вид: уравнение прочности

$$W_0 = \frac{M_s}{R_s} \quad (12)$$

и уравнение деформации для цилиндра

$$\varphi = \frac{M_s l}{I_0 G}, \quad (13)$$

где M_s —крутящий момент, I_0 и W_0 —момент инерции и момент сопротивления, l —длина, G —модуль сдвига, R_s —допускаемое напряжение, φ —угол кручения двух сечений на расстоянии l . Другие сечения—см. Кручение.

Теория изгиба (см.) прямолинейных стержней построена на гипотезе плоских сечений Бернулли и указывает закон распределения нормальных напряжений в виде прямой линии (Навье). Отказываясь во многих случаях от учета касательных напряжений (для стержней достаточной длины и стержней поперечного сечения достаточных размеров), производят расчет на прочность по ур-ию

$$W_z = \frac{M_{max}}{R_b} \quad (14)$$

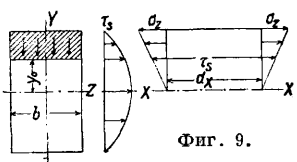
и определяют деформацию по ур-ию

$$EI_z \frac{d^2y}{dx^2} = M_x. \quad (15)$$

Здесь I_z и W_z —момент инерции и момент сопротивления поперечного сечения, M_x и M_{max} —изгибающие моменты соответственно в сечении x и наибольший, R_b —допускаемое напряжение на изгиб, $\frac{d^2y}{dx^2}$ —кривизна в данной точке изогнутой оси балки. Ур-ие (15) имеет различные решения в зависимости от законов изменения для изгибающего момента M_x и момента инерции I_z . Общий вид всех решений следующий:

$$y_{max} = a \cdot \frac{Pl^3}{EI_z}, \quad (16)$$

где P —нагрузка стержня, l —длина, a —коэф., величина к-рого зависит от закона изменения нагрузки и способа закрепления концов. В табл. 2 даны схемы



Фиг. 9.

некоторых нагрузок и значения a и M_{max} . Касательные напряжения при изгибе учитываются дополнительно. Из условия равновесия обнаруживается их существование и устанавливается закон распределения по поперечному сечению. Закон распределения в случае отсутствия сил, действующих по касательным к поверхности стержня плоскостям, будет парабо-

Табл. 2.—Значения a и M_{max} для самых употребительных случаев изгиба.

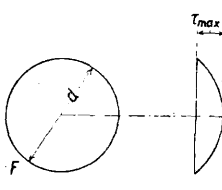
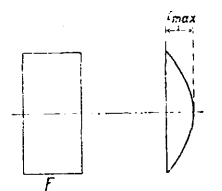
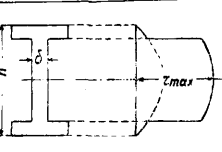
№	Схемы нагрузки и балки	a для P или в середине	M_{max}
1		$\frac{1}{48}$	$\frac{Pl}{4}$
2		$\frac{5}{384}$	$\frac{Pl}{8}$
3		$\frac{1}{3} \left(\frac{a}{l} \times \frac{b}{l} \right)^2$	$\frac{Pab}{l}$
4		$\frac{1}{8} \frac{a}{l}$	Pa
5		$\frac{1}{3}$	Pl
6		$\frac{1}{3} \left(\frac{a}{l} \right)^2 \left(\frac{a}{l} + 1 \right)$	Pa
7		$\frac{1}{192}$	$\frac{Pl}{8}$
8		$\frac{1}{384}$	$M_A = M_B = \frac{Pl}{12}$ $M_C = \frac{Pl}{24}$

лой (фиг. 9). Величина напряжений определяется по ур-ию

$$\tau = \frac{Q_x \cdot S_z}{I_z b}, \quad (17)$$

причем Q_x —перерезывающая сила, равная сумме сил, лежащих левее того сечения, в котором отыскивается напряжение, S_z —статич. момент площади поперечного сечения относительно оси изгиба (заштрихованной на фиг. 9), I_z —момент инерции сечения, b —ширина сечения в том месте, где будет искомое τ . Закон распределения касательных напряжений для различных сечений изображен в табл. 3. В той же таблице указано наибольшее значение этих напряжений. Подробности—смотри *Сдвиг*. При расчете длинных стержней обычно ограничиваются одной проверкой высоты наибольших касательных напряжений, которая должна быть в известных пределах для каждой конструкции (в клепаных железных балках $R_s = 800 \text{ кг/см}^2$). В случае коротких стержней ведут расчет на сложное сопротивление.

Табл. 3.—Касательные напряжения при изгибе.

№	Форма сечения и опоры	τ_{max}
1		$1,33 \frac{Q_x}{F}$
2		$1,5 \frac{Q_x}{F}$
3		$\sim \frac{Q_x}{\delta h}$

Сложное сопротивление составляет из двух или более деформаций. Число видов сложного сопротивления возможно следующее: а) сочетаний из двух деформаций—6, б) сочетаний из трех деформаций—4, в) сочетаний из четырех деформаций—1, всего 11. Способ изучения сложных деформаций—принцип наложения (суперпозиции), согласно которому последовательное и совместное появление деформаций равнозначно, создается тождественное напряженное состояние, т. е. равные напряжения и равные результирующие деформации. Этот принцип широко применяется, хотя хорошо известны случаи, в которых пользоваться им совершенно недопустимо. Подобранный случай изображен на фиг. 10, в котором при принятых обозначениях в действительности

$$M_{max} = \frac{Pl}{4} + Hf,$$

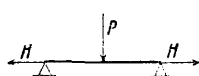
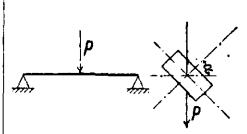
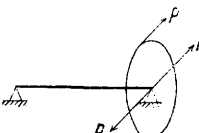
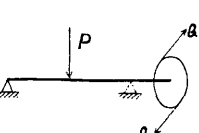
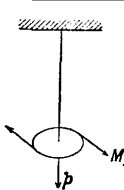
между тем по принципу наложения

$$M_{max} = \frac{Pl}{4}.$$

Все виды сложного сопротивления разделяются на три типа: 1) сложение нормальных напряжений, 2) сложение касательных напряжений, 3) сложение нормальных и касательных напряжений. В случаях первого типа сложение напряжений алгебраическое, в случаях второго типа—геометрическое. В случаях третьего типа из условий равновесия бесконечно малого параллелепипеда, вырезанного около известной точки напряженного тела, определяют главные с л ы у п р у г о с т и—наибольшее нормальное напряжение и наибольшее касательное напряжение или главные деформации—наибольшее удлинение и наибольший угол сдвига. Расчет в случаях третьего типа производится по различным основаниям в зависимости от того, что принимают за причину разрушения конструкции. Обычно приписывают разрушение второй

главной силе упругости (касательному напряжению) или первой главной деформации (наибольшему удлинению). Ур-ия прочности для наиболее употребительных комбинаций сложного сопротивления сведены в табл. 4 (см. *Прочность*).

Табл. 4.—Сложные сопротивления.

№	Виды сопротивлений	Уравнение прочности
1		Изгиб и растяжение $R_2 = \frac{H}{F} + \frac{Pl}{4W_2}$
2		Косой изгиб $R_2 = \left(\frac{\cos \alpha}{W_z} + \frac{\sin \alpha}{W_y} \right) \frac{Pab}{l}$
3		Сдвиг и кручение $R_s = \frac{P}{F} + \frac{M_s}{W_0}$
4		Кручение и изгиб $R_2 = \frac{M_r}{W_2}$, причём $M_r = \frac{3}{8} M_b + \frac{5}{8} \sqrt{M_b^2 + M_s^2}$
5		Растяжение и кручение $R_2 = \frac{P_r}{F}$, где $P_r = \frac{3}{8} P + \frac{5}{8} \sqrt{P^2 + 4 \left(\frac{4M_s}{d} \right)^2}$ Для болтов $P_r \cong 1,33 P$

Продольный изгиб (см. *Изгиб*) представляет собою элементарный вид неустойчивого равновесия, когда простая деформация сжатия при определенной нагрузке переходит в другую форму—деформацию изгиба. Расчет производят или по ф-ле Эйлера (теория изгиба) в случаях, если развивающиеся при этом явления напряжения при критич. значениях силы остаются в пределах упругости, или по эмпирическим формулам Тетмайера, Кармана и таблице Ясинского (сжатие), если эти напряжения оказываются вне этих пределов.

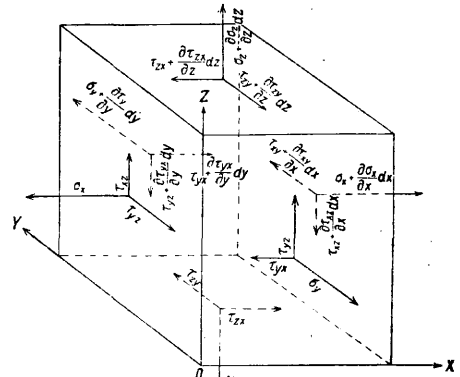
Из обширнейшей теории расчета статически неопределимых систем в С. м. включаются основания для расчета неразрезных балок—способ Релея и Клапейрона.

Теория упругости разделяется на три части, к-рые содержат: а) изучение напряжений и деформаций изотропного упругого тела в статич. условиях и в состоянии движения (Elastostatik und Elastokinetik), б) теорию анизотропного тела, гл. обр. теорию кристалла (Elastokristall), в) теорию пластич. деформации изотропного тела (Plastizität) и г) теорию упругого удара (Stoss). Теория изотропного упругого тела построена на законе Гука и имеет в виду деформации настолько малого размера, что квадрата-

ми относительных перемещений точек при деформации можно пренебречь. Остальные гипотезы, к-рым пользуется С. м., здесь устранены первоначально; в развитии теории упругости они или подтверждаются вполне, или частью, с известным приближением, или отвергаются в связи с анализом отдельных деформаций. Элементарные теории растяжения, кручения круглых брусков, чистого изгиба вполне согласуются с теорией упругости. Изгиб в присутствии срезывающих сил, как оказывается, подчиняется закону прямой линии (гипотеза Навье), но не закону плоскости (гипотеза Бернулли). Касательные напряжения при изгибе распределяются по закону параболы, но только в тех сечениях, которые имеют незначительную толщину при большой высоте (узкие прямоугольники). В других сечениях закон распределения касательных напряжений совершенно иной. Для балок переменного сечения, к к-рым в элементарной теории прилагается закон прямой линии и параболы, теория упругости дает другие решения; в этих решениях значения напряжений и деформаций гораздо выше, чем по элементарной теории следует. Общепринятый способ расчета пластин по Баху как обыкновенных балок не оправдывается теорией упругости. Ф-лы С. м. для кручения некруглых стержней не соответствуют таковым в теории упругости. Теория изгиба кривых стержней решительно не совпадает с элементарной теорией Баха-Баумана, но результаты расчета по строгой теории и на основании гипотезы плоских сечений достаточно близки. Поставлена и разрешена для ряда случаев задача о распределении местных напряжений (в местах приложения нагрузки или изменения сечения), к-рая совершенно недоступна теории С. м. Вопрос об устойчивости деформированного состояния, элементарную форму которого представляет в С. м. продольный изгиб, получил в теории упругости общее решение Бриана (Bryan), Тимошенко и Динника. Помимо многочисленных форм устойчивости стержня, сжатого сосредоточенной силой, изучены также явления устойчивости стержней переменного сечения под действием равномерно распределенных сил и другие явления устойчивости балок при изгибе, равномерно сжатой трубы, кольца, оболочки, длинного стержня при скручивании и пр. Теория упругого удара—долевого, поперечного—занимает большое место в теории упругости и включает все большее и большее число технических важных случаев. Теория колебаний получила настолько прочное положение в теории упругости и в практике, что методы расчета на колебания проникают в область С. м., конечно в элементарном виде. Изучены распространение волны в неограниченной упругой среде (решение Пуассона и Кирхгофа), движение волны по поверхности изотропной среды (решение Рейля), волны в всесторонне ограниченных упругих системах с одной, конечно многими и бесконечно многими степенями свободы. В связи с этим находят решения, относящиеся к колебаниям струн, мембран и оболочек, различной формы стержней, пружин и пластин.

Основные методы теории упругости. Методы теории упругости—весь аппарат математич. анализа и механики. В статике упругого изотропного тела основными представляются ур-ия равновесия бесконечно малого параллелепипеда, дополненные ур-иями

поверхностных условий. На фиг. 11 изображен параллелепипед, выделенный из упруго деформированного тела, под действием возможных в самом сложном случае сил. Независимо



Фиг. 11.

от того закона, к-рым связаны напряжения и деформации, при одном лишь условии, что эти величины являются непрерывными функциями координат, получаем из условий равновесия шесть ур-ий Коши:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X \cdot \rho = 0, \quad (18)$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y \cdot \rho = 0, \quad (19)$$

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + Z \cdot \rho = 0, \quad (20)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \quad (21)$$

$$\tau_{zx} = \tau_{xz}, \quad (22)$$

$$\tau_{zy} = \tau_{yz}, \quad (23)$$

причем X, Y, Z —компоненты объемной силы (веса и др.), ρ —уд. масса. Последние три ур-ия возможны лишь при допущении, что

$$\lim_{v \rightarrow 0} \frac{M_s}{v} = 0,$$

и выражают закон двойственности касательных напряжений. На поверхности упругого тела д. б. соблюдены еще пограничные условия равновесия, т. е.

$$\sigma_{nx} = \sigma_x \cos(X, n) + \tau_{xy} \cos(Y, n) + \tau_{xz} \cos(Z, n), \quad (24)$$

и другие два им аналогичные ур-ия, причем σ_{nx}, σ_{ny} и σ_{nz} означают компоненты силы, действующей на площадку с нормалью n . Из последних трех ур-ий (24) с помощью геометрич. соотношения

$$\cos^2(X, n) + \cos^2(Y, n) + \cos^2(Z, n) = 1,$$

если направление силы совпадает с нормалью, получаем:

$$\begin{vmatrix} \sigma_x - R, & \tau_{xy}, & \tau_{xz} \\ \tau_{xy}, & \sigma_y - R, & \tau_{yz} \\ \tau_{xz}, & \tau_{yz}, & \sigma_z - R \end{vmatrix} = 0, \quad (25)$$

где R —главный вектор внутренних сил. Отсюда находим три значения R , к-рые названы главными напряжениями, а соответствующие взаимно перпендикулярные нормали—главными направлениями напряжений. Три значения R не зависят от положения системы координат и при ее вращении остаются неизменными: они—инварианты упругого состояния. Наибольшее касательное напряжение оказывается равным полуразности между главными (наибольшим и наименьшим) и лежит в плоскости

под углом 45° к плоскости главных. При малых деформациях и малых значениях производных относительное удлинение в любой точке упругого тела выражается ур-ием:

$$\epsilon = \frac{\partial U}{\partial x} \cos^2(X, n) + \frac{\partial V}{\partial y} \cos^2(Y, n) + \frac{\partial W}{\partial z} \cos^2(Z, n) + \cos(X, n) \cos(Y, n) \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \cos(Y, n) \cos(Z, n) \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right) + \cos(X, n) \cos(Z, n) \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right). \quad (26)$$

Здесь U, V, W —перемещения точки по осям координат, $\cos(X, n)$ и пр. указывают направление рассматриваемого элемента длины. Выражения $\frac{\partial U}{\partial x} = \epsilon_x, \frac{\partial V}{\partial y} = \epsilon_y, \frac{\partial W}{\partial z} = \epsilon_z$ —удлинения

вдоль осей, $\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} = \gamma_{xy}$ и т. д. (см. Деформация)—углы сдвига между осями и называются компонентами деформации в данной точке. В случае однородной деформации $\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial W}{\partial z}$ являются постоянными. Поворотом осей члены уравнения (26), которые содержат произведения \cos -ов, можно устранить, и тогда оси новой системы координат совпадают с главными направлениями деформации, а удлинения будут также главными и представляют инварианты деформации. Сумма их $e = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$ называется относительным объемным расширением. Дифференцированием выражений отдельных деформаций (26) получаем зависимости Сен-Венана

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \epsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_y}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 \epsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_z}{\partial y^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 \epsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_x}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial x \partial z} \end{aligned} \right\}; \quad (27)$$

также

$$2 \frac{\partial^2 \epsilon_x}{\partial y \partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right). \quad (28)$$

Т. о. шесть компонент деформаций должны удовлетворять шести зависимостям. В случае, когда эти компоненты зависят от первой степени координат, условные ур-ия (27) и (28) всегда удовлетворены. Коши сделал допущение, что направления главных напряжений и главных удлинений совпадают: Тогда на основании закона Гука напряжение в любой точке м. б. выражено через три компоненты ур-иями:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= a\epsilon_1 + b\epsilon_2 + c\epsilon_3 \\ \sigma_y &= a\epsilon_2 + b\epsilon_3 + c\epsilon_1 \\ \sigma_z &= a\epsilon_3 + b\epsilon_1 + c\epsilon_2 \end{aligned} \right\}. \quad (29)$$

А так как упругое тело считается изотропным, то нет никакого основания для различия между коэф-тами b и c , поэтому $b = c = \lambda, a = \lambda + 2\nu$ и получим

$$\sigma_x = (\lambda + 2\nu)\epsilon_1 + \lambda(\epsilon_2 + \epsilon_3), \quad (30)$$

где λ и ν —коэф-ты Лямэ, к-рые связаны с модулями упругости E и G соотношениями:

$$\lambda = \frac{\mu E}{(1+\mu)(1-2\mu)}; \quad \nu = G = \frac{E}{2(1+\mu)},$$

где μ —коэф. Пуассона. Для напряжений не главных (поворотом осей) получим:

$$\sigma'_x = \lambda e + 2\nu \epsilon_x$$

и 2 подобных; также

$$\tau'_{yx} = \nu \gamma_{xy} \quad (31)$$

и 2 подобных. Подстановкой из ур-ия (31) в (27) и (28) имеем:

$$\left. \begin{aligned} (1 + \mu) \nabla^2 \sigma'_x + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} &= 0 \\ (1 + \mu) \nabla^2 \sigma'_y + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} &= 0 \\ (1 + \mu) \nabla^2 \sigma'_z + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} &= 0 \\ (1 + \mu) \nabla^2 \tau'_{yx} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x \partial y} &= 0 \\ (1 + \mu) \nabla^2 \tau'_{zy} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y \partial z} &= 0 \\ (1 + \mu) \nabla^2 \tau'_{xz} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z \partial x} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (32)$$

Здесь ∇^2 —оператор Лапласа;

$$\theta = \sigma'_x + \sigma'_y + \sigma'_z, \quad \mu = \frac{\lambda}{2(\lambda + \nu)}.$$

Объемные силы отброшены. Ур-ия (32) вместе с (18)—(24) содержат решение статических задач теории упругости. Вопрос о существовании интегралов—решений основных ур-ий—самый трудный в теории упругости. Имеются доказательства существования решений Корна и Лихтенштейна. Оба доказательства относятся к случаю отсутствия объемных сил и связаны с теорией потенциала. Однозначность решения ур-ий была доказана Кирхгофом для тел с односвязным контуром при том допущении, что до появления объемных сил и внешних в упругом теле нет напряжений (естественное состояние). Простой случай продольного изгиба однако приводит к заключению, что ур-ия упругости могут иметь несколько решений. Обычный прием решения ур-ий—принять подходящую форму части напряжений и перемещений, затем определить по ур-иям остальные неизвестные и доказать их совместимость. Этот полюбратный метод указан Сен-Венаном. Решение основных ур-ий в пространственной системе координат сделано Буссинеском для случая действия силы на поверхность неограниченных размеров, но сверху ограниченную плоскостью, и Герцем для случая малой поверхности давления по сравнению с радиусом кривизны основной поверхности. Обе задачи имеют чрезвычайно важное значение для теорий шариковых и роликовых подшипников, мостовых опор и пр. и повлияли очень сильно на учение о твердости. Разрешены основные уравнения для ряда задач о тепловых напряжениях, которые возникают вследствие неравномерного нагрева упругого тела (пустотелый цилиндр и др.). Особенно широко и с большим успехом пользуются основными ур-иями для плоских задач. В случае последних остаются только три компоненты напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$; остальные тождественно равны нулю. Следуя предположению Эйри, принимают напряжения за производные нек-рой произвольной ϕ -ии $\psi(x, y)$:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial y \partial x} - gex. \quad (33)$$

Подстановкой в ур-ия (18) и (19) и исключением объемной силы получим ур-ие:

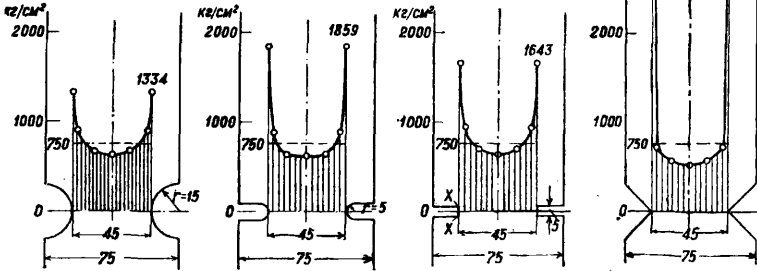
$$\frac{\partial^4 \psi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \psi}{\partial y^4} = 0. \quad (34)$$

Это ур-ие представляет в случае плоской деформации решение любой задачи независимо от величины и направления действующих сил и упругих свойств тела (однако не всегда удобное); д. б. выполнены только в каждом случае особые пограничные условия (24). Объемной силой обычно пренебрегают. Весь вопрос разрешения частной задачи сводится к выбору под-

ходящей ф-ии Эйри (Airy). Для нек-рых задач она выбрана в виде алгебраич. полиномов, для других в виде тригонометрич. сток (конечных и бесконечных) или в виде произведений алгебраич. и тригонометрич. ф-ий. Последний прием чаще всего употребляется в том случае, когда ур-ие составлено в полярных координатах и упругое тело ограничено криволинейными поверхностями. Таким путем разрешен ряд задач

Недавно предложен метод, к-рый сочетает достоинства того и другого приема (Фёппль).

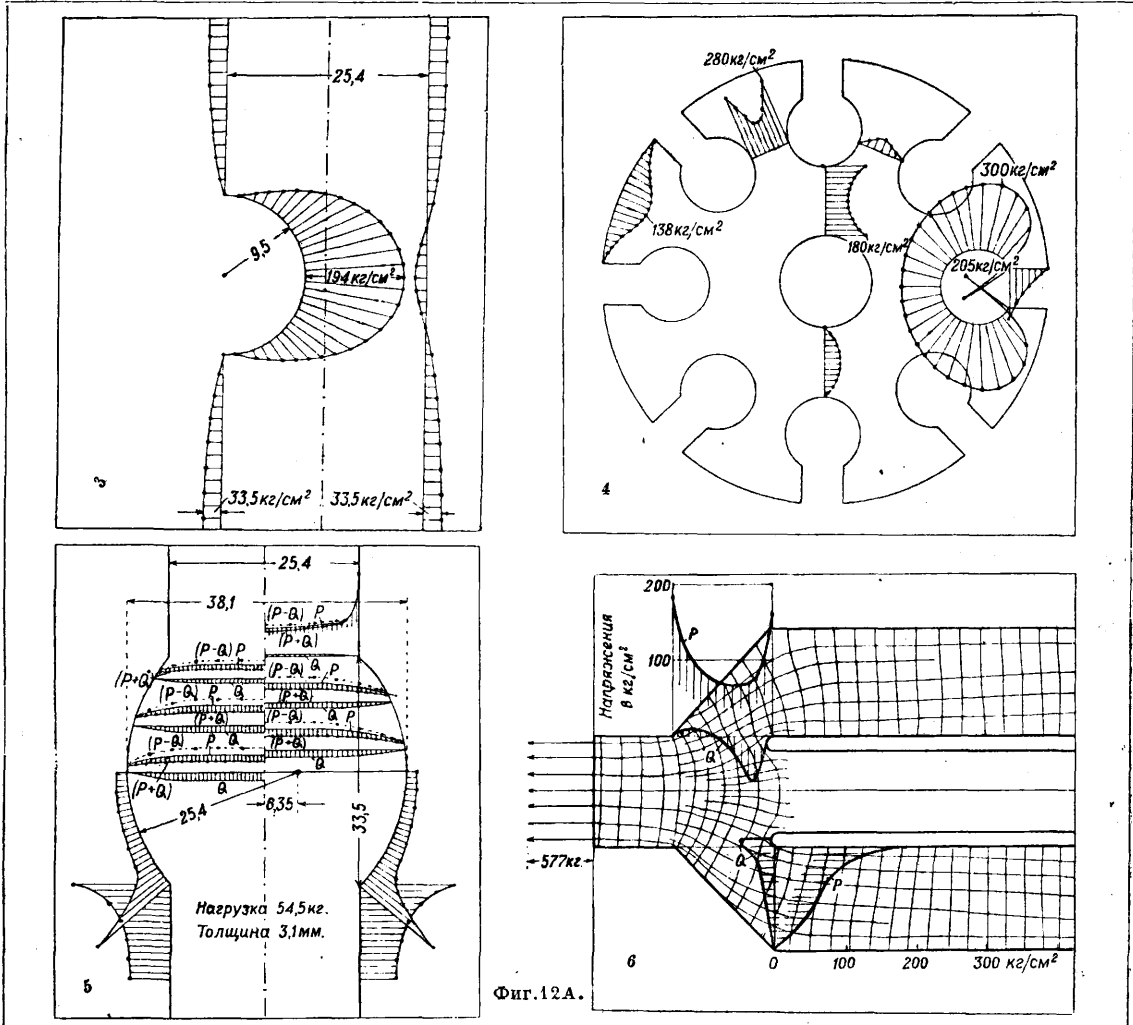
Преимущество ур-ия Эйри (34) заключается в том, что решение его относится в случае односвязного контура к любому упругому телу с любыми свойствами, вследствие чего результаты м. б. проверены опытом. Разработан и применяется оптич. метод изучения напряженного состояния различных плоских форм на слюдяных пластинках и т. о. получают подтверждение уже решенные проблемы (напр. Буссинеска и Герца) и дается ключ к отысканию решений в других более сложных случаях. К сожалению показания опыта — скорее качественные, так как эксперимент в современной постановке



Фиг. 12.

о местных напряжениях; результаты решений изображены на фиг. 12. Существует способ ре-

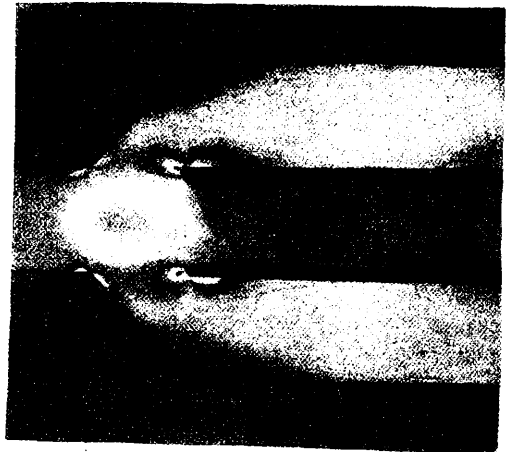
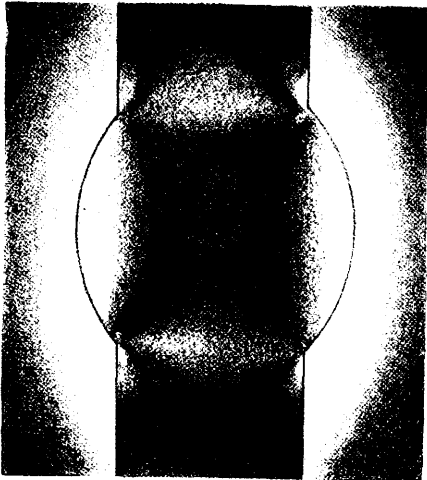
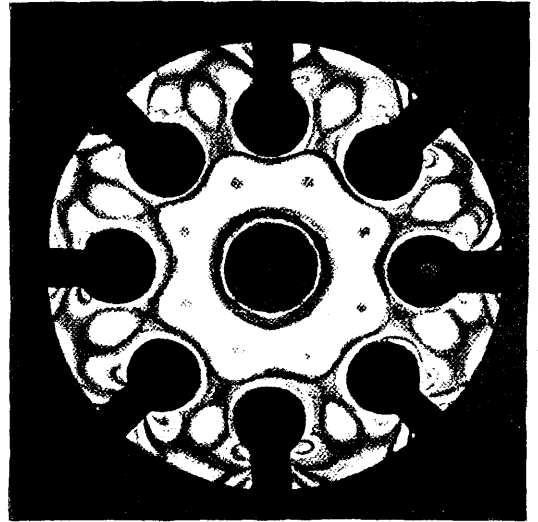
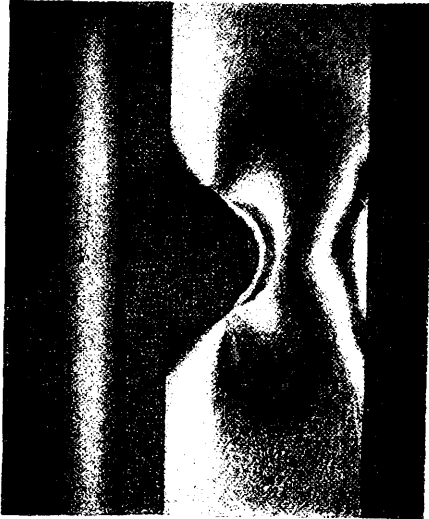
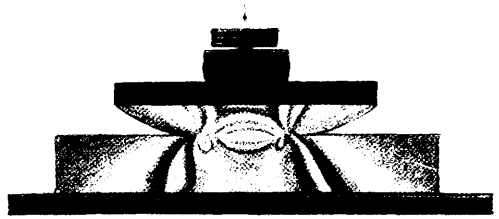
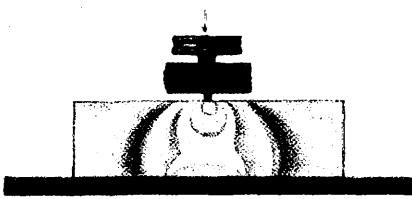
ше не может дать соизмеримых с точностью теории результатов. На вкладном ли-



Фиг. 12А.

шения основных ур-ий с помощью ф-ий Грина (Green) и теории конформного изображения.

сте представлены фотографии исследования оптическим методом задач Буссинеска и Герца,



где ясно видны круги напряжений Буссинеска (вкл. л., 1, 2). Распределение напряжений — на фиг. 12А и цветные снимки вкл. л., 3, 4, 5 и 6 взяты из опытов проф. Кокера (Coker): 3 дает распределение напряжений вблизи выточки в растянутой полоске; сбоку показана полоска без выточек при том же освещении при нагрузке, вызывающей в целой полосе напряжение в 476 фн./дм.². На вкл. л., 4 представлено распределение напряжений при нагрузке 8 радиальными силами, каждая величиною 4,8 англ. фн.; вкл. л., 5 и 6 относятся к сварным швам и показывают просвечивание моделей шва с двумя приваренными накладками; на вкл. л., 5 изображено распределение напряжений для шва с двумя приваренными накладками в плоскости, перпендикулярной к линии действия силы величиною в 120 англ. фн. при среднем напряжении 988 англ. фн./дм.²; на вкл. л., 6 распределение напряжений для долового шва на длине с постоянным сечением (напряжение здесь равно 1 270 англ. фн./дм.²), также в переходных сечениях, где напряжение достигает 3 000 англ. фн./дм.², и в местах сварки.

Удобным и достаточно точным для практических целей является также метод, разработанный фирмой Майбах в Германии. Объект, напряженное состояние которого подлежит изучению, покрывается лаком особого состава с известными упругими качествами. Покрытие лаком может быть распространено на любую часть изучаемой поверхности. Затем объект подвергается нагрузке обычно того наивысшего значения, которое следует ожидать в действительной работе. При определенной величине нагрузки в лаковом покрытии объекта, когда нагрузка превышает вязкость лака, появляются трещины. Направление трещин перпендикулярно к направлению наибольшего удлинения в данной точке напряженного объекта. Помощью специально сконструированного прибора, к-рый клеим присоединен к изучаемому месту, измеряют расстояния между трещинами и т. о. определяют непосредственно напряжение при растяжении, сжатии и изгибе; для кручения и сложных деформаций необходим подсчет по основным ур-ям главных удлинений. Измеряемая длина колеблется от 2 до 15 мм. Точность измерения — 0,48 мм на 10 мм. Вкл. л., 4 показывает линии удлинения сжатого цилиндра (пустотелого). Вкл. л., 5 относится к тому же цилиндру, только лаковое покрытие было нанесено на нагруженном цилиндре и трещины появились после разгрузки. Вкл. л., 3 изображает состояние цилиндра, подвергнувшегося кручению, вкл. л., 11 и 12 также указывают результаты кручения плоских стержней, вкл. л., 11 — чистого кручения, вкл. л., 12 — растяжения и кручения. Вкл. л., 7 показывает влияние отверстия при кручении пустотелой трубы (стальной) на распределение линий удлинения. Вкл. л., 10 и 9 изображают результаты изгибов плоского стержня, вкл. л., 10 на двух опорах, вкл. л., 9 в виде консольной балки с заточкой. Вкл. л., 8 представляет линии удлинения для растянутого шагуна авиамотора. Вкл. л., 6 изображает линии удлинения для алюминиевого поршня, к-рый находится в сжатом напряженном состоянии. Вкл. л., 2 относится также к сжатому напряженному состоянию колена вала при действии наивысшей рабочей нагрузки. Вкл. л., 1 представляет течение линий удлинения на верхней лобовой стороне картера авиамотора (левая часть) и на наружной стороне картера, обрабатанной к пропеллеру (правая часть). На фо-

тографии указаны вычисленные величины напряжений в некоторых точках картера.

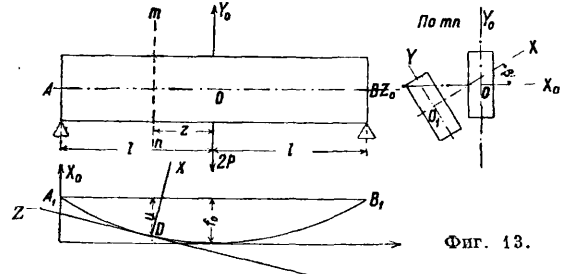
Устойчивость упругих форм деформации. Вопрос об устойчивости упругих форм был поставлен и разрешен для частного случая Эйлера (известная задача на продольный изгиб), в самой общей форме сформулирован Брианом и Саутвеллом (Southwell) и широко использован для ряда задач С. П. Тимошенко. Признаком устойчивого состояния по Бриану является минимум потенциальной энергии в данном состоянии по сравнению с другими, ему близкими, т. е.

$$\delta^2(V + A) > 0, \quad (35)$$

где δ^2 обозначает вариацию 2-го порядка, A — потенциал внешних сил, V — энергия внутренних сил. Обычный метод Тимошенко — сравнение вариаций энергии деформации и работы внешних сил при бесконечно малом изменении деформации тела:

$$\delta A + \delta V = 0. \quad (36)$$

Из этого ур-ия определяется критич. значение силы, при котором данный вид деформации неустойчив. Для случая фиг. 13 ур-ие д. б. со-



ставлено след. обр. Момент в сечении $m-n$ в случае выпучивания равен

а) относительно оси X :

$$M_x = -P(l-z),$$

б) относительно оси Y :

$$M_y = P(l-z)\beta,$$

в) относительно оси Z :

$$M_z = -P(l-z) \frac{du}{dz} - Pu,$$

где u — перемещение центра сечения по оси X . Первые два — изгибающие моменты, последний — крутящий. Энергия от изгиба в плоскости наименьшей жесткости равна

$$\delta V_1 = EI_y \int_0^l \left(\frac{d^2 u}{dz^2} \right)^2 dz; \quad (37)$$

энергия от кручения равна

$$\delta V_2 = C \int_0^l \left(\frac{\partial \beta}{\partial z} \right)^2 dz. \quad (38)$$

Работа внешней силы на пути, связанном с изгибом в плоскости наименьшей жесткости и кручением, равна

$$\delta A = \int_0^l 2P \frac{dz \cdot du}{dz^2} (l-z)\beta, \quad (39)$$

где $\frac{d^2 u}{dz^2} dz$ представляет угол поворота сечения z , а все выражение — путь силы $2P$ при выпучивании. Т. о. имеем по ур-ию (36):

$$\begin{aligned} EI_y \int_0^l \left(\frac{d^2 u}{dz^2} \right)^2 dz + C \int_0^l \left(\frac{\partial \beta}{\partial z} \right)^2 dz = \\ = \int_0^l 2P \frac{d^2 u}{dz^2} (l-z)\beta dz. \end{aligned} \quad (40)$$

Для изгиба дополнительно имеем ур-ие:

$$EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} = P(l-z)\beta. \quad (41)$$

Путем исключения получим:

$$\frac{P^2}{EI_y} \int_0^l \beta^2 (l-z)^2 dz = C \int_0^l \left(\frac{d\beta}{dz}\right)^2 dz. \quad (42)$$

В случае, если концы полосы не вращаются около оси Z , зависимость между β и z м. б. представлена тригонометрич. рядом:

$$\beta = a_1 \cos \frac{\pi z}{2l} + a_2 \cos \frac{3\pi z}{2l} + a_3 \cos \frac{5\pi z}{2l} + \dots \quad (43)$$

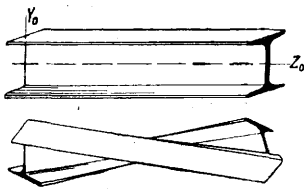
Ограничиваясь первым членом, приходим к ур-ию:

$$\frac{P^2}{EI_y} \int_0^l a_1^2 \cos^2 \frac{\pi z}{2l} (l-z)^2 dz = C \int_0^l a_1^2 \frac{\pi^2}{4l^2} \sin^2 \frac{\pi z}{2l} dz \quad (44)$$

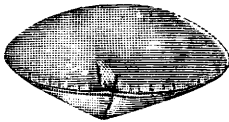
и затем к выражению

$$2P_k = \frac{17,2 \sqrt{EI_y} C}{(2l)^2}, \quad (45)$$

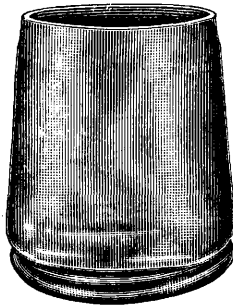
из к-рого определяется критич. значение внешней силы для начала выпучивания. На фиг. 14, 14а и 14б изображены соответственно дву-



Фиг. 14.



Фиг. 14а.



Фиг. 14б.

тавовая балка в неустойчивом состоянии (появление балки, эллипсоид под внутренним давлением и сжатая труба. Второй метод решения вопросов устойчивости—составление ур-ия равновесия для бесконечно малого отклонения от устойчивого состояния. Задача Эйлера в элементарном изложении разрешается этим методом. Первый метод ведет в значительном числе случаев к удобному и быстрому решению, особенно при удачном выборе функциональных зависимостей, подобных (43), причем точность решения м. б. увеличена в соответствии с требованиями практики. Второй метод иногда приводит к решениям в замкнутой форме, но чаще в виде бесконечных рядов. В табл. 5 приведены окончательные ф-лы для вычисления критич. нагрузки в различных случаях.

Теория колебаний и удара. Теория упругих колебаний и удара м. б. построена на общих ур-иях динамики. В условиях равновесия бесконечно малого параллелепипеда необходимо ввести силу инерции (Д'Аламбер), к-рая для бесконечно малого параллелепипеда имеет вид:

$$\rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}, \quad \rho \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}, \quad \rho \frac{\partial^2 W}{\partial t^2},$$

и ур-ия (18)—(20) д. б. заменены следующими:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X\rho = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (46)$$

и двумя ему подобными, где U —проекция пе-

ремещения данной точки на ось X ; V и W —проекции соответственно на оси Y и Z . Ур-ия (46) выражают закон, к-рым определяется распространение упругой деформации в упругом изотропном теле. Обычно напряжения в уравнениях (46) заменяют через перемещения по ф-лам для относительных удлинений и сдвигов (26) и при помощи ур-ий (31) получают особые ур-ия для непосредственного определения деформации:

$$\nu \nabla^2 U + (\lambda + \nu) \frac{\partial e}{\partial x} + \rho X = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (47)$$

и два других посредством круговой замены. Условия на поверхности примут вид ур-ий

$$X_n = \lambda e \cos(X, n) + \nu \left[\frac{\partial U}{\partial n} + \frac{\partial U}{\partial x} \cos(X, n) + \frac{\partial V}{\partial x} \cos(y, n) + \frac{\partial W}{\partial x} \cos(z, n) \right] \quad (48)$$

и двух ему подобных. Решения этих ур-ий для специальных случаев м. б. получены по способу Римана или Пуассона и Кирхгофа, также по принципу наложения колебаний Релея. а) Ур-ия (47) проинтегрированы для колебаний в бесконечной упругой среде, для упругих поверхностных колебаний, для колебаний неограниченных пластин, бесконечно длинных цилиндров и струн. Рассмотрены случаи свободных колебаний (без участия внешних возбуждающих сил) и вынужденных (с участием внешних возбуждающих сил). Для плоских колебаний, в к-рых нет объемных сил (упругое тело не имеет веса), ур-ие (47) получает вид:

$$(\lambda + 2\nu) \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (49)$$

и носит название ур-ия продольной плоской волны (звуковые волны). Для плоских колебаний, в которых нет вихря и объемных сил ($e_0 = \text{Const}$, $x = 0$), имеем ур-ия:

$$\nu \nabla^2 U = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} \quad (50)$$

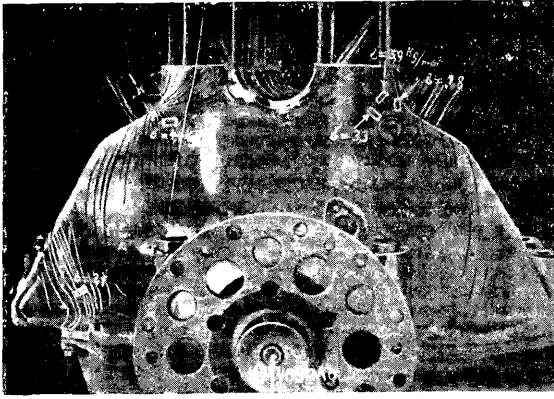
и два других. Это—ур-ие поперечной плоской волны. Газы и жидкости не могут распространять поперечных волн (только продольные), поэтому колебания упругих тел доступны нашему исследованию лишь посредством оптических или электромагнитных волн. б) В технических важных колебаниях большим распространением пользуется способ Релея и Ритца. По Релею выбирают основной тип колебаний, хотя бы грубо подходящий к характеру колебаний изучаемого случая, и таким путем по ур-ию (47) находят частоту колебаний основного типа, причем частота колебаний будет всегда преувеличенной, но очень близкой к действительной (разница ~3%). Способ Ритца (удачно модифицированный Б. Галеркиным) связан с вариационным исчислением и сводится к отысканию максимума или минимума некого интеграла, к-рый представляет сумму работ сил инерции и приращения потенциальной энергии системы на бесконечно малом возможном перемещении, т. е.

$$\delta A + \delta V = 0. \quad (51)$$

в) Вместо ур-ий (47) в технич. вопросах пользуются ур-иями динамики в форме Лагранжа. Вид этого ур-ия для изучаемых вопросов:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial A}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial A}{\partial \varphi} + \frac{\partial V}{\partial \varphi} = \Phi, \quad (52)$$

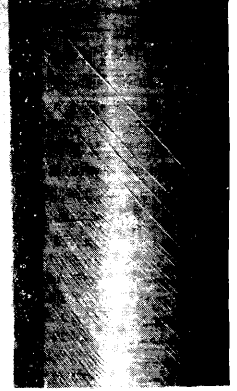
где φ —обобщенная координата перемещений, Φ —то же внешних сил, остальные обозначения даются в соответствии со всеми предыдущими.



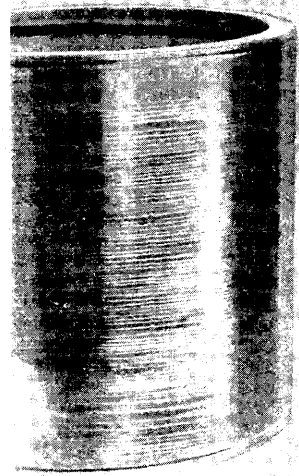
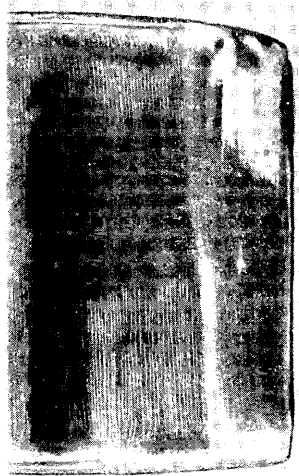
1



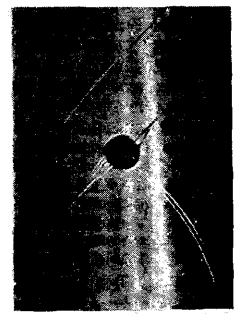
2



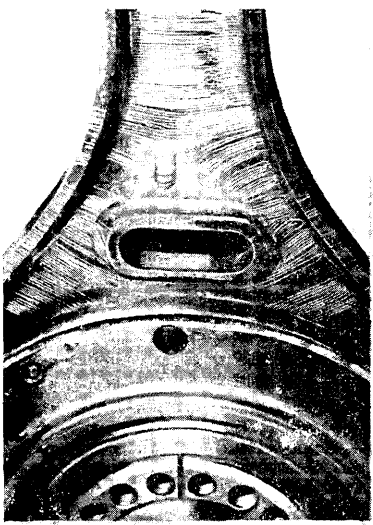
3



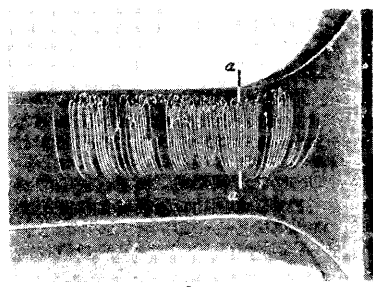
5



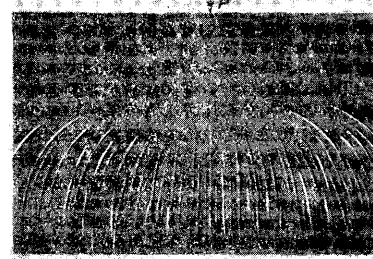
7



8



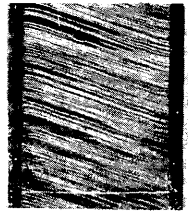
9



10

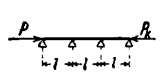
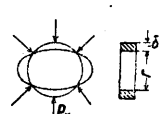


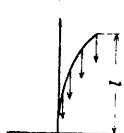
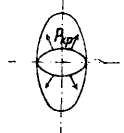
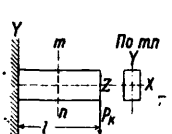
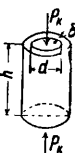
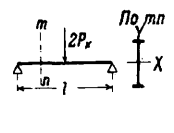
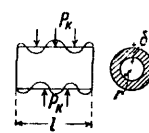


11



12

Табл. 5.—Критические нагрузки для неустойчивых форм деформации.

№	Вид нагрузки и формы тела	Критич. значение нагрузки	№	Вид нагрузки и формы тела	Критич. значение нагрузки
1	Многопролетный стержень 	$\frac{m^2 EI_{min} \pi^2}{l^2}$ m — число пролетов	6	 $I_{min} = \frac{\delta^3}{12}$	$p_k = \frac{3EI_{min}}{r^3}$
2	Стержень переменного сечения с жесткостью по кубич. закону 	$\frac{1.88 EI_{min}}{l^2}$, если $\frac{I'}{I} = 0,4$	7	Неустойчивая форма 	$M_{з.кр.} = 2EI_z \sqrt{\frac{\pi^2}{l^2} - \frac{P}{EI_z}}$
3	Стержень с равномерно распределенной нагрузкой 	$\frac{EI\pi^2}{4l^2} - 0,3ql$	8	 См. деформ. вид на фиг. 14а (складка неустойчивости, вызванная внутр. критич. давлением)	$p_k = 1,25 \frac{E\delta^3}{r^2} \cdot \left(\frac{1}{2 - \frac{r}{\rho}} \right)$, где ρ — наим. радиус, r — радиус эвлятора, δ — толщина
4		$\frac{4,013}{l^2} \sqrt{EI_{min} C}$	9	 См. деформ. вид на фиг. 14б	Форма неустойчивости сжатой трубы в виде полигона с числом сторон $n = 0,57 \sqrt{\frac{2r}{\gamma}}$ при нагрузке $p_k \cong 4E\delta^2$
5		$\frac{\kappa \sqrt{EI_{min} C}}{8l^2}$, где κ — функция $\left(\frac{l^2 2C}{Dh^2} \right)$ и D — жесткость полки при изгибе, равная $\frac{1}{3} EI_{min}$	10		$p_k = \frac{E\delta}{r(n^2 - 1)N^2} + \frac{EI_z}{r^3}$ $\left[n^2 - 1 - \frac{2n^2 - 1 - \mu}{N} \right]$ $N = 1 + \left(\frac{nl}{\pi r} \right)^2$, где n — число волн

C — жесткость при кручении, μ — коэф. Пуассона (см. Кручение).

Для V в случае малых деформаций принимают выражение Клапейрона-Томсона

$$V = \frac{1}{2} a_{11} \varphi^2 + \frac{1}{2} a_{22} \psi^2 + \frac{1}{2} a_{33} \theta^2 + a_{12} \varphi \psi + a_{13} \varphi \theta + \dots \quad (53)$$

(называемое выражением упругого потенциала); также для A :

$$A = \frac{1}{2} b_{11} \varphi'^2 + \frac{1}{2} b_{22} \psi'^2 + \frac{1}{2} b_{33} \theta'^2 + b_{12} \varphi' \psi' + b_{13} \varphi' \theta' + \dots, \quad (54)$$

где $a_{11}, a_{22}, \dots, b_{11}, b_{22}, \dots$ обозначают упругие константы материала. По ур-ию (52) можно составить систему линейных ур-ий с постоянными коэф-тами. Надлежащим выбором координат обычно устраняют члены, зависящие от их произведения (53) и (54), и получают линейные уравнения в нормальных или главных координатах в следующем виде:

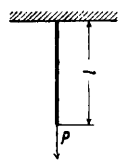
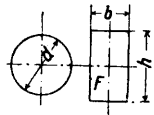
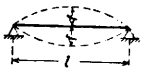
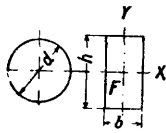
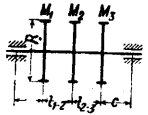

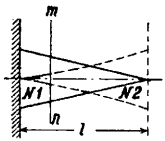
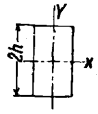
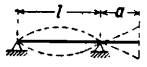
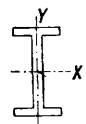
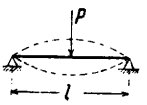
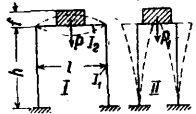
$$\left. \begin{aligned} b_1 \varphi_1' + a_1 \varphi_1 &= \Phi_1 \\ b_2 \varphi_2' + a_2 \varphi_2 &= \Phi_2 \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \quad (55)$$

Каждое ур-ие представляет простое гармонич. колебание в зависимости от одной из главных координат; наложение их друг на друга характеризует колебания системы с числом n степеней свободы. Колебание с самым длинным периодом называется основным (также низким). Решение задачи сводится почти всегда к нахождению периода или частоты основного колебания. Выражения для нормальных координат Релею выбирают в виде тригонометрич. строк с таким расчетом, чтобы были удовлетворены пограничные условия, чаще в виде суммы или произведения \sin -ов и \cos -ов. При $\Phi_1 = \Phi_2 = \dots = 0$ колебания свободные, при $\Phi_1 \neq 0, \Phi_2 \neq 0, \dots$ — вынужденные. Общее решение ур-ий

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= c_1 \cos(p_1 t + a_1) \\ \varphi_2 &= c_2 \cos(p_2 t + a_2) \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \right\}, \quad (56)$$

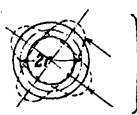
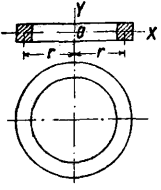
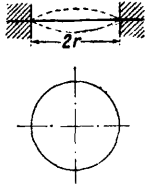
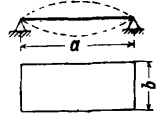
где p_1, p_2, \dots — частоты колебаний, a — фазовый угол. Для мембраны (табл. 6, № 10) например

Табл. 6. — Частоты колебаний.

№	Действие сил и схема	Форма сечения и размеры	Круговая частота колебаний
1	<p>Растяжимый стержень под действием груза и собственного веса</p> 		<p>при растяжении</p> $\sqrt{\frac{EFg}{l(P + \frac{1}{3}\gamma lF)}}$ <p>где γ — уд. вес</p>
2	<p>Балка на изгиб под действием собственного веса</p> 		<p>при изгибе</p> $\frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI_x g}{\gamma F}}$
3	<p>Скручиваемый вал</p> 	 $I_0 = \frac{\pi d^4}{32}$ $M_1 R_1^2 = m_1 r^2$ <p>и т. д.</p>	<p>при кручении *</p>
4	<p>Изгибаемый клин под действием собственного веса</p> 		<p>при изгибе</p> $5,315 \frac{h}{l^2} \sqrt{\frac{Eg}{3\gamma}}$
5	<p>Консольная балка под действием собственного веса</p> 	 <p>Постоянное сечение с площадью F</p>	<p>при изгибе</p> $k^2 \sqrt{\frac{EI_x g}{\gamma F}}$ <p>где $kl = 1,5 - \pi$, для $\frac{a}{l} = 1 \div 0$</p>
6	<p>Балка под действием груза и собственного веса</p> 	<p>Постоянное сечение с площадью F</p>	<p>при изгибе</p> $\frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{\beta E I_x g}{F \gamma}}$ <p>где $\beta = 30 \div 100$, для $\frac{P}{\gamma F l} = 1 \div 0$</p>
7	<p>Рама под действием груза и собственного веса</p> 	<p>Моменты инерции: балок — I_2 стоек — I_1</p>	<p>при изгибе</p> $\frac{31,4}{\sqrt{I}}$ <p>где для I $f = \frac{P_1^3}{48 E I_2} \left[1 - \frac{1,5}{2+n} \right]$, где $n = \frac{h}{l} \cdot \frac{I_1}{I_2}$; для II $f \cong \frac{P_1}{4} \cdot \frac{h^3}{E I_1}$, где P_1 = вес ригеля + реакция веса долевых балок</p>

* $\sqrt{\frac{I_0 G}{2r^2 m_2 l_{1-2}}} \cdot \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1} + \frac{m_2 + m_3}{m_3} \cdot \frac{l_{1-2}}{l_{2-3}}} \pm \sqrt{\left(\frac{m_1 + m_3}{m_1} - \frac{m_2 + m_3}{m_3} \cdot \frac{l_{1-2}}{l_{2-3}} \right)^2 + 4 \frac{l_{1-2}}{l_{2-3}}}$

Табл. 6. — Частоты колебаний. (Продолжение).

№	Действие сил и схема	Форма сечения и размеры	Круговая частота колебаний
8	Тонкостенная труба под действием собств. веса  Радиальные колебания	Постоянное сечение	при растяжении $\sqrt{\frac{Eg}{\gamma r^2}},$ где γ — уд. вес
9	Кольцо под действием собственного веса 	То же	при кручении $\sqrt{\frac{EgI_x}{\gamma r^2 I_0}},$ где I_x — момент инерции сечения относительно оси X ; I_0 — полярный момент инерции того же сечения
10	Круговая мембрана под действием собственного веса 	То же	$\frac{2,404}{r} \sqrt{\frac{gS}{q}},$ где S — натяжение мембраны; q — вес единицы площади
11	Пластина под действием собственного веса 	a, b — размеры свободной пластины	при изгибе $\pi^2 \sqrt{\frac{gD}{\gamma h}} \cdot \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right),$ $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)},$ где h — толщина пластины, μ — коэф. Пуассона

потенциальная энергия при малых деформациях φ по направлению оси Z

$$V = \frac{S}{2} \int_0^a \int_0^b \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)^2 \right\} dx dy, \quad (57)$$

где S — натяжение, одинаковое во всех точках при начале колебаний. Кинетич. энергия мембраны

$$A = \frac{q}{2g} \int_0^a \int_0^b \left(\frac{\partial \varphi}{\partial t} \right)^2 dx dy, \quad (58)$$

причем q — вес единицы площади мембраны. Принимаем зависимость между φ и t, x, y в следующем виде:

$$\varphi = \sum_{m=1}^{m=\infty} \sum_{n=1}^{n=\infty} f(t) \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad (59)$$

где a и b — размеры прямоугольной мембраны. Дифференцируя (59) и подставляя в (57) и (58), разрешая интегралы подстановкой в (52)

при $\Phi = 0$ (свободные колебания), получим какое угодно число ур-ий типа:

$$\frac{q}{g} \frac{ab}{4} f_{mn}''(t) + S \frac{ab\pi^2}{4} \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) f_{mn}(t) = 0. \quad (60)$$

Для $m = n = 1$ имеем:

$$f''(t) + \frac{S\pi^2 g}{q} \frac{a^2 + b^2}{a^2 b^2} f(t) = 0, \quad (61)$$

откуда круговая частота p_0 основных колебаний:

$$p_0 = \pi \sqrt{\frac{gS}{q} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)}. \quad (62)$$

Подстановкой других значений m и n будем иметь частоты 2, 3, ... порядка. Разрешены таким путем задачи о продольных колебаниях стержней постоянного и переменного сечений, также о поперечных колебаниях при различных способах закрепления; рассмотрены колебания колец, мембран, дисков и различных оболочек. Сделаны попытки определить величину напряжений при колебаниях Лером (Lehr). Все же в технических расчетах делают проверку только на частоту колебаний. В табл. 6 приведены частоты колебаний для различных случаев. С теорией колебаний тесно связано

явление упругого удара. Кроме элементарных решений об ударе твердых и вполне упругих тел (см. Удар) существует теория долевого удара цилиндров Ф. Неймана. Последняя построена на общих уравнениях теории упругости и сводится к решению известного ур-ия волны (в цилиндрич. координатах):

$$\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \quad (63)$$

Здесь W —функция x и t (не радиуса) и означает перемещение по оси цилиндра, c —скорость звука,

равная $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ для данного материала (E —модуль Юнга, ρ —удельная масса). Напряжения в цилиндре определяются по ур-иям:

$$\sigma_x = E \frac{\partial W}{\partial x}, \quad \tau_{xy} = 0 \text{ (касательное напряжение)}. \quad (64)$$

Интеграл ур-ия дан Кирхгофом в виде:

$$W = f(x + ct) + \varphi(x - ct), \quad (65)$$

где f и φ —произвольные ф-ии. Д. б. приняты во внимание граничные условия. Для двух цилиндров, длины к-рых l_1 и l_2 , при начале удара имеют место следующие соотношения:

$$t = 0: \quad \frac{\partial W}{\partial t} = [f'(x) - \varphi'(x)]c = v_1 \text{ (для } 0 < x < l_1), \quad (66)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = [f'(x) - \varphi'(x)]c = v_2 \text{ (для } l_1 < x < l_1 + l_2 = 2l),$$

причем $v_1 > v_2$. Удлинения в начале еще нет, поэтому д. б. соблюдены соотношения:

$$\frac{\partial W}{\partial x} = f'(x) + \varphi'(x) = 0 \quad (67)$$

для $0 < x < l_1 + l_2 = 2l$.

Если концы свободны от напряжений, то

$$\sigma_x = E \frac{\partial W}{\partial x} = 0 \quad (68)$$

для $x = 0$ и $x = 2l$ и всех значений t . Вследствие непрерывности для обоих цилиндров в момент соприкасания

$$W_1 = W_2, \quad \left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_1 = \left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_2 \quad (69)$$

также для всех значений t . Таким образом заключаем из (66) и (67):

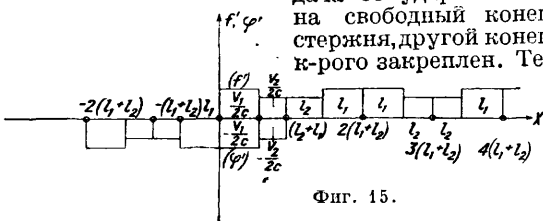
$$\left. \begin{aligned} \text{а) } f'(x) &= \frac{v_1}{2c} \\ \text{б) } \varphi'(x) &= -\frac{v_1}{2c} \end{aligned} \right\} \text{ для } 0 < x < l;$$

$$\left. \begin{aligned} \text{а) } f'(x) &= \frac{v_2}{2c} \\ \text{б) } \varphi'(x) &= -\frac{v_2}{2c} \end{aligned} \right\} \text{ для } l_1 < x < 2l;$$

и из (68):

$$\begin{aligned} \text{а) } f'(ct) + \varphi'(-ct) &= 0, \\ \text{б) } f'(2l + ct) + \varphi'(2l - ct) &= 0. \end{aligned}$$

На фиг. 15 представлено протекание удара по этой теории. Подобным образом разрешена задача об ударе массы на свободный конец стержня, другой конец к-рого закреплен. Те:



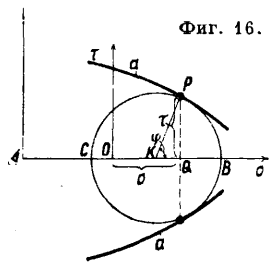
Фиг. 15.

ория удара Герпа основана на учении того же автора о деформациях при нажатии упругих тел и допущении, что в месте соприкасания тел деформации имеют только упругий характер,

хотя время взаимного касания достаточно для развития заметной деформации. По теории Неймана и Сен-Венана, наоборот, время взаимного касания очень коротко по сравнению с периодом упругой волны. Опыт точно не соответствует ни той ни другой теории. Были сделаны попытки добиться согласования путем введения в расчет свойств промежуточного слоя между ударяемыми телами, но они не дали положительных результатов.

Теория деформаций анизотропного тела. Теория деформаций изотропного тела потребовала только двух констант (коэффициента Лямэ). Анизотропное тело, упругие свойства которого по всем направлениям различны, не м. б. охарактеризовано только двумя постоянными. Пуассон и Коши одновременно указали для анизотропного тела 36 постоянных, из к-рых каждое указывает на то или другое качество тела. Вследствие существования упругого потенциала (53), доказанного В. Томсоном, количество постоянных сокращено до 21. Для нек-рых кристаллич. систем это число м. б. еще уменьшено, но не ниже 3. Закон Гука для анизотропного тела или постулируется или м. б. выведен из теории кристаллич. решеток (Борн). Рассмотрено состояние анизотропных тел под всесторонним давлением, при простых растяжении и сжатии, также изгибе и кручении. В технич. вопросах теория анизотропных тел занимает еще малое место, несмотря на то что металлы, железобетон и другие материалы большей частью анизотропны. Губер вывел уравнение состояния ортогонально-анизотропной пластины, Штейрман распространил теорию изгиба симметрично расположенных и нагруженных оболочек (Лове-Мейснер) на случай анизотропных стенок.

Теория пластических деформаций включает математическое описание напряжений и сопутствующих явлений в случае остаточных деформаций и прилагается к металлам с кристаллической структурой и материалам пористым, подобным песку и земле. До предела текучести металл подчиняется закону Гука, при наступлении предела текучести деформации приобретают особый характер—они в нек-рой части остаются после снятия нагрузки. Эти пластич. деформации настолько значительны, что упругой частью их можно пренебречь (теории Прандтля, Надаи и др.). Рейс (Reuss) дал решение и для того случая, когда в пластич. состоянии

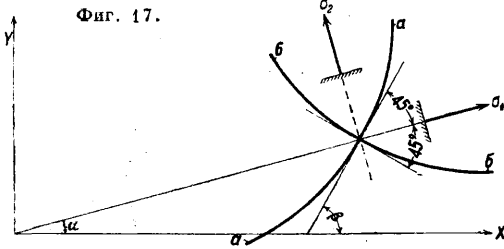


Фиг. 16.

явлении упругая и пластич. части деформации—величины одного порядка. Основная задача теории пластич. деформаций—выяснить механизм и причину разрушения упругих тел и законы протекания пластич. деформации, к-рая тесно связана с технологич. операциями (пробивание, волочение, резание и другие механич. операции). Пластич. деформация зависит от скорости, с к-рой происходит это явление. Однако в теории пластич. деформаций влияние скорости не учитывают. Для изучения пластич. деформации применяют общие ур-ия упругости и дополнительное условие пластичности. Последнее было предложено Треска (Tresca) и Сен-Венаном и обобщено Мором в форме:

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2 = 4\tau_0^2. \quad (70)$$

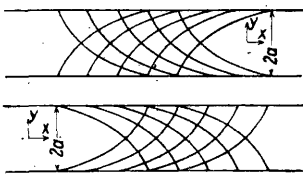
График, изображение условия пластичности представлено на фиг. 16. Если AB равно σ_x , $AC = \sigma_y$, $PQ = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cdot \sin 2\varphi$, т. е. указывает величину касательного напряжения в площади под углом φ к оси X . Наибольшее касательное



напряжение для данных нормальных оказывается под углом $2\varphi = 90^\circ$ и равно

$$\tau_{xy \max} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$$

т. е. радиусу круга Мора. Изменяя σ_x и σ_y между их наименьшим и наибольшим значениями для данного металла, получим ряд кругов, огибающие к-рых a являются граничными кривыми Мора. Точка касания с окружностью Мора



Фиг. 17а.

характеризует состояние тела: длина ординаты измеряет касательное напряжение при пределе текучести, угол нормали, проведенной в точке касания с осью абсцисс, является половиной угла между плоскостями скольжения. Если деформация сложная и существуют одновременно в данной точке нормальные напряжения σ_x и σ_y и касательное τ_{xy} , наибольшее напряжение в такой точке равно

$$\tau = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (71)$$

По теории Мора нек-рая величина этого напряжения определяет начало пластич. деформаций и разрушения от сдвига, отсюда и условие пластичности в виде ур-ия (70). Условия равновесия вполне пластичной массы на границе течения согласно (18)—(20) будут:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (72)$$

к к-рым добавляется условие (71). Полагаем (по Надаи):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \tau_0 \cos 2\alpha + \sigma_0 \\ \sigma_y &= \sigma_0 - \tau_0 \cdot \cos 2\alpha \\ \tau_{xy} &= \tau_0 \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (73)$$

где

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{x_0} + \sigma_{y_0}}{2} \quad \text{и} \quad \tau_0 = \frac{\sigma_{x_0} - \sigma_{y_0}}{2}$$

причем σ_0 —среднее значение нормального напряжения. τ_0 —наибольшее касательное. На фиг. 17 изображены направления напряжений (σ_1 —главное направление удлинения, a и b —первое и второе главные направления сдвига). Исключая из ур-ий (72) и (73) σ_x и σ_y , приходим к ур-ию:

$$\pm 2 \frac{\partial^2 \sqrt{\tau_0^2 - \tau_{xy}^2}}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \tau_{xy}}{\partial y^2} \quad (74)$$

Решение его в случае, когда $\tau_{xy} = f(y)$, дает:

$$\left. \begin{aligned} x &= C + \frac{\tau_0 x}{a} \pm 2\tau_0 \sqrt{1 - \frac{y^2}{a^2}} \\ \sigma_y &= C + \frac{\tau_0 x}{a} \\ \tau_{xy} &= -\frac{\tau_0 y}{a} \end{aligned} \right\} \quad (75)$$

Здесь C и a —постоянные интегрирования. Дифференциальные ур-ия линий скольжения будут (фиг. 17)

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \beta, \quad \frac{dy}{dx} = -\operatorname{ctg} \beta \quad (76)$$

Заменяя β -ий угла β через напряжения, получим ур-ия линий скольжения:

$$\left. \begin{aligned} \text{Семейство I} \quad & \left\{ \begin{aligned} x &= -a(2\beta + \sin 2\beta) + \text{Const} \\ y &= a \cdot \cos 2\beta \end{aligned} \right. \\ \text{Семейство II} \quad & \left\{ \begin{aligned} x &= a(2\beta - \sin 2\beta) + \text{Const} \\ y &= a \cos 2\beta \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \quad (77)$$

Т. о. линии скольжения между двумя параллельными плоскостями, подвергнутыми сжатию (фиг. 17а, холодная ковка), представляют полупиклоиды. Решение того же ур-ия (72) для случая толстостенной трубы представляется в следующем виде:

нормальное радиальное напряжение:

$$\sigma_r = \pm 2\tau_0 \ln \frac{a}{r} \quad (78')$$

нормальное тангенциальное напряжение:

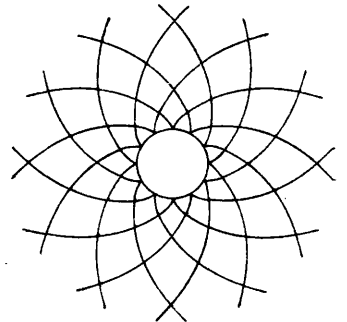
$$\sigma_\tau = \pm 2\tau_0 \left(1 - \ln \frac{a}{r}\right) \quad (78'')$$

касательное напряжение:

$$\tau = 0 \quad (78''')$$

Здесь r —радиус пробойника, a —постоянная, (+) для наружного давления, (−) для внутреннего. Линии скольжения—две системы логарифмич. спиралей, направленных к-рых взаимно перпендикулярны. На фиг. 18 изображены действительные кривые, к-рые получены травлением

железного листа после вдавливания цилиндрического пробойника. Прандтль получил ур-ия линий скольжения для ряда плоских задач, выбирая в качестве обертки линий скольжения простые, но применяемые в технологии кривые



Фиг. 18.

(две параллельные линии—тупое лезвие, две пересекающиеся—острое лезвие). Теорию больших пластич. деформаций дал Генки (Hencky). Последний для своей теории принял металл за несжимаемую вязкую жидкость, вполне однородную. к-рая под большим давлением медленно течет и изменяется при постоянной t° . Ур-ия Генки по структуре подобны основным ур-иям теории упругости, но содержат вдвое большее число неизвестных. Вторая половина этого числа неизвестных характеризует металл в пластич. состоянии как вязкую жидкость. Напряжения для пластич. части металла построены по закону пропорциональности в форме:

$$\left. \begin{aligned} \tau_x &= 2k \cdot \epsilon_x \\ \tau_{xy} &= k \cdot \gamma_{xy} \end{aligned} \right\} \quad (79)$$

где k —коэф. внутреннего трения металла и величина постоянная при изотермич. процессе, ϵ_x, γ_{xy} —деформации растяжения и сдвига, τ_x, τ_{xy} —нормальное и касательное пластич. напряжения. А priori принято, что вектор деформаций коаксиален с вектором напряжений упругих и пластических. Отсюда

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x - \epsilon_y &= \frac{1}{2\lambda} (\sigma_x - \sigma_y) \\ \gamma_{xy} &= \frac{1}{\lambda} \tau_{xy} \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

Здесь $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ —напряжения упругие; коэф. пропорциональности λ определяется из урия пластичности. Условие пластичности по Мизесу (Mises) принято в таком виде:

$$[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2] + 6[\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2] = 2\tau_0^2, \quad (81)$$

причем $2\tau_0$ —предельное касательное напряжение при одноосной деформации. Генки применил свою теорию к определению напряжений при прокатке и волочении и расхода энергии при этих процессах, а также указал закон изменения поперечного сечения в пластич. области растягиваемого бруска в зависимости от свойств материала. Вид последней зависимости:

$$\frac{F}{F_0} = \left(\frac{\sigma_0}{2\tau_0} - 1 \right) (m - e^{\beta t}), \quad (82)$$

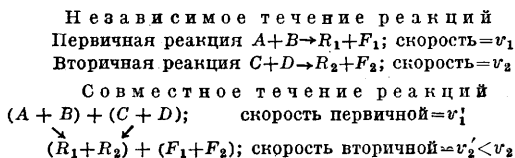
где F и F_0 —переменная и начальная площади сечения, σ_0, m, β —постоянные, значения к-рых д. б. особо найдены для каждого металла, t —время. Эта зависимость м. б. проверена опытом.

Лит.: Бобарыков И., Сопротивление материалов, М., 1925; Проскурков Л., Строительная механика, ч. 1, 7 изд., М.—Л., 1928; Тимошенко С., Курс статики сооружений, ч. 1, Л., 1926; Прокофьев И., Теория инженерных сооружений, ч. 1—2, М., 1928; Штейнман, Теория анизотропных оболочек, Изв. Киевского политехнич. ин-та, Киев, 1924; Timoshenko S., Vibration Problems in Engineering, New York, 1928; Navier L., Résumé des leçons données à l'École des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines, Paris, 1833; Clebsch A., Théorie de l'élasticité de corps solides, P., 1883; Castigliano A., Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications, Turin, 1879; Love A. E., A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity, v. 1—2, Cambridge, 1926; Mises R. u. Frank P., Die Differential- u. Integralgleichungen d. Mechanik u. Physik, 7 Aufl., Brschw., 1925—27; Southwell R. V., On the General Theory of Elastic Stability, «Philosophical Transactions», 1914; Rayleigh, The Theory of Sound, L., 2 ed., v. 1—2, 1926; Hertz W., Technische Schwingungslehre, 2 Aufl., B., 1922; Neumann F., Vorlesungen über die Theory d. Elastizität, p. 179, Lpz., 1885; S.-Veinant, Mém. des savants étrangers, P., 1886; Nadai A., Der bildsame Zustand d. Werkstoffe, B., 1927; Reith, Einige Prinzipien d. theoretischen mechanischen Technologie d. Metalle, 1924; Bach C. u. Baumann R., Elastizität u. Festigkeit, 9 Aufl., B., 1924; Föpl A., Vorlesungen über technische Mechanik, B. 3, 10 Aufl., B.—Mch., 1927, B. 5, 4 Aufl., 1922; Todhunter L., A History of the Theory of Elasticity, v. 1—2, Cambridge, 1886—93; «Ztschr. f. angew. Mathematik u. Mechanik», B., 1920—30. С. Лебедев.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ, см. *Электрическое сопротивление*.

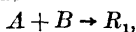
СОПРЯЖЕННЫЕ РЕАКЦИИ относятся к области явлений, получившей общее название химической индукции (термин, впервые введенный Кесслером). Под химической индукцией понимают способность какой-либо самопроизвольно идущей реакции оказывать ускоряющее влияние на другую, медленно или вовсе не идущую реакцию при совместном протекании этих реакций в одной среде. Подобная пара реакций называется сопряженными, или индуктивными, реакциями; сама собой идущая (индуцирующая) реакция называется первичной; реакция, испытывающая ускорение под влиянием этого первичного про-

цесса (индуцируемая),—вторичной. Однако такая обычно встречающаяся формулировка страдает неясностью, недостаточно строго отделяя явление химич. индукции от физич. явлений вторичного характера, часто сопровождающих химические превращения; некоторые из этих физич. явлений (повышение t° при процессах горения и взрывах, изменение среднего электр. потенциала ионных растворов при реакциях, сопровождающихся резким изменением валентности, изменение диэлектрич. постоянной среды, явления хемилюминесценции, ионизации и пр.) могут приводить к весьма резким эффектам, иногда довольно точно имитирующим явления химич. индукции. К числу подобных имитаций следует отнести напр. реакцию образования окиси азота при горении смеси воздуха с окисью углерода и водородом, к-рую ошибочно причисляли к случаям сопряженного окисления. К числу истинных С. р. следует относить только те явления, при к-рых изменение скорости или состояния равновесия вторичной реакции не находится в количественном соответствии с наблюдающимся изменением статистич. параметров системы, как то: средней квадратичной скорости молекул (т. е. t°), средней величины поляризации молекул (т. е. диэлектрич. постоянной), средней плотности излучения и т. п.; кроме того должно выполняться условие, чтобы индуцирующее действие вполне прекращалось с окончанием первичной реакции. Общий случай химич. индукции м. б. изображен в виде следующей схемы:

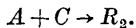


F_1 и F_2 —изменения свободной энергии при первичной и вторичной реакциях. Термодинамически необходимо условие $F_1 > 0$. Наоборот, F_2 м. б. и положительным и отрицательным, соответственно чему все С. р. могут быть разделены на два класса: I класс— $F_2 > 0$, когда индуцирующее влияние первого процесса сказывается только на скорости достижения равновесия вторичной реакции; II класс— $F_2 < 0$, когда вторичная реакция частично усваивает свободную энергию первичной реакции и смещает свое состояние равновесия относительно того, к-рое задается параметрами системы (t° , давлением и пр.). До сих пор с достоверностью не найдено ни одной пары чисто химич. С. р., к-рые протекали бы по написанной общей схеме. Можно впрочем указать ряд случаев сопряжения хим. и физич. процессов, подпадающих под эту схему, напр. появление электронной эмиссии при превращении активного азота в нормальную форму на металлич. поверхности; первичный $N_{акт.} \rightarrow N_{норм.}$; вторичный: $Me \rightarrow Me^+ + \ominus$; сюда же, с известной оговоркой, можно отнести случаи сенсibilизированной диссоциации, например $Hg' \rightarrow Hg$ (первичный) или $Xe' \rightarrow Xe$ (первичный) и $H_2 \rightarrow 2H$ (вторичный). Типичная химич. индукция известна в более частной форме, именно когда один из компонентов сопряженного процесса является общим для первичной и вторичной реакций (напр. $A=C$). Применительно к этому типичному случаю химич. индукции была установлена номенклатура [1]: компонент A , общий для обоих процессов, на-

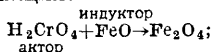
зывается а к т о р о м; два других компонента называются: первичного процесса—и н д у к т о р о м (B) и вторичного—а к ц е п т о р о м (C).
Первичная реакция



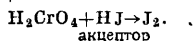
вторичная реакция



Большинство известных С. р. принадлежит к типу окислительно-восстановительных процессов. Таковы напр. [2]: совместное окисление HJ и закиси железа (в качестве индуктора) хромовой к-той; совместное окисление As_2O_3 и SO_2 (в качестве индуктора) бромной к-той; совместное окисление индиги и бензальдегида (в качестве индуктора) кислородом воздуха; образование озона при окислении фосфора (в качестве индуктора) кислородом; образование H_2O_2 при окислении нек-рых металлов (цинка, амальгамы свинца в качестве индукторов) влажным кислородом; сопряженное окисление сернистого газа кислородом и озоном (в качестве индуктора) [3] [реакция небезынтересна с технич. стороны—на 1 моль O_3 реагирует до 6 молей O_2 ; весьма вероятно существование цепей (см. ниже)]; аналогичные реакции сопряженного окисления ряда органич. веществ [4] и т. д. Способность вещества быть актором, индуктором или акцептором зависит не только от его природы, но и от характера сопряженного процесса. В подавляющем большинстве случаев сопряженного окисления окислитель играет роль актора, а восстановитель—роль индуктора или акцептора, напр. первичная реакция:

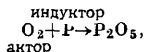


вторичная реакция:

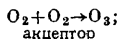


Однако возможны самые различные перестановки этих ролей, напр.:

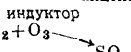
первичная



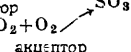
вторичная



первичная



вторичная



Здесь роль актора играет восстановитель SO_2 , а роли акцептора и индуктора—окислители (O_2 и O_3).

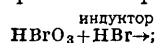
Механизм химич. индукции повидимому всегда сводится к возникновению нек-рых промежуточных соединений актора, индуктора или акцептора, с помощью к-рых акцептор и вовлекается в реакцию, напр. при сопряженном окислении мышьяковистой (индуктор) и винной к-ты (акцептор) хромовой к-той (актор), таковым соединением является комплекс из индуктора и актора: As_2O_3 и $C_4H_6O_6$, аналогичный вротному камню; образуя этот комплекс, винная к-та т. о. приобретает способность к одновременному окислению с мышьяковистой к-той. При сопряженном окислении HJ и FeO (индуктор) хромовой к-той промежуточным соединением является высший окисел железа Fe_2O_5 , возникающий в результате промежуточной реакции между индуктором и актором и в следующем акте индуктивного процесса окисляющий HJ, к-рый непосредственно хромовой к-той

в условиях реакции не окисляется. Чаще всего при окислительных С. р. промежуточное соединение представляет ту или иную степень окисления индуктора или актора. При С. р. II класса окислительный потенциал такой промежуточной окиси очевидно должен лежать выше, чем у актора; напр. в случае образования озона термодинамически необходимо, чтобы промежуточный окисел фосфора обладал окислительным потенциалом минимум на 0,74V выше, чем у газообразного кислорода. Существование переменный кислородной валентности у многих элементов, а также большая химич. активность кислорода в окисях и перекисях объясняют тот факт, что подавляющее большинство С. р. имеет место именно при процессах окисления. Одной из существеннейших характеристик всякого сопряженного процесса является величина фактора индукции I , показывающая распределение актора между первичным и вторичным процессами и численно равная отношению количества прореагировавшего акцептора $\Delta C_{акц.}$ к затраченному при этом количеству индуктора $\Delta C_{инд.}$:

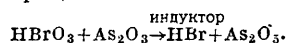
$$I = \frac{\Delta C_{акц.}}{\Delta C_{инд.}}$$

Для нормальных случаев индукции величина I непрерывно растет с увеличением концентрации акцептора, стремясь к нек-рому рациональному значению (1, 2, 3), отражающему стехиометрию промежуточной реакции.

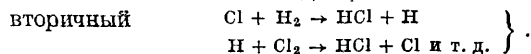
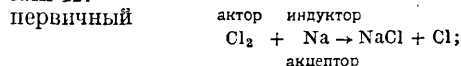
Кроме этого нормального типа сопряженных процессов существуют еще два более сложных вида химич. индукции. Первый вид—сам о и н д у к т и в н ы е р е а к ц и и, когда в результате вторичного процесса образуется молекула индуктора, напр. первичный процесс:



вторичный процесс:



В этом случае величина I имеет отрицательный знак (т. к. $\Delta C_{инд.} > 0$, а $\Delta C_{акц.} < 0$) и безгранично растет с увеличением концентрации акцептора. Ко второму виду относятся цепные и индуктивные реакции [5], при к-рых первичная реакция образует только первое звено (зародыш) цепи, вовлекающей дальше в реакцию, уже без участия индуктора, сотни и тысячи молекул акцептора. Примером цепного сопряженного процесса может служить образование HCl из H_2 и Cl_2 в присутствии паров Na или K:



Фактор индукции (или, что то же самое, длина цепи) при таких реакциях очень велик (порядка 10^2 — 10^4) и не имеет устойчивого значения, т. к. зависит от целого ряда условий (давления, посторонних примесей и пр.).

Явления химич. индукции самым тесным образом примыкают к явлениям катализа: известен даже целый ряд С. р., к-рые после нек-рого индуктивного периода переходят в чисто каталитич. процесс, сохраняя на обеих стадиях почти один и тот же внутрений механизм [1]. Существует точка зрения, которая не разделяя в принципе эти два явления, рассматривает катализ как частный случай индукции. Роль

катализатора и индуктора несомненно совпадает в той основной части, что и тот и другой выполняют общую функцию—снижают энергию активации вторичной реакции (что увеличивает ее скорость). Катализатор можно определить как индуктор особого вида, не изменяющий своей концентрации в процессе индукции, т. е. испытывающий строго обратимые и вполне замкнутые циклы превращений; очевидно, что фактор индукции такого процесса равен бесконечности при всех концентрациях акцептора (т. е. $\Delta C_{инд.} = 0$). Однако индуктор м. б. заменен катализатором только в тех случаях, где вторичный процесс экзотермичен, напр. при окислении $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, H_2 и т. п. При С. р. II класса, где индуктирующий процесс является источником свободной энергии, он м. б. заменен только каким-либо другим источником энергии; напр. энергия горения фосфора, делающая возможным образование озона, м. б. заменена энергией ультрафиолетового света, энергией безэлектродного разряда, энергией кислородного перенапряжения [6] и т. д. К случаям такой энергетич. индукции безусловно нельзя относить реакции, где передача свободной энергии от одного процесса к другому осуществляется в виде тепла, путем поднятия t° . Повидимому именно к таким случаям и принадлежит одновременное окисление азота и CO [7] при горении смесей окиси углерода с воздухом (аналогичная реакция наблюдается также в двигателях внутреннего сгорания), а также реакция образования NO и NH_3 при горении смеси водорода с воздухом [8] (см. выше). Фактор индукции для этих «псевдо-сопряженных» процессов очень мал (например $\frac{\Delta \text{NO}}{\Delta \text{CO}_2} = 0,01$; $\frac{\Delta \text{NO}}{\Delta \text{H}_2\text{O}} = 0,024$), причем концентрация NO даже не достигает равновесных значений, соответствующих t° пламени. Т. о. по величине фактора индукции все С. р. могут быть разбиты на следующие группы. 1) Нормальные С. р., сопровождающиеся уменьшением концентрации индуктора: $\lim I = n$ ($n = 1, 2, 3$). 2) Самоиндуктивные С. р., сопровождаемые возрастанием концентрации индуктора с развитием реакции: $\lim I = -\infty$. 3) Цепные С. р., сопровождающиеся уменьшением концентрации индуктора, несомненно меньшим, чем соответствующее уменьшение концентрации акцептора: $I \gg 1$ и не имеет устойчивого значения. 4) Каталитические С. р., не сопровождающиеся никаким изменением концентрации индуктора: $I = \infty$. Следует указать, что явления химич. индукции несмотря на внешнее их своеобразие не отличаются какой-либо особой внутренней специфичностью сравнительно с прочими типами химич. превращений и должны рассматриваться вместе со всей химич. кинетикой как часть более широкой области—атомной и молекулярной механики и гл. обр. учения о передаче энергии в молекулярных системах.

Лит.: 1) Шидлов Н., Сопряженные реакции окисления, М., 1905; 2) Skraabel A., Die induzierten Reaktionen, ihre Geschichte u. Theorie, Sammlung chemischer u. chemisch-technischer Vorträge, hrsg. v. W. Herz, B. 13, H. 10, Stz., 1908; 3) Briner E., Nicolet u. Poillard, «Chem. Abstr.», 1931, v. 25, p. 4483; 4) Luther, «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1900, B. 34, p. 488; 1901, B. 36, p. 385; 5) Polanyi, «Ztschr. f. Elektrochem.», 1927; 6) Fischer T., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1907; 7) Haber u. Coutes, ibid., 1909, H. 69, p. 307; 8) Wolokitin, «Ztschr. f. Elektrochem.», 1910, p. 314.—Tomina, ibid., 1924, V. 30, p. 528. Н. Нобозев.

СОРОЧКА, хл.-бум. или льняная ткань полотняного переплетения, вырабатываемая различной добротности, ширины 82—125 см при длине куска до 40 м. Грубые сорта С. вырабаты-

вают из основы № 14—16 и утка № 10—14 при точной плотности до 20 нитей на 1 см. Отбеленная С. употребляется для грубого белья; сухровая лошаня идет для упаковки и грубой подкладки. Ткань С. стандартного типа, более добротная, вырабатывается из основы и утка № 44/2 при основной плотности 30 нитей и утка до 20 нитей на 1 см.

С. Молчанов.

СОСНА, крупные деревья, принадлежащие к роду *Pinus* из сем. Pinaceae, подсем. Abietineae. В роде *Pinus* насчитывается до 74 видов (по Майру), распространенных преимущественно в Сев. полушарии. В Европе встречается 20,5% представителей рода *Pinus*, такое же количество отмечается в Азии, в Сев. Америке 58% и в Африке 1%. В роде С. наблюдается до 150 разновидностей (по Байснеру), распределяемых в процентном числе от общего их количества по различным странам т. о.: Европа 60%, Азия 21% и Сев. Америка 13%. В пределах СССР произрастают следующие виды С.: обыкновенная С., *Pinus silvestris* L.; кедр, *Pinus sibirica* Mayr.,—Европ. часть СССР и Сибирь; корейский кедр, *Pinus koraiensis* Zieb. et Zucc.; кедровый стланец, *Pinus pumila* Reg.,—В. Сибирь; горный сибирский кедр, *Pinus coronans* Litw.,—Сибирь; крымская С., *Pinus laricio* v. *Pallasiana* Endl.; эльдарская С., *Pinus eldarica* Medw.,—Широкская степь; Кавказ; горная С., *Pinus montana* v. *caucasica* Medw.,—Ардаган; пидундская С., *Pinus Pithyusa* Strangw.,—в Абхазии и ее разновидность на юж. берегу Крыма—*v. Stankewiczii* Sucacz; и тальянская С., *Pinus pinea*,—в Багумской обл., ущелье р. Чороха.

Наиболее распространенным и имеющим крупное народнохозяйственное значение для СССР видом С. являются обыкновенная С. и сибирский кедр. Под обыкновенной С. в лесах общегосударственного фонда занято 94 млн. га, а под кедровыми древостоями насчитывается до 25 млн. га; т. о. под древостоями этих двух С. находится 41% площади, покрытой хвойным лесом, и 21,5% всей покрытой лесом площади. Это в соединении с тем, что С. производит прекрасных качеств древесину как для внутреннего рынка, так и для экспорта и определяет громадное народнохозяйственное значение этой породы в лесном хозяйстве СССР. Обыкновенная сосна принадлежит к деревьям первой величины, в исключительных случаях достигает высоты в 52 м, в среднем имеет высоту ствола в возрасте 120 лет в зависимости от условий произрастания 31—14 м, при соответствующих диаметрах на высоте груди (1,3 м) 39—19 см. С. отличается значительной продолжительностью жизни до 300—400 л. и более. Ствол ее хорошо очищается от сучьев при росте в сомкнутых древостоях; при росте С. на свободе наблюдается разрастание ее в сучья, и в этих условиях у С. получается широкая раскидистая крона. В молодости крона бывает вытянутой, остро яйцевидной, затем по мере замедления роста в высоту крона округляется и в старшем возрасте приобретает плоскую форму с уменьшением количества сучьев и ветвей.

Процент сучьев и ветвей от общей массы древесины в сосновых древостоях:

Возраст	I бонитет	V бонитет
30 л.	24%	40%
120 »	9%	16%

Ствол С. ровный, тонкий, отличается прямизной и полдревесностью, внизу покрыт темно-

серой корой, на поверхности к-рой образуется корка, состоящая из четырехугольных буро-красных пластинок, разграниченных красно-серыми глубокими бороздами; сверху кора желто-красная, тонкая и гладкая, отслаивающаяся листами. Чем старше С. по возрасту, тем выше по стволу поднимается корковый слой. В коре С. содержится дубильное вещество (см. *Спр. Т. Э.*, т. III, стр. 114). Кора, в % от объема ствола С. с корою, составляет 28—7%, уменьшаясь при одной и той же высоте ствола с увеличением его полндревесности, а при одной и той же полндревесности уменьшаясь по мере возрастания высоты дерева. Об ý к н о в е н н а я С. широко распространена по всей Европ. части СССР и в Сибири; эта порода гл. обр. сосредоточена в лесной зоне Европы и Сибири, образуя здесь сплошные массивы сосновых лесов. В степной зоне встречается спорадически в виде островных боров на песчаных отложениях левых берегов рек. Северная граница распространения С. начинается в Норвегии под 70° с. ш., затем она пересекает полуостров Колу, проходит до р. Печоры под 67°15', отсюда понижается на Ю. на Урале и в Сибири, где не достигает полярного круга, лишь по течению неких рек несколько продвигаясь на Север. К востоку от р. Лены, на юж. склоне Верхоянских гор, С. достигает вост. своего предела, и ее граница здесь спускается на Ю.-З. к Становому хребту и Амуру. На юге С. встречается в Даурии, в Персии, на Кавказе, в Турции, Сербии, Далмации, Венеции, на берегах Адриатического моря, затем, переходя Альпы и вост. Пиреней, она достигает крайней юж. своей точки в Сиерра-Невада, откуда ее граница поднимается через Атлантический океан до верхней Шотландии и переходит в Норвегию. В горах, в зависимости от их географич. положения, С. поднимается на 300 м (сев. Норвегия) и в Сиерра-Неваде (Испания) на 2 200 м над уровнем моря, причем она достигает более высоких пунктов на ю.-з. и юж. склонах гор за исключением Италии, где предпочитает с. и с.-з. склоны.

Почки у обыкновенной С. продолговато яйцевидные, покрыты многочисленными красно-бурыми чешуйками, длиной в 10—20 мм; они всегда образуют на верхушке побега мутовку, состоящую из нескольких почек. Одна из почек, находящаяся в центре мутовки, завершающая побег, развиваясь дает начало новому верхушечному побегу, из боковых же почек развиваются боковые побеги. Между мутовками на побегах почек нет, а потому развитие ствола и боковых ветвей у С. отличается чрезвычайной правильностью. Лишь изредка эта правильность нарушается образованием двух побегов в течение одного вегетационного периода. Хвоя у обыкновенной С. парная, состоит из двух хвоянок, полукруглых, жестких, колочих, длиной в среднем 50—60 мм, вырастающих на молодом побеге и заключенных в цилиндр, пленчатом белом влагалище. Такая парная хвоя образуется только на 3-м году жизни С., до этого хвоя—одиночная, спирально расположенная на побеге. Продолжительность жизни хвой 3 года, после чего она желтеет и опадает.

С. принадлежит к однодомным растениям. Весною, в апреле и мае, С. цветет. На верхушках побегов образуются небольшие красные женские соцветия в виде прямо стоячих шишек, а у основания побегов развиваются желтые мужские соцветия. Опыление происходит при помощи ветра, разносящего массы желтой пыльцы, к-рая имеет округлую форму с двумя выростами по бокам. В дальнейшем опыленное женское соцветие не развивается до следующей весны, когда начинаются усиленные

развитие соцветия и превращение его в зеленую шишку, достигающую зрелости лишь через 18 мес. после опыления, т. е. к октябрю следующего за опылением года. Шишка продолговатой формы, длиной 30—60 мм и шириной ок. 30 мм в самом широком месте, зеленоватого или желто-серого цвета. Созревшие шишки висят всю зиму на дереве; весною, по мере их подсыхания, они растрескиваются, и из-под каждой чешуйки вылетает по два семечка, окруженных блестящим желто-серым с темными продольными полосками крылышком, охватывающим семя как бы двумя искривленными щипчиками. Семя сосны мелкое, 4 мм длины и 3 мм ширины, округленно-треугольной формы; покрытая крылом сторона семени блестящая, противоположная сторона—матовая. Окраска семени весьма разнообразная: от белой до бурой и черной. Часто бывают семена с крапчатой окраской. В юж. местоположениях наблюдается больше сосен с черной окраской семян, тогда как на севере—больше с окраской светлых тонов. Один гл. сосновых шишек весит 50—55 кг, и из них получается обескеленных семян 0,75—0,90 кг, или выход семени составляет от 1,5—2% веса шишек. В кг помещается 150—180 тыс. штук семян. Семена С. отличаются высокой всхожестью, доходящей до 96%; всхожесть сохраняется до 3 и более лет. Сбор шишек для получения семян производится на лесосеках со срубленных деревьев, после чего шишки поступают в шишко-сушильни, где из них извлекают семя. Сосна начинает плодоносить с возраста возмужалости, наступающего у нее при росте в древостоях на 40—60 г., а при росте на свободе в возрасте 15—30 лет. Обычно С. плодоносит почти ежегодно, но обильные семенные годы наступают через 3—4 г., в сев. же областях распространения С.—реже, даже через 10—15 лет. Общее количество семян, продуцируемое 1 га сосновых древостоев, колеблется в весьма широких пределах—44 ± 0,1 кг обескеленных семян—в зависимости от характера урожайного года, возраста древостоев и условий произрастания. По своим эколого-лесоводственным свойствам С. относится к группе светлолюбивых древесных пород, обладает в молодости очень быстрым и энергичным ростом, отличается нетребовательностью к почве, произрастая на самых малоплодородных почвах: перемытых и переувлажненных песках, на меловых обнажениях, на торфяных почвах и т. д. Нетребовательна С. по отношению к влаге, относится к типу ксерофитных растений, благодаря чему она может произрастать на самых сухих почвах; однако в этих условиях С. медленно и плохо растет, то же имеет место и на почвах сильно увлажненных—торфяных, где С. хотя и произрастает, но плохо, так как несмотря на обилье влаги в этих почвах они являются физиологически сухими. Наилучшим ростом С. обладает на умеренно влажных почвах. Неприхотлива С. и по отношению к климату, будучи устойчивой как к зимним t° , так и к временным депрессиям во время весны и осени.

Обширность занимаемого С. ареала с разнообразными физико-географич. условиями мест произрастания в почвенном и климатич. отношениях свидетельствует о том, что С. отличается высокой степенью пластичности своего организма, способного видоизменяться в связи с изменением среды. Об этом свидетельствует особенно изменчивость в строении корневой системы С. при различных условиях местопроизрастания. Обладая корневой системой стержневого типа, на сухих и бедных песчаных почвах она развивает поверхностного типа корневую систему; то же имеет место на мокрых торфяных почвах: на суглинках развиваются боковые корни не сильно; на свежих песчаных и супесчаных почвах мощно развивается главный стержневой корень и одновременно сильно развиваются боковые корни. При нескольких водоносных горизонтах в почве развивается и ярусная корневая система. Изменяется не только корневая система, но меняются размеры в структура хвой, строение коры и развитие ствола. Обыкновенная С. не образует много разновидностей, из них отметим: *hamata St.*, *erythranthera San.*, *lapponica Hn.*, *septentrionalis Schott.* и *engadensis Heer*. Все эти разновидности отличаются весьма немногим от основной формы в смысле строения и размера шишек, семян и хвой. Под влиянием роста на торфяных болотах происходят дегенерация обыкновенной С. и образование экологич. форм, к-рых насчитывают 4: *f. uliginosa Abol.*, *f. Litwinowii Sukacz.*, *f. Willkommii Sukacz.*, *f. pumila Abol.*

Различают по характеру древесины: мянд о в у ю С. с рыхлой древесиной, широкими годичными кольцами, с белым узким ядром и с широкой заболонью; к о н д о в у ю С. с мелкостойной, смолистой, плотной, прочной древесиной, с узкой заболонью и буро-красным ядром. С. первого типа развивается на низинных, сырых песчаных и глинистых почвах при росте в редких древостоях; вторая—кондовая—получается в густых древостоях, произрастающих на почвах песчаных при возвышенном местоположении. По исследованиям Турского, Цизля-

ра, Энглера и других *C.* образует целый ряд климатич. рас, отличающихся как своим ростом, формой, развитием, так и отношением к климату, факторам и к нападению различного рода вредителей. Так напр., сев. расы являются более устойчивыми против грибного заболевания *Lophodermium pinastri*. Кроме того различают ширококромные и узкокромные формы обыкновенной *C.*: *C.* с пластинчатой и чешуйчатой корой. Все эти формы обладают теми или другими специфич. особенностями, имеющими хозяйственное значение.

C. обладает высокоценной древесиной, употребляемой в главной массе грахеидами и в небольшом количестве древесной паренхимой. Древесина *C.* состоит из центрального ядра, богатого смолой и более темно окрашенного. Периферич. часть—заболонь—белого цвета, содержит больше воды и отличается меньшей прочностью. Средний объемный вес в сухом состоянии сосновой древесины 0,52 (колебания 0,31—0,71). Крепость сосновой древесины определяется в кг/см²: при продольном растяжении—1 065, при изгибе—973, при сжатии—444, при скручивании—51,4 и при сдвиге—32,8. Прочность сосновой древесины при ее сохранении в грунте: непропитанной 7—9 лет и пропитанной антисептиками 15—20 лет. Из всех этих данных можно заключить, что древесина *C.* представляет собою прекрасный материал для различного рода деревянных изделий. Она употребляется как строевой и подделочный материалы. Обработка хвой *C.* доставляет эфирные масла и лесную шерсть. Из камбиального слоя добывают ванилин, а из коры—дубильные вещества. Из семян *m. б.* получают жирные масла, пригодные для лакокрасочной промышленности.

Высокие качества сосновой древесины СССР определяют ее большую ценность как экспортного товара на международном лесном рынке. Производительность сосновых древостоев к моменту их спелости (120 лет) в зависимости от условий произрастания колеблется от 1 204 м³ на 1 га на почвах лучшего бонитета и 361 м³ на почвах худших бонитетов. Средний годичный прирост в первом случае составляет 10,0 м³ и во втором 3,0 м³ на 1 га. *C.*, занимая почвы песчаные и бедные, произрастает чаще всего в виде чистых древостоев. По мере того как почвы становятся более богатыми питательными веществами и увлажненными, к *C.* в сев. части СССР примешиваются ель, пихта, кедр, осина и береза, на мергелях—лиственница, а в юж. части в качестве примеси к *C.* появляются дуб, липа, береза и осина.

В сосновых древостоях применяются различного рода и вида выборочные и сплошные рубки леса с таким расчетом, чтобы после них возможно было естественное возобновление *C.* путем налета семян или от окружающих вырубку или от особо оставляемых на вырубках с е м е н н ы х деревьев. На почвах влажных и во влажном климате естественное возобновление *C.* совершается достаточно удовлетворительно, и возобновительный промежуток ограничивается 5—10 годами. В засушливом климате и на почвах сухих возобновление затягивается на срок 20—30 лет, т. ч. здесь, так же как и при оголении больших площадей, при желании возобновить вырубку *C.* опять приходится прибегать к искусственному возобновлению путем производства посева семян *C.* или посадки сеянцев *C.* Искусственное возобновление бывает необходимо и при тех условиях, когда сосновые лесосеки

быстро зарастают травянистым покровом, особенно вейником (*Calamagrostis*), или когда образуются в лесах большие площади пусгрей и гарей. Посевы *C.* производятся или сплошные, когда почва вышла из-под временного с.-х. пользования, причем высевается на 1 га до 3 кг семян *C.* Высев производят весной, после схода снега, и для этой цели м. б. употребляемы несколько видоизмененные с.-х. сеялки. В тех случаях, когда предназначенная под культуру *C.* площадь не могла быть обработана сплошь, производится частичная ее обработка площадками, полосами, бороздами, посев производится значительно меньшим количеством семян и специальными ручными и рядовыми лесными сеялками (Борисова, Лукашевича, Шпитценберга, «Senior» и т. п.). В стремлении соединить обработку почвы и посев в один прием в Швеции применяется в настоящее время для посевов *C.* и ели особая автоматическая мотыга, сеялка Берлингда с производительностью в 2 га в сутки. Для большого расширения сезона работ в Швеции и Финляндии применяют разбросной посев *C.* по снегу (зимой). При распространении концентрированных рубок предостой разработать применение агропланов для посевов *C.* Посадки *C.* производятся 1—2-летними сеянцами, причем если размеры сеянца достигают 12—15 см, то посадку можно производить однолетними сеянцами, в противном случае—двухлетними. В сев. зоне посадка производится чаще всего в почву, обработанную частично, т. е. в небольшие площадки, в полосы, плужные борозды и т. п. В засушливом климате почву обрабатывают сплошь и стремятся перед посадкой вспахать ее с осени, чтобы за зиму накопить влагу и самую посадку произвести на следующий год весной. Обычно высаживают на 1 га 10 000 шт. сеянцев, размещая их или 1 × 1 м или 1,5 × 0,7 м. При сплошной обработке почвы посадка *C.* может быть полностью механизирована (сажальные машины типа Брюэра или «Новая идея»). При частичной обработке почвы посадка производится помощью ручных орудий: клиновидной лопаты, различных типов меча Колесова с зажиманием высаженного растения, или же в ямку, делаемую обыкновенной лопатой, с засышкой корней землей. Как за сосновыми посевами, так и за посадками в первое время их жизни ведется уход, заключающийся в разрыхлении почвы, ополке сорной травянистой растительности, в прорывании густых всходов и в подсадке там, где пропали высаженные растения. С момента смыкания кроны соснового молодняка уход за почвой прекращается, но зато начинается периодич. изреживание древостоев, имеющее задачей воспитывать ровные и стройные деревья, а затем усилить прирост в наилучшей с хозяйственной точки зрения части древостоя. До 30—40 лет примерно ведется уход за формой ствола, после чего начинается уход за приростом.

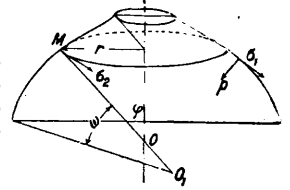
При производстве сосновых культур следует предварительно убедиться в том, что в почве нет личинки майского хруща (*Melolontha*), т. к. эта личинка может уничтожить всю культуру, подгрызая корни *C.* В случае, если в почве встречается больше 3 личинки на 1 м², лучше от культуры отказаться и принять меры к уничтожению этой личинки. Из других насекомых, вредящих *C.*, следует отметить: 1) поедают хвою гусеницы бабочек соснового шелкопряда (*Dendrolimus pini*), сосновая ночница, или совка (*Panolis flammea*), и сосновая пяденица (Вира-

lus piniarius), иногда нападает на сосновую хвою и гусеница бабочки-монашенки (*Porthezia monacha*), объедается хвоей также личинками перепончатокрылых: соснового пилильщика (*Diprion pini*) и пилильщика ткача (*Lyda campestris* и *L. erythrocephala*); 2) под корой в древесине ствола водится целый ряд личинок мелких жучков-короедов: шестизубый сосновый стригун (*Ips sexdentatus*), большой вершинный короед (*Ips acuminatus*), большой и малый стригун (*Blastophagus piniperda* и *B. minor*), под корой молодых сосенок встречаются личинки сосновых долгоносиков (*Pissodes notatus* и *P. pini*), под корой взрослых деревьев живет и вредит личинка жука усача (*Monochamus galloprovincialis*); 3) специально вредят нормальному развитию побегов у обыкновенной *S.* гусеницы бабочек побеговых ульвов (*Evetria duplana*, *E. turionana*, *E. buoliana*); 4) шишки повреждаются сосновым долгоносиком (*Pissodes validirostris*); 5) корни повреждаются личинкой майского хруста. Здесь отмечены лишь важнейшие вредители обыкновенной сосны, имеющие лесохозяйственное значение. Из грибных болезней следует отметить следующие важнейшие: 1) в молодом возрасте семянцы и всходы *S.* гибнут от поражения грибом *Fusarium*, обуславливающим полегание всходов, и *Lophodermium pinastri*, вызывающим пожелтение и опадение хвои; 2) на молодых и старых деревьях встречаются: на хвое *Lophodermium pinastri*, *Neopotruchia nigra*, *Colosporium senecionis* и др.; 3) на ветвях—*Melampus pinitorqua*, *Peridermium pini*, *Nectria cucurbitula* и др.; 4) на стволах—сосновая губка (*Fragmites pini* и *Fomes pinicola*) и на корнях *S.* паразитирует опенок (*Armillaria melea*), корневая губка (*Fomes apnosus*, *Polyporus schweinitzii*) и др. Кроме этих грибов, паразитирующих на различных органах живой *S.*, наблюдается ряд грибов, вызывающих порчу древесины *S.* на складах; из этих отметим различные виды *Cerastomella*, вызывающие синеву древесины, *Lenzites* и другие, вызывающие разрушение древесины на складах, и наконец домовый гриб (*Merulius lacustrans*). Описание другого важнейшего вида сосны СССР—сибирского кедра—см. Кедр.

Лит.: Пеньковский В., Деревья и кустарники, как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 1, Херсон, 1901; Арнольд Ф., Русский лес, 2 изд., т. 12, ч. 1, СПб, 1898; Кешпен Ф., Географич. распространение хвойных деревьев в Европ. России и на Кавказе, СПб, 1883; Тюрбеф К., Хвойные древесные породы, СПб, 1902; Орлов М., Леса СССР, М.—Л., 1931; Морозов Г., Биология наших лесных пород, СПб, 1914; Турский М., Лесоводство, М., 1915; Нестеров Н., Дерево как строительный и поделочный материал, М., 1915; Медведев Я., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1919; Яценковская А., Главнейшие вредные насекомые в лесах СССР, М.—Л., 1931; Вайсн е г Л., Handbuch d. Nadelholzkunde, 2 Aufl., В., 1909; Мауг Н., Fremdländische Wald u. Parkbäume für Europa, ver. Paray P., В., 1906; Мауг Н., Waldbau auf naturgesetzl. Grundlage, 2 Aufl., В., 1925; Денглер А., Waldbau auf ökologischer Grundlage, В., 1930; Seitz W., Edelrassen des Waldes, В., 1927. Н. Кобранов.

СОСУДЫ. В спорогивлении материалов сосудами называют резервуары для жидкостей, газов и сыпучих тел в виде напорных баков для воды, бункеров для сыпучих тел или котлов для различного назначения (для производства пара, горячей воды, окраски и пр.), а также цилиндры двигателей и трубопроводы. Различают тонкостенные и толстостенные *S.* Расчет тех и других, в принципе совершенно одинаковый для известного содержимого, в практич. приложениях разнится очень значительно.

Тонкостенные *S.* рассчитывают, полагая что: а) их поверхность является поверхностью с осями симметрии, б) толщина стенки незначительна по сравнению с внешними размерами, в) внутренние напряжения распределены равномерно по толщине стенки, г) длина *S.* велика по сравнению с его поперечными размерами, и т. о. влияние опорных реакций исключается, д) нагрузка симметрична относительно осей *S.* В этих условиях в материале *S.* возникают или газом возникают преимущественно одни растягивающие напряжения под действием внутреннего давления. Из условий равновесия бесконечно малого элемента, вырезанного из *S.* двумя меридиональными и двумя параллельными плоскостями, следует фиг. 1)



$$\frac{\sigma_1}{e_1} + \frac{\sigma_2}{e_2} = \frac{p}{\delta}, \quad (1)$$

где $OM = e_1$ и $O_1M = e_2$ —главные радиусы кривизны, а σ_1 и σ_2 —растягивающие напряжения меридионального и параллельного сечений, p —внутреннее давление и δ —толщина стенки, k -рая предполагается постоянной. Ур-е содержит две неизвестные величины. Второе ур-е м. б. получено из условия равновесия против смещения элемента в направлении касательной к меридиану:

$$\frac{d(r\sigma_1)}{d\varphi} = e_1\sigma_2 \cos \varphi. \quad (2)$$

Здесь r —радиус параллели, φ —угол между нормалью к параллели и поверхностью *S.* Обозначая $\sigma_1\delta$ и $\sigma_2\delta$ через N и N_1 , получим те же ур-ия, но вместо σ_1 и σ_2 будем иметь N и N_1 . Решение ур-ия дает:

$$d(rN \sin \varphi) = pr dr. \quad (3)$$

Если давление постоянно ($p = \text{Const}$), как бывает в газгольдерах и паровых котлах, то

$$rN \sin \varphi - (rN \sin \varphi)_0 = p \cdot \frac{r^2 - r_0^2}{2}. \quad (4)$$

Для шарового *S.* имеем всюду $e_1 = e_2$ и по ур-ию (1)

$$N + N_1 = pr e_1. \quad (5)$$

По ур-ию (4) для вершины *S.* $r_0 = 0$, поэтому для шара

$$rN \cdot \sin \varphi = \frac{pr^2}{2}$$

и в вершине

$$N = \frac{pe_1}{2}; \quad (6)$$

следовательно $N_1 = \frac{pe_1}{2}$, т. е. напряжения во всех точках шарового *S.* одинаковы. Расчетное ур-ие имеет вид

$$\delta = \frac{pe_1}{2R}, \quad (7)$$

где R —допускаемое напряжение.

Для конич. *S.*, k -рый также имеет вершину, $r_0 = 0$ и $N \sin \varphi = \frac{pr}{2}$

или

$$N = \frac{pe_2}{2}. \quad (8)$$

Поэтому из ур-ия (1) имеем:

$$N_1 = N \left(2 - \frac{e_2}{e_1}\right), \quad (9)$$

но $e_1 = \infty$, т. к. меридиональное сечение имеет форму тр-ка; отсюда для всех сечений конуса

$$N_1 = 2N, \quad (10)$$

т. е. напряжение кольцевое вдвое больше напряжения по образующей. Для конуса с углом при вершине 2α и радиусом основания e_0 напряжение в кольце основания

$$\sigma_2 = \frac{pe_0}{\delta \cos \alpha}, \quad (11)$$

там же по меридиану

$$\sigma_1 = \frac{pe_0}{2\delta \cos \alpha}. \quad (12)$$

Ур-ие (11) будет расчетным в виде

$$\delta = \frac{pe_0}{R \cos \alpha}, \quad (13)$$

где R —допускаемое напряжение.

Для цилиндрич. С. $r = r_0$, $\varphi = 90^\circ$, поэтому из ур-ия (4) имеем $N = \text{Const} = \frac{pr_0}{2}$. Ур-ие (1) дает

$$N_1 = p e_2 = p r_0, \quad (14)$$

т. е. напряжения распределены т. о., что они всюду постоянны и кольцевые вдвое больше меридиональных. Расчетное ур-ие получает вид

$$\delta = \frac{pr_0}{R}, \quad (15)$$

где R —допускаемое напряжение.

Для эллипсоида вращения (днищам котлов очень часто придают эту форму)

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \frac{a^2 b^2}{(a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi)^{1/2}} \\ e_2 &= \frac{a^2}{(a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi)^{1/2}} \end{aligned} \right\}, \quad (16)$$

где a и b —полуоси эллипса меридионального сечения. Обозначая

$$\frac{e_1}{e_2} = v^2 = \frac{1}{1 + \frac{a^2 - b^2}{b^2} \sin^2 \varphi}$$

(причем $v = 1$ на полюсе и $v = \frac{b}{a}$ на экваторе), имеем

$$e_1 = \frac{a^2}{b} v^3 \text{ и } e_2 = \frac{a^2}{b} v,$$

а также

$$N = \frac{a^2}{2b} pv; \quad N_1 = \frac{a^2}{2b} \cdot p \left(2v - \frac{1}{v} \right). \quad (17)$$

В вершине эллипсоида ($v = 1$), $N = N_1 = \frac{a^2}{2b} p$, т. е. напряжения одинаковы и оба растягивающие. В экваториальном сечении

$$N = \frac{ap}{2} \quad (18)$$

является усилием растяжения, а

$$N_1 = \frac{a^2}{2b} p \left(\frac{2b}{a} - \frac{a}{b} \right) = \frac{pa}{2b^2} (2b^2 - a^2) \quad (19)$$

имеет знак в зависимости от значений $\frac{b}{a}$. Если $b > \frac{a}{\sqrt{2}}$, то N_1 является также растягивающим

усилием; если $b < \frac{a}{\sqrt{2}}$, то N_1 становится сжимающим усилием; т. о. днище при этих размерах эллипсоида представляет неустойчивую форму равновесия, не применяемую без особых мер предосторожности. По уравнению (17) зона сжатия по обоим сторонам от экватора ограничена параллелями с радиусом, соответствующим определенному значению v , а именно $v^2 < \frac{1}{2}$ или $\frac{a^2 - b^2}{b^2} \sin^2 \varphi \geq 1$ при условии, что

$$b < \frac{a}{\sqrt{2}}.$$

Если давление в С. изменяется в зависимости от высоты (гидростатич. давление), то ур-ие (1) остается без переменных, но ур-ие (3) изменяется. Для $p = \gamma h$ (где h —расстояние параллели, для к-рой $p = 0$ и γ —уд. в.) ур-ие (3) получает вид:

$$d(rN \sin \varphi) = \gamma h r dr. \quad (20)$$

Для шарового С., открытого по большому кругу, $h = -e_2 \cos \varphi$ и $r = e_2 \sin \varphi$. Поэтому

$$N \sin^2 \varphi = \frac{\gamma e_2^2}{3} \cos^3 \varphi + N_0, \quad (21)$$

где N_0 —усилие по меридиану, нормальное к плоскости экватора, представляет величину распределенных реакций со стороны подвески:

$$N_0 = \frac{\gamma e_2^2}{3}. \quad (22)$$

Следовательно

$$N \sin^2 \varphi = \frac{\gamma e_2^2}{3} (1 + \cos^3 \varphi). \quad (23)$$

Если $\varphi = \pi$, то $N = \frac{\gamma e_2^2}{2}$.

Здесь давление равно $p_\pi = \gamma e_2$ и следовательно $N = \frac{p_\pi e_2}{2}$. По ур-ию (1)

$$N + N_1 = -\gamma e_2^2 \cos \varphi$$

и

$$N_1 = -\frac{\gamma e_2^2}{3} \left(\frac{1}{\sin^2 \varphi} + \frac{\cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi} + 3 \cos \varphi \right). \quad (24)$$

Когда $\varphi = 90^\circ$, то

$$N_1 = -N_0 = -\frac{\gamma e_2^2}{3}, \quad (25)$$

т. е. в экваториальной плоскости происходит сжатие. Если $\varphi = \pi$, то $N_1 = \frac{\gamma e_2^2}{2} = \frac{e_2}{2} \cdot p_\pi = N$, т. е. в вершине оба напряжения равны и являются растягивающими. Зона сжатия определяется из условия:

$$\frac{1 + \cos^3 \varphi}{\sin^2 \varphi} + 3 \cos \varphi > 0$$

и лежит между плоскостью экватора и плоскостью, отклоненной от экватора приблизительно на 20° в сторону возрастающего давления.

Для цилиндрич. С. при переменном давлении по ур-ию (1) кольцевое напряжение в стенке при толщине δ равно

$$\sigma_2 = \frac{\gamma h r}{\delta}, \quad (26)$$

а меридиональное по ур-ию (4)

$$\sigma_1 = \frac{\gamma h r}{2\delta}. \quad (27)$$

Каждому звену цилиндрич. или конич. С. соответствует определенное давление γh , по к-рому отыскивают толщину стенки в этом звене. В практич. исполнении часто С. представляет собою сочетание из двух или трех поверхностей, выше рассмотренных (см. *Резервуары*). Паровой котел образуется из стенок цилиндрич. формы и днищ эллиптической, плоской или шаровой формы. Расчет их в основном сводится к определению толщины стенки по заданному объему и давлению и производится с помощью приведенных выше ф-л с нек-рым увеличением размеров в виду ржавления и ослабления швами. Переходящее сечение от одной поверхности к другой подвергается особому действию сил, т. н. местным напряжениям, и требует дополнительного изучения. Опорные части С. и прилегающая к ним поверхность д. б. изучены точно так же особо. Решение задачи здесь сводится к рассмотрению равновесия оболочки

под действием растягивающих и срезающих сил и изгибающих моментов. Для этого случая ур-ия равновесия м. б. составлены след. обр. Деформации по направлению касательных к меридиану и параллели будут

$$\epsilon_1 = \frac{u-w}{e_1}, \quad \epsilon_2 = \frac{u \operatorname{ctg} \varphi - w}{e_2} \quad (28)$$

Изменения кривизны 1-й и 2-й равны

$$k_1 = \frac{d\vartheta}{e_1 d\varphi} \quad \text{и} \quad k_2 = \frac{\vartheta \operatorname{ctg} \varphi}{e_2} \quad (29)$$

Здесь u и w — перемещения по направлению касательных к меридиану и параллели, ϑ — угол между двумя касательными к меридиану. Усилия на единицу длины дуги и изгибающие моменты на ту же длину равны (фиг. 2):

$$N = D(\epsilon_1 + \mu\epsilon_2), \quad N_1 = D(\epsilon_2 + \mu\epsilon_1), \\ M_1 = -B(k_1 + \mu k_2), \quad M_2 = -B(k_2 + \mu k_1), \quad (30)$$

где

$$D = \frac{2E\delta}{1-\mu^2} \quad \text{и} \quad B = \frac{2E\delta^3}{3(1-\mu^2)}$$

Условия равновесия для случая полной симметрии оболочки относительно оси и следовательно при отсутствии срезающих сил и крутящих моментов в плоскости 2-й кривизны имеют вид:

а) относительно касательной к меридиану

$$\frac{d(Ne_2 \sin \varphi)}{d\varphi} - N_1 e_1 \cos \varphi + Q_2 e_2 \sin \varphi + X e_1 e_2 \sin \varphi = 0, \quad (31)$$

б) относительно касательной к параллели

$$\frac{d(Qe_2 \sin \varphi)}{d\varphi} + N_1 e_1 \sin \varphi + N_2 e_2 \sin \varphi + Z e_1 e_2 \sin \varphi = 0, \quad (31')$$

с) против вращения

$$\frac{d(M_1 e_2 \sin \varphi)}{d\varphi} - M_2 e_1 \cos \varphi - Q e_2 e_1 \sin \varphi = 0, \quad (31'')$$

где X и Z — компоненты внешней нагрузки.

Если заменить деформации через соответствующие выражения сил и моментов на единицу длины дуги кривой и принять во внимание, что

$$\vartheta = \frac{u + \frac{dw}{d\varphi}}{e_1},$$

то получим ур-ие:

$$-\frac{d}{d\varphi} \left\{ \frac{e_2}{\delta} (N_1 - \mu N) + \operatorname{ctg} \varphi [N(e_1 + \mu e_2) - N_1(e_2 + \mu e_1)] \right\} = 2E e_1 \vartheta. \quad (32)$$

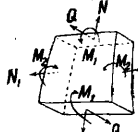
Стодола, Рейсснер, Мейсснер и другие дали решение этих уравнений для частных случаев, причем последний показал, что вся задача всегда м. б. сведена к одному дифференциальному ур-ию 2-го порядка. Точное решение для некоторых случаев показывает, что влияние изгибающего момента распространяется на узкую зону вдоль границ оболочки. Если принять эту идею при составлении ур-ий равновесия, то приходим к следующему ур-ию 4-го порядка:

$$\Delta \Delta \vartheta + \frac{3(1-\mu^2)e_1^4}{\delta^2 e_2^2} \cdot \vartheta = 0. \quad (33)$$

Решение его будет:

$$\vartheta = C e^{-k\omega} \cdot \sin(k\omega + \psi), \quad (34)$$

где $k = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)e_1^4}{2\delta^2 e_2^2}}$, ω и ψ — ф-ии от φ , а C — произвольная постоянная, зависящая от граничных условий, где значения сил или деформаций известны: $C = (\sigma_2)_0 \cdot \frac{\mu^2 e_1}{\delta k \sin(\psi + \frac{\pi}{4})}$. Для свободного края стенки (возможен поворот стенки) $\psi = 0$, для заделанного края стенки $\psi = \frac{\pi}{4}$.



Фиг. 2.

Табл. 1. — Значения напряжений*1 и деформаций для различных сечений оболочки**.

ω	0	$\frac{45^\circ}{k}$	$\frac{90^\circ}{k}$	$\frac{135^\circ}{k}$	$\frac{180^\circ}{k}$	$\frac{225^\circ}{k}$	Род опор
s (см)	0	$0,85 \sqrt{e_2 \delta_1}$	$1,73 \sqrt{e_2 \delta}$	$2,59 \sqrt{e_2 \delta}$	$3,46 \sqrt{e_2 \delta}$	$4,32 \sqrt{e_2 \delta}$	
σ_1	$(\sigma_2)_0 \frac{e_1}{e_2} \cdot \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{2k}$	0	Наибольшее $-0,208 (\sigma_1)_0$	Перегиб $-0,134 (\sigma_1)_0$		0	Свободные
σ_2	Перегиб $(\sigma_2)_0$	$0,322 (\sigma_2)_0$	0	Наибольшее $-0,706 (\sigma_2)_0$	Перегиб		
Деформация ϑ	Наибольшее $(\epsilon_2)_0 k \frac{e_2}{e_1}$	Перегиб $0,645 \vartheta_0$			Наименьшее $0,043 \vartheta_0$	Перегиб	
σ_3	0	Наибольшее $0,558 (\sigma_2)_0$	Перегиб $0,378 (\sigma_2)_0$		0	Наибольшее	Заделанные
σ_1	Перегиб $(\sigma_2)_0 \frac{e_1}{e_2} \cdot \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{k}$	$0,322 (\sigma_1)_0$	0	Наибольшее	Перегиб		
σ_2	Наибольшее $(\sigma_2)_0$	Перегиб $0,645 (\sigma_2)_0$		0	Наименьшее $-0,043 (\sigma_2)_0$	Перегиб	
Деформация ϑ	0	Наибольшее $0,645 k (\epsilon_2)_0 \left(\frac{e_2}{e_1}\right)_0$	Перегиб		0	Наибольшее	
σ_b	$1,816 (\sigma_2)_0$	0	Наименьшее $-0,36 (\sigma_2)_0$	Перегиб $-0,244 (\sigma_2)_0$		0	

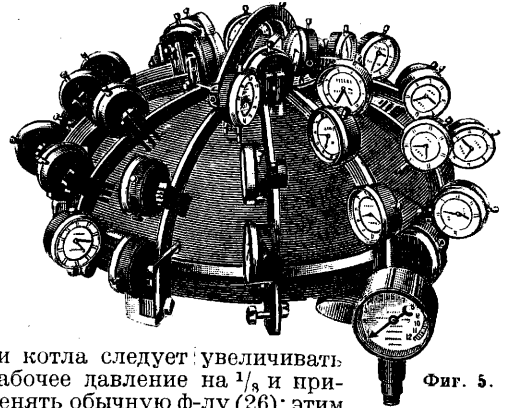
*1 σ_1, σ_2 — напряжения от растяжения, σ_b — от изгиба. *2 В незаполненных клетках д. б. промежуточные значения указанных величин; они не вычислены, как совершенно безразличные для расчета С.

$(\sigma_2)_0$ — кольцевое напряжение в краевом сечении. Силы и моменты равны:

$$\left. \begin{aligned} N &= -\frac{\delta^2}{e_2} \cdot \text{tg } \omega \cdot C e^{-k\omega} \cdot \cos(k\omega + \psi); \\ N_1 &= -\frac{\delta^2}{e_1} \cdot k\sqrt{2} \cdot C e^{-k\omega} \cdot \sin\left(k\omega + \psi + \frac{\pi}{4}\right); \\ Q &= \frac{\delta^2}{e_2} \cdot C e^{-k\omega} \cdot \cos(k\omega + \psi); \\ M_1 &= -\frac{\delta^3}{e_1 \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{4}(1-\mu^2)}} \cdot C k \cdot e^{-k\omega} \cdot \cos\left(k\omega + \psi + \frac{\pi}{4}\right); \\ M_2 &= -\frac{2}{3} \cdot \frac{E\delta^3}{(1-\mu^2)} \cdot \frac{\text{ctg } \varphi}{e_2} \cdot \vartheta + \mu M_1. \end{aligned} \right\} (35)$$

Значение M_2 очень мало, если изменение поверхности происходит достаточно медленно (Пастернак). Расчет д. б. сделан только для одного момента M_1 и действующих сил N, N_1 и Q , и ур-ие (33) м. б. получено непосредственно из условий равновесия между моментом M_1 и силами N и N_1 . В табл. 1 приведены значения напряжений для различных ω или s (ω — угол широты для меридионального сечения, а s — расстояние от края в см) и различных условий за-

дено условие $\rho \gg \frac{a}{4}$. Очевидно при проектировании на форму днища следует обращать наибольшее внимание. При расчете толщины стенок



Фиг. 5.

ки котла следует увеличивать рабочее давление на $\frac{1}{8}$ и применять обычную ф-лу (26); этим путем будут учтены повышенные напряжения в переходных сечениях. Для котлов с жаровой трубой поверхность днища м. б. образована вращением эллипса с полуосями a и b около оси котла (фиг. 6). Напряжения по меридиану равно: во внешнем кольце:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{pr_a}{2\delta} \left(1 + \frac{r_0}{r_a}\right); \\ \sigma_1' &= \frac{pr_c}{2\delta} \left(1 + \frac{r_0}{r_i}\right). \end{aligned} \right\} (36)$$

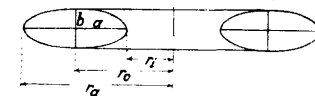
Кольцевые напряжения: во внешнем кольце:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_2 &= -\frac{pr_a}{\delta} \left[1 - \frac{a}{e_1} \left(1 - \frac{a}{2r_a}\right)\right]; \\ \sigma_2' &= -\frac{pr_i}{\delta} \left[1 - \frac{a}{e_1} \left(1 - \frac{a}{2r_i}\right)\right]. \end{aligned} \right\} (37)$$

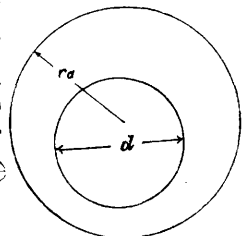
Здесь e_1 — радиус кривизны поверхности в меридиональном сечении. При условии, что радиусы кривизны поверхности всюду удовлетворяют требованию

$$\rho \geq \frac{a}{2} \cdot \left(1 - \frac{a}{2r_a}\right),$$

кольцевые напряжения не превышают ниже значения $\frac{pr_a}{\delta}$ (напряжений в цилиндрическом котле) больше, чем на 12%. Для эксцентрического расположения трубы (фиг. 7) напряжения будут иметь



Фиг. 6.



Фиг. 7.

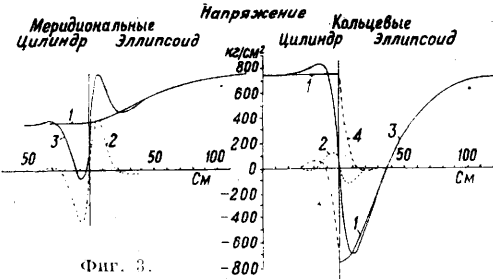
ту же указанную величину, если радиусы поверхности связаны зависимостью

$$\rho \geq \frac{d}{4} \left(1 - \frac{d}{4r_c}\right). \quad (38)$$

Опорное кольцо, к-рым висячее днище опирается на кладку или ф-му, д. б. проверено на критич. сжатие p_k со стороны меридиональных напряжений по условию

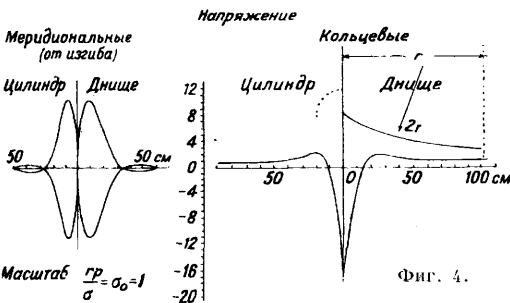
$$p_k \leq \frac{E\sigma^2}{4r^3} \quad (39)$$

где $p_k = \frac{G \text{ ctg } \alpha}{2\pi r}$, причем G — вес наполненного С., α — угол касательной к меридиональной кривой с горизонтом, r — радиус опорного кольца.



Фиг. 3.

крепления. На фиг. 3 показано распределение напряжений в цилиндрич. котле с эллиптич. днищем при рабочем давлении 7,5 atm; диаметр котла 2 м и $\delta = 10$ мм; эллипс с отношением полуосей 1 : 2. Кривые здесь выражают: 1 — напряжения по обычной ф-ле для котлов, 2 — напряжения от изгиба, 3 — суммарные напряжения, 4 — напряжения растяжения в переход-



Фиг. 4.

ном месте. На фиг. 4 изображено распределение напряжений в случае цилиндрич. котла и сферич. днища с острыми переходами при отношении радиусов цилиндра и шара 1 : 2. На фиг. 5 показана обстановка опыта для подтверждения расчета Гекелера — совпадение результатов с теорией совершенно достаточное. Подробные исследования переходных напряжений в С. приводят к заключению, что наимыгоднейшей формой днища является эллипсоид вращения с отношением полуосей 1 : 2, причем наименьший радиус закругления д. б. не менее четверти радиуса цилиндра, т. е. д. б. соблю-

Высокие баки защищают против действия ветра, опасного при незаполненном С., кольцами из углового железа. Расстояние между кольцами определяется по ур-ню (в м)

$$l = 15,2 \frac{V\delta}{D}, \quad (40)$$

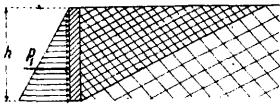
где δ —толщина стенки в мм, D (диаметр бака) и l в м. Соединение отдельных барабанов производится заклепками, причем употребляются также швы с накладками. В табл. 2 приведены нормальные размеры листового материала для стенок, заклепок и уголков для колец.

Табл. 2.—Листы, заклепки и уголки для колец (по DIN).

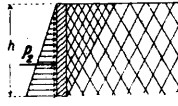
Толщина листов δ , мм	Диам. заклепок d , мм	Шаг t^* , мм	Расстояние от края a , мм	Угловое железо, №
2	8	29	16	40/5
3	9	32	17	40/5
4	10	35	17	40/5
5—6	11	38	18	45/7
6—8	14	47	21	50/9
8—12	17	56	25	75/12
11—15	20	65	30	80/12

* Вообще $t=3d+5$.

Получает широкое распространение также соединение при помощи сварки. Заклепочные сое-



Фиг. 8.



Фиг. 9.

динения для котлов—см. *Заклепочные соединения и Котлостроение*.

Расчет бункера связан с теорией давления сыпучих тел. Несмотря на существование новейших теорий давления сыпучих тел [Рейсснера, Мора, Надаи (Nadai) и др.] в основание расчета полагают старую теорию Ранкина. По этой теории поверхности скольжения сыпучего тела—наклонные плоскости (фиг. 8 и 9), причем величина нормального (здесь горизонтального) давления в случае перемещения сыпуче-

го тела под действием внешней силы (пассивное давление) определяется по ф-ле

$$P_1 = \frac{\gamma h^2}{2} \cdot \text{ctg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (41)$$

эта же величина в случае перемещения стенки под действием скользящего сыпучего тела (активное давление) вычисляется по ф-ле

$$P_2 = \frac{\gamma h^2}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right); \quad (42)$$

здесь γ —уд. в. и φ — $\text{arc tg } f$ (f —коэф. внутреннего трения сыпучего тела). При составлении ф-л не принято во внимание внешнее трение сыпучего тела о стенки, и предполагается, что стенка—вертикальная, а поверхность сыпучего тела—горизонтальная. Для вертикальной стенки

с недогрузкой на угол ψ (фиг. 10) или с перегрузкой на тот же угол $\psi = \varphi$ (фиг. 11), причем φ —угол естественного откоса, активное давление будет

$$P_2 = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \cos^2 \varphi. \quad (43)$$

Для наклонной стенки и горизонтального уровня сыпучего тела (или с перегрузкой на угол естественного откоса) давление будет

$$P_2 \approx \frac{\gamma h^2}{2} \cdot \frac{\cos \varphi}{\sin \theta}, \quad (44)$$

причем $\theta < \frac{\pi}{2} + \text{arc tg } f'$, где f' —коэф. трения сыпучего тела о стенку. При $\theta > \frac{\pi}{2} + \text{arc tg } f'$

для наклонной стенки и горизонтального уровня сыпучего тела давление равно

$$P_2 = \frac{\gamma h^2}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \cos \varphi. \quad (45)$$

Углы естественного откоса и уд. в. сыпучих тел приведены в табл. 3.

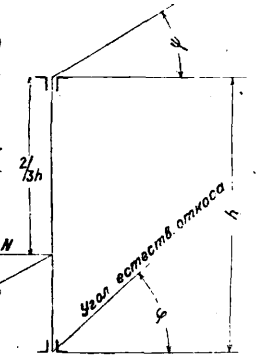
Табл. 3.—Углы естественного откоса и удельные веса сыпучих тел.

Материал	Уд. вес в г/м^3	Угол естественного откоса в градусах
Каменный уголь	1 500	35
Антрацит	1 700	27
Шлакующийся уголь	1 400	40
Кокс	1 400	32
Зола	1 200	40
Железная руда	5 200	35

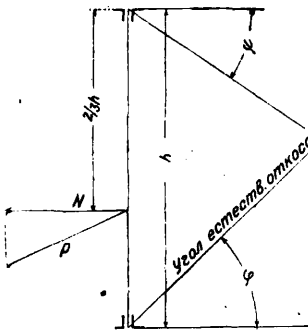
Различают бункер мелкий, когда плоскость скольжения (обрушения) пересекает свободную поверхность сыпучего тела, и глубокий, когда плоскость обрушения проходит внутри насыпи. Приведенные выше формулы относятся к мелкому бункеру. Если бункер поддерживается вертикальной рамой, расположенной в углах бункера, то он называется просто бункером. Бункер, поддерживаемый только за пояс (фиг. 12), называют висячим.

Расчет того и другого существенно различен.

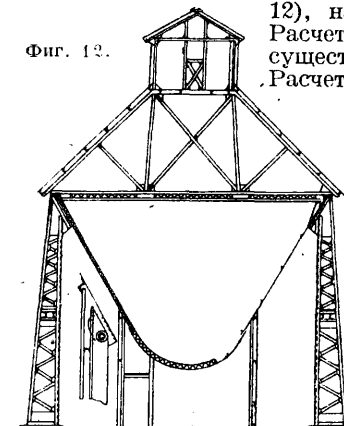
Расчет насыпного бункера производят по указанным формулам. Определяют давление на стенку, принимая, что оно изменяется по закону треугольника. Величина давления определяется на узлы тем же способом, как отыскиваются реакции простой балки. Стержневой полигон бункера рассматривается как ферма, для к-рой по одному из известных способов находят усилия в стержнях и реакции колонн. На фиг. 13 и 14 показано графич. решение задачи для угольного бункера с углом естественного откоса в 30° . Построение



Фиг. 11.

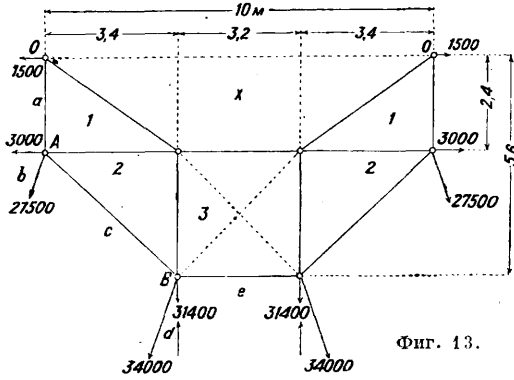


Фиг. 10.



Фиг. 12.

сделано для бункера, фермы к-рого находятся на расстоянии 5 м одна от другой. Величина нагрузок в узлах показана на фиг. 13. По спосо-

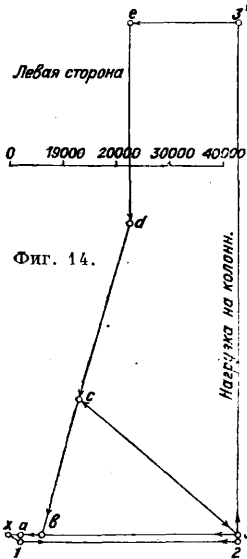


Фиг. 13.

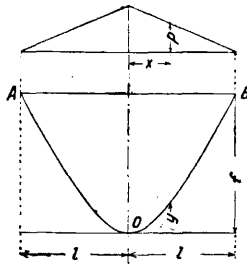
бу Крелона (фиг. 14) определяются усилия во всех стержнях и реакции колонн. Площади сечений стержней отыскиваются по уриям прочности на растяжение, сжатие и продольный изгиб в зависимости от направления усилия, причем напряжения в виду возможных ударов и вибраций принимают не свыше 2/3 допускаемых для гражданских сооружений. Толщина котельного железа, к-рым покрывается стержневая система бункера, м. б. найдена по ф-ле Баха-Грасгофа

$$R_b \geq \frac{1}{2} \varphi \cdot \frac{a^2 b^2}{a^2 + b^2} \frac{p}{\delta^2}, \quad (46)$$

где p —давление в данном слое бункера в кг/см², a и b —размеры пластины в см, δ —толщина железа в см, $\varphi = 0,75$ для закрепленной пластины (прикрепленные к стержням листы) и $\varphi = 1,125$ для свободной, R_b —допускаемое напряжение на изгиб в кг/см². Очертание бункера представляется здесь ограниченным плоско-стями, как чаще всего бывает.



Фиг. 14.



Фиг. 15.

Висячий бункер (фиг. 15) также принимается нагруженным по закону треугольника и дает в сечении вертикальной плоскостью параболич. кривую вида

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{f}{l^2} (3x^2 - \frac{x^3}{l}), \quad (47)$$

где f —глубина бункера, $2l$ —расстояние между опорами, начало координат в точке O . Тогда емкость бункера с горизонтальной поверхностью на 1 м. м длины бункера

$$C = \frac{5}{4} fl. \quad (48)$$

Наибольшее давление в бункере в кг на 1 м. м длины его:

$$q = \frac{C \cdot \gamma}{l} = \frac{5}{4} \gamma f. \quad (49)$$

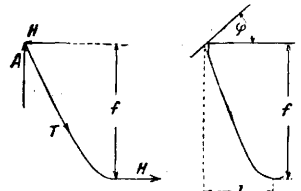
Горизонтальное усилие (фиг. 16) в нижней точке бункера в кг на 1 м. м:

$$H = \frac{C \gamma l}{3f}, \quad (50)$$

вертикальная реакция $A = \frac{1}{2} C \gamma$; меридиональное усилие в той же точке:

$$T = C \cdot \gamma \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{9} \cdot \frac{l^2}{f^2}}. \quad (51)$$

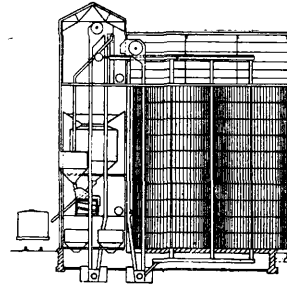
Если бункер перегружается до угла естественного откоса (фиг. 17), построение кривой очертания д. б. доведено до точки пересечения с ней линии естественного откоса. По найденным усилиям H и T (50) и (51) определяют толщину листов тела бункера из условий прочности на растяжение по уравнению (26). За-



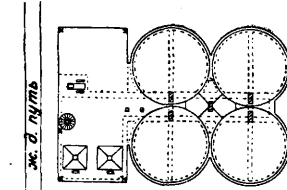
Фиг. 16.

Фиг. 17.

клепочные швы выполняются при помощи заклепок с утопленными головками. Бункеры с круглым сечением часто делают железобетонными.



Глубокие бункеры употребляются в качестве силосов (фиг. 18) и рассчитываются по теории Джансена (Jansen) и Джемесона (Jamieson). Согласно этой теории, давление зерна на стенку и вертикальное давление его пропорциональны. Нагрузка в каком-нибудь слое зерна для бункера с круглым сечением представлена на фиг. 19. Обозначения даны на чертеже; кроме того на-



Фиг. 18.

зовем: F —площадь горизонтального сечения бункера, f —коэф. трения зерна о стенку бункера. Условие равновесия

$$\sigma_z F - (\sigma_z + d\sigma_z) F + \gamma F dy - \sigma_y dy \cdot 2\pi = 0. \quad (52)$$

При $\sigma_y = k \cdot \sigma_z$ получим, вводя гидравлический радиус $e = \frac{f}{2\pi}$,

$$d\sigma_z = \left(\gamma - \frac{k\sigma_z f}{e} \right) dy. \quad (53)$$

Интеграл равен

$$\sigma_z = \frac{\gamma e}{k f} \left(1 - e^{-\frac{h f y}{e}} \right). \quad (54)$$

Отсюда

$$\sigma_y = \frac{\gamma e}{f} \left(1 - e^{-\frac{h f y}{e}} \right). \quad (55)$$

Если глубина бункера больше его диаметра в 2 1/2—3 раза, последний член опускают и принимают просто $\sigma_z = \frac{\gamma e}{k f}$ и $\sigma_y = \frac{\gamma e}{f}$. Для круга

$\rho = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$ и окончательный вид формул:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{\gamma r}{2kf} \\ \sigma_y &= \frac{\gamma r}{2f} \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

Коэф-ты f и k определяются из опыта. В табл. 4 приведены эти коэф-ты по Плейсснеру.

Табл. 4.—Значение коэффициентов трения и пропорциональности.

Продукты	Конструкция силоса			
	закрытый	закрытый круглого сечения	обшитый досками	железобетонный
Пшеница	k . . .	0,4—0,5	0,4—0,5	0,3—0,35
	f . . .	0,43	0,58	0,25
Рожь . . .	k . . .	0,23—0,32	0,3—0,31	0,3—0,45
	f . . .	0,51	0,78	0,37—0,55
Свекла	k . . .	—	—	0,5—0,6
	f . . .	—	—	—
Льняное семя	k . . .	—	—	0,5—0,6
	f . . .	—	—	—

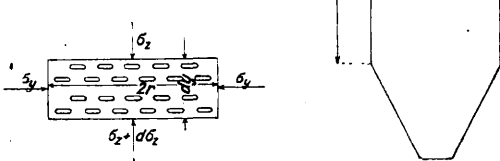
Толщина листового железа для круглых бункеров определяется по тем же ф-лам, как для котлов, т. е.

$$\delta = \frac{\sigma_y \cdot r}{\eta \cdot R_z},$$

или

$$\delta = \frac{\gamma r^2}{2f \cdot \eta \cdot R_z}, \quad (57)$$

где $R_z \leq 1000 \text{ кг/см}^2$, η —коэф. прочности шва, равный 0,57 для одностороннего шва внахлестку, 0,73—для двойного и 0,8—для швов с накладками. Допускаемые напряжения в заклепках—общие с гражданскими сооружениями. При расчете д. б. принято во внимание давление ветра, к-рое определяется согласно нормам для данной местности и считается прило-



Фиг. 19.

женным на уровне $\frac{2}{3}$ высоты силоса. Напряжения от ветра в горизонтальных швах силоса

$$R_0 = \frac{8Md}{2\pi\delta d^3} = \frac{4M}{\pi\delta d^2}, \quad (58)$$

где M —изгибающий момент от действия ветра,



Фиг. 20.

толстыми С. в условиях практики находятся под действием или преимущественно внутреннего давления или преимущественно внешнего. При обозна-

чениях согласно фиг. 20 для цилиндрич. С. с полной симметрией у-рия равновесия получают вид:

$$r \frac{d\sigma_r}{dr} = \sigma_t - \sigma_r. \quad (59)$$

Общие выражения для σ_t и σ_r :

$$\sigma_t = A + \frac{B}{r^2}, \quad \sigma_r = A - \frac{B}{r^2},$$

где A и B —произвольные постоянные, к-рые определяются из граничных условий, именно для $r = \frac{D_i}{2}$ $\sigma_r = -p$; для $r = \frac{D_e}{2}$ $\sigma_r = -p_e$.

На фиг. 20 представлено также распределение напряжений.

Если в основание расчета положить теорию Сен-Венана, то имеют место следующие расчетные ф-лы для внешнего давления:

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt{\frac{R}{R - 1,7 p_e}}. \quad (60)$$

При отсутствии внешнего давления ($p_e = 0$) и при внутреннем давлении p_i ф-лы принимают вид:

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt{\frac{R + 0,4 p_i}{R - 1,3 p_i}} \quad (61)$$

для закрытой трубы и

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt{\frac{R - 0,7 p_i}{R - 1,3 p_i}} \quad (62)$$

для открытой. При расчете по теории Мора ф-лы имеют вид:

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt{\frac{R}{R - 2 p_i}}. \quad (63)$$

Для шаровых С. расчетные ф-лы таковы:

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt[3]{\frac{R + 0,4 p_i}{R - 0,65 p_i}} \quad (64)$$

при внутреннем давлении и

$$\frac{D_e}{D_i} = \sqrt[3]{\frac{R}{R - 1,05 p_e}} \quad (65)$$

при внешнем давлении. Очень часто для определения толщины стенок толстостенных С. используют расчетную ф-лу тонкостенных сосудов с нек-рым изменением именно в следующем виде:

$$\delta = \frac{p_i d}{2R} + C, \quad (66)$$

причем для чугунных труб до $\delta = 55 \text{ мм}$ при допускаемом напряжении $R = 250 \text{ кг/см}^2$

$$C = 0,6 \left(1 - \frac{p_i d}{2750} \right) \quad (67)$$

и поэтому в этих пределах

$$\delta = \frac{1,78 p_i d + 600}{1000} \text{ см.} \quad (68)$$

Для $\delta > 55 \text{ мм}$

$$\delta = \frac{p_i d}{2R} = \frac{p_i d}{560}. \quad (69)$$

При малых внутренних давлениях толщина стенки выбирается по технологич. соображениям и соображениям безопасного транспорта изделий. Для рабочего давления $p_i \leq 10 \text{ ат}$ при вертикальной отливке $\delta = \left(\frac{d}{60} + 0,7 \right) \text{ см}$, при горизонтальной $\delta = \left(\frac{d}{50} + 0,9 \right) \text{ см}$. Трубы железные рассчитываются по той же ф-ле:

$$\delta = \left(\frac{p_i d}{\varphi R} + 0,1 \right) \text{ см,} \quad (70)$$

где $\varphi = 1$ для цельнотянутых, $\varphi = 0,8$ для сварных, $\varphi = 0,57 \div 0,63$ для клепаных труб. Запас прочности (по отношению к временному сопротивлению) принимается для водяных труб в 4,5, для газовых и паропроводов—5,6, для кипяточных—7,1. Все указанные ф-лы служат

для расчета труб, цилиндров двигателей, прессов и насосов. Допускаемые напряжения приведены в табл. 5.

Табл. 5.—Допускаемые напряжения для сосудов (в кг/см²).

Сосуды	Материалы					
	Чугун	Железо	Сталь	Медь	Фосф. бронза	Сплав алюминия
Трубы . . .	210	350—400	600	200	—	200—250
Цилиндры двигат.	200—300	—	600	—	—	—
Цилиндры прессов	750	1 800	1 500	—	1 000	—
Цилиндры насосов	150	—	250	—	—	—

Трубы, подверженные внешнему давлению, проверяют по способу устойчивости их формы на то критич. давление, при к-ром начинается изменение конструкции. Для трубы, соединенной с днищем или укрепленной ребрами (жаровая труба паровых котлов), критич. давление равно (по Мизесу)

$$p_k = \frac{2E\delta}{d(n^2-1)N^2} + \frac{2E\delta^3}{3d^3(1-\mu^2)} \left[n^2 - 1 - \frac{2n^2-1-\mu}{N} \right], \quad (71)$$

где $N = 1 + \left(\frac{2nl}{\pi d}\right)^2$, l и d —соответственно расстояние между ребрами трубы (или днищами, если нет ребер) и внутренний диаметр трубы, δ —толщина стенки, μ —коэф. Пуассона, n —число волн, при к-ром p_k достигает минимума, n определяется по табл. 6:

Табл. 6.—Значения n для железа и стали.

$\frac{d}{3\delta}$	500	200	100	50
$\frac{2l}{d} = \infty$	2	2	2	2
$\frac{2l}{d} = 10$	4	3	2	3
$\frac{2l}{d} = 5$	5	4	3	3
$\frac{2l}{d} = 2$	8	6	5	4

Под жирной чертой значения относятся к области вне границ упругости.

Если принять $\frac{2l}{d} = \infty$, т. е. пренебречь влиянием длины, формула Мизеса переходит в более простую ф-лу Бресса:

$$p_k = \frac{2E\delta^3}{d^3(1-\mu^2)} \quad (72)$$

Часто принимают критич. давление равным четырехкратному рабочему, т. е. $p_k = 4p_w$, и по ур-ию (72) определяют устойчивую толщину стенки. Для волнистой трубы (жаровые трубы Фокса, Моррисона) вместо δ^3 в ф-лу (72) следует поставить $\delta^3 + \frac{3}{2}h\delta^2$, причем h обозначает высоту волны.

Лит.: Тимошенко С., Курс теории упругости, ч. 1—2, П., 1914—16; Штайерман И., Упругая устойчивость трубы, Киев, 1929; Бобарыков И., Сопротивление материалов, ч. 2, М.—Л., 1929; Лебедев В. С., Влияние эксцентриситета трубы на ее прочность, «Изв. Ив.-Возн. политех. ин-га», Ив.-Вознесенск, 1928, т. 11; Худяков П., Сопротивление материалов, 5 издание,

М., 1928; Подольский И., Строительная механика, ч. 1, вып. 1—2, М., 1924; Euler L., De sono Campanarum, «Novi commentarii Academiae scientiarum imperialis Petropolitanae», Petropolis, 1776, v. 10; Cauchy A., Exerc. de Math., t. 3, p. 285, 1828; Love S., «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», L., 1888, v. 179 A, p. 491; Lamé et Clapeyron, «Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut de France», P., 1833, t. 4, p. 465; Meissner, «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1913, B. 14; Böppel A., Vorlesungen über technische Mechanik, B. 5, 4 Aufl., B.—Lpz., 1922; Geckeler J., Ueber die Festigkeit achsensymmetrischer Schalen, Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens, B., 1926, H. 276; Pasternak P., Schweizerische Bauzeitung, Zürich, 1925, B. 86, p. 129; Reissner, Müller-Breslau, Festschrift, Lpz., 1912; Stodola A., Die Dampf-u. Gasturbinen, 6 Aufl., B., 1924; Forchheimer Ph., Die Berechnung ebener u. gekrümmter Behälterböden, 3 Aufl., Leipzig, 1909; Ketchum M., The Design of Walls, Bins a. Grain Elevators, 3 ed., N. Y., 1926; Steuermann E., Die Theorie rotationssymmetrischer Schalen mit d. anisotropen Wandung, «Zeitschrift für angewandte Mathematik u. Mechanik», Berlin, 1925, B. 5, p. 449. С. Лебедев.

СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.*

Слово промышленность употребляется в двух смыслах: в более широком—в смысле производства, промыслов, охватывая в этом случае все производство и передвижение к потребителю хозяйственных благ, и в более узком смысле—как синоним слова «индустрия», охватывая лишь переработку ранее уже добытого человеческим трудом продукта. В первом случае в понятие «промышленность» входит и добывающая промышленность, и земледелие, и обрабатывающая промышленность, и транспорт; во втором—лишь обрабатывающая пром-сть. Отличие добывающей промышленности от обрабатывающей Маркс определяет след. обр.: «за исключением той промышленности, которую мы можем назвать добывающей, экстрактивной, и к-рая находит свой предмет труда гл. обр. в самой природе, как напр. горное дело, охота, рыбная ловля и пр.,—земледелие, лишь настолько, насколько оно вначале ограничивается вспашкой еще девственной почвы,—все остальные отрасли промышленности имеют дело с сырым материалом, т. е. с таким предметом труда, который уже был, так сказать, профильтрован сквозь труд, который сам есть уже продукт более раннего процесса труда» (Капитал, т. 1, стр. 135, изд. 1898 г.). «В отличие от сырых материалов», по Марксу, «все предметы, к-рые труд лишь отрывает от их непосредственной связи с земной корой, могут быть названы естественным предметом труда, данным от природы» (там же, стр. 132). Один и тот же предмет м. б. и результатом известного процесса труда, являясь уже готовым продуктом, и быть условием для возникновения другого процесса труда, если он поступает в дальнейшую переработку, являясь в таком случае сырым материалом или средством производства. Возникновение промышленности относится к самому началу хозяйственной деятельности человека. На первых ступенях народного хоз-ва общество состояло из б. или м. мелких обособленных друг от друга хозяйств, занимавшихся почти исключительно земледелием. В таких однородных по хозяйственным занятиям единицах все виды промышленной деятельности производились внутри хозяйства, добываемое сырье здесь же перерабатывалось с доведением до состояния, пригодного к потреблению. Такая обрабатывающая пром-сть еще не обособилась в са-

* Очерку социалистической промышленности СССР предшествует очень краткое и потому конечно лишь схематичное описание возникновения и развития промышленности капиталистических стран.

мостоятельную профессию, была целиком связана с сел. хоз-вом, составляла с ним одно целое, являлась домашнею пром-стью. Ленин так характеризует такую пром-сть: «домашнею промышленностью мы называем переработку сырых материалов в том самом хозяйстве (крестьянкой семье), которое их добывает. Домашние промыслы составляют необходимую принадлежность натурального хозяйства, остатки которого почти всегда сохраняются там, где есть мелкое крестьянство» (Ленин, Развитие капитализма в России). «Началом возникновения и развития пром-сти как самостоятельной отрасли хозяйства, как отдельной профессии, является отделение переработки продуктов от земледелия в самостоятельный промысел, в отдельное хозяйство. Такой первой формой промышленности, оторванной от патриархального земледелия, является ремесло, т. е. производство изделий по заказу потребителя» (там же).

При господстве натурального замкнутого хоз-ва как общее правило переработка продуктов земледелия производилась только для собственного потребления внутри хоз-ва; обмен на продукты других хоз-в хотя и существовал, но имел б. или м. случайный характер. И в Египте, и в Греции, и в Риме были промышленные предприятия, работавшие для продажи своих изделий, напр. папирусные ф-ки Египта, эргатерии Греции, горнорудные разработки Рима и т. д., но такие хоз-ва составляли незначительную долю в общем хозяйственном укладе, причем вся работа производилась с помощью рабского труда. В этом же периоде намечаются уже и зачатки специализации в промышленной обработке продуктов земледелия. В поместьях крупных землевладельцев среди их дворовой челяди выделяется ряд лиц, специально занимающихся переработкой сельских продуктов. В деревенских общинах также выделяются лица, занимающиеся одновременно с земледелием и переработкой продуктов не только для себя, но и для всей общины; такими специалистами впервые повидимому были кузнецы, гончары, пекари, мельники; они обслуживали как свое хозяйство, так и хозяйства соседей, получая в большинстве случаев за свой труд вознаграждение из продуктов обслуживаемого хозяйства. По существу такая промышленная деятельность была целиком связана с земледелием. Приблизительно с 12 в. в Англии и Франции, несколько раньше в Италии, позже в Германии начинается процесс массового выделения переработки продуктов в самостоятельные отрасли хозяйства, начинает создаваться ремесло как специальная занятие. Основными экономич. предпосылками, способствовавшими обособлению и развитию ремесла, были: 1) увеличение численности населения на каждой обособленной территории, к-рое создавало достаточные рынки сбыта для изделий обособившегося ремесленного производства, 2) поднятие производительности земледельческого труда, которое увеличило массу с.-х. продуктов и тем создало излишки сверх необходимого для удовлетворения собственных потребностей, благодаря чему сами потребности увеличились и предъявили спрос на продукты дифференцированного труда ремесленников. Производство универсального деревенского ремесленника перестало удовлетворять развившиеся потребности как деревни, так и землевладельцев; усовершенствовавшиеся орудия производства с. хоз-ва и военное оружие предъявляли требования к специали-

зации и выделению ряда производств в металлообработку. Оружейное производство, совершенствуясь, дало начало многочисленным специальным подразделениям. Отсутствие путей сообщения не позволяло развиваться межтерриториальному обмену, могущему покрыть предъявляемый спрос, и вызвало существование в каждой обособленной территории ремесел, обслуживающих нужды этой территории. Развитие и существование ремесла тесно связаны с развитием городской жизни. Являясь центром данной территории, города притягивали к себе ремесленников, обслуживавших своим трудом городское население и прилегавшие деревни. Ремесленник работает гл. обр. на заказ для определенного потребителя, сплошь и рядом работа производится на дому у заказчика и из сырья заказчика. Ремесленник свободен от крепостной зависимости, он работает для себя. Работает ли ремесленник из своего сырья или из сырья заказчика, его работа всегда является работой на определенный рынок или на определенного потребителя. Ремесленник сбывает свои продукты непосредственно потребителю. Продажа производится или из собственной мастерской или самим же ремесленником на ближайшем рынке. Цехи, возникшие одновременно с ремеслом, объединяли однородные производства. Цехи организовывали необходимые всем ремесленникам данной отрасли предприятия, производили закупку сырья, следили за качеством вырабатываемой продукции и т. д. Наибольшего расцвета ремесло достигло в середине 14 в. Технику ремесленного периода можно назвать эмпирической. Известные приемы труда в неизменном виде повторяются из поколения в поколение. Не умея обобщить опыта, ученики копировали приемы своего мастера. Верность глаза, твердость руки определяли качество продукта. Производительность труда при примитивных инструментах была крайне низка, напр. в 15 в. на производство хорошего замка требовалось до 14 дней, на производство пяти кусков сукна сукнодел затрачивал около года, на производство художественных изделий затрачивались годы, постройки больших зданий занимали десятки, а иногда сотни лет. Как правило ремесленник производил цельный продукт, от начальных до конечных стадий его обработки. Разделения труда внутри производства не существовало. Однако уже с 14 в. ремесла начинают дробиться: от ткачества обособляется окраска и отделка сукон, металлическое производство дробится на ряд отдельных специальных производств и т. д.

С 15 в. начинается постепенное разложение ремесла. Все сильнее идет процесс дробления ремесел на отдельные специальные производства. Техника в связи с этим становится проще. Все более усиливается конкуренция со стороны приходящих из деревни работников. Цехи всячески борются с увеличением количества ремесленников, вместе с тем они вооружаются и против всяких технических усовершенствований. Сами ремесленники ведут борьбу с появляющимися машинами.

В 17—18 вв. ремесленная форма пром-сти уступает место новой организации пром-сти—мануфактуре. Мануфактура—это кооперация, основанная на разделении труда. «Та форма труда, при которой много работников работают вместе в одном и том же процессе производства или в разных, но между собою связанных процессах производства, называется сотрудничеством или

кооперацией» (Маркс, Капитал, т. I, стр. 278, изд. 1898 г.). Совместное участие в одном и том же процессе труда, даже если работающие производят одинаковую работу, приводит к значительному повышению производительности труда. Объединение отдельных ремесленников в общих мастерских является уже переходом к более высокой форме пром-сти. «Из раздробленного мелкого производства вырастает капиталистическая простая кооперация» (Ленин, Развитие капитализма в России). Капиталистическая простая кооперация еще не составляет определенной новой формы производства, но она является уже ареной применения индивидуального капитала в пром-сти. «В действительности капиталистическое производство начинается только там, где один и тот же отдельный капитал дает одновременно занятие значительному числу работников. Кооперация, основывающаяся на разделении труда, приобретает свою типическую форму в мануфактуре и является характерной формой капиталистического процесса производства в продолжение собственно мануфактурного периода. Период этот тянется приблизительно с половины 16 в. вплоть до последней трети 18 в. Мануфактура возникает двойным образом» (Маркс, Капитал, т. I). Один процесс возникновения мануфактуры заключается в том, что ремесленники различных профессий соединяются в одной мастерской под управлением одного капиталиста для выработки предметов, в производстве к-рых применяются различные профессии. Другой процесс заключается в том, что ремесленники, занятые одним и тем же производством, соединяются в одной мастерской, и затем постепенно между этими ремесленниками вводится систематич. разделение труда, благодаря чему каждый из объединившихся ремесленников перестает исполнять множество различных операций, необходимых для производства данного предмета, а специализируется на выполнении одной какой-либо операции. Особенностью разделения труда в мануфактуре является то, что процесс производства распадается на те же части, на какие расчленяется соответствующее ремесло. Ремесло попрежнему лежит в основании производства, производственная деятельность каждого работника попрежнему зависит от его силы, ловкости, опытности, технич. база попрежнему остается узкой и примитивной. Однако вследствие того что работник специализируется на каком-либо одном процессе, его искусство в этой отдельной операции доходит часто до виртуозности. В то же время благодаря специализации «детального работника» его инструменты упрощаются, улучшаются и разнообразятся. Организация труда при мануфактуре, кроме сосредоточивания работников в одном помещении, принимает еще одну форму — производство работы на дому. Предприниматель за сдельную плату получает от работника, работающего на дому, готовый продукт, изготовленный из собственного сырья работника или из сырья, данного предпринимателем. Такая система ведет к особенно сильной эксплуатации труда самого работника и членов его семьи. «Капиталистич. работа на дому встречается на всех стадиях развития капитализма в пром-сти, но наиболее характерна она именно для мануфактуры» (Ленин, Развитие капитализма в России). «Мануфактура сначала возникает стихийно, так сказать, сама собой. Но, как только она приобретает известную степень прочности и широты развития, то превращается в соз-

нательную, целесообразную и систематическую форму капиталистического способа производства... Мануфактурное разделение труда, посредством разложения ремесленной деятельности, посредством специализации рабочих инструментов, посредством образования специальных работников, посредством их группирования в один общий механизм, — создает качественное расчленение и количественную пропорциональность общественных процессов производства; следовательно оно создает определенную организацию общественного труда и посредством этой организации развивает в то же время новую общественную производительную силу труда» (Маркс, Капитал, т. I). «Развитие и углубление разделения труда происходит весьма медленно, т. ч. мануфактура целыми десятилетиями и даже веками сохраняет раз принятую форму» (Ленин, Развитие капитализма в России). Помимо общеизвестной роли разделения труда в процессе развития производительных сил Ленин отмечает также два следующих обстоятельства, которые имеют особенное значение в подготовке перехода к крупной машинной индустрии: «Во-первых, только расчленение процесса производства на ряд самых простых, чисто механических операций дает возможность вводить машины, которые применяются сначала к простейшим операциям и лишь постепенно овладевают более сложными операциями... Второе обстоятельство, которое необходимо особенно подчеркнуть, это — подготовка искусных рабочих мануфактурой» (Ленин, там же). Мануфактура составляет промежуточное звено между мелким ремесленным производством и крупной машинной индустрией. «Мануфактура не была в состоянии ни охватить общественное производство во всем его объеме ни преобразовать его до самого корня. Ее собственное узкое техническое основание оказалось — на известной ступени ее развития — в противоречии с созданными ею же самой потребностями производства» (Маркс, Капитал, т. I). Маркс считает совершеннейшей формой мануфактуры такие мануфактуры, к-рые производили инструменты и механич. аппараты. Такие мастерские создали машины, применение к-рых уничтожило технич. основание мануфактуры и дало возможность развиваться крупному фабричному способу производства. Крупная фабричная пром-сть составляет высшую ступень капитализма в пром-сти.

Ф-ка от мануфактуры в основном отличается применением в производстве системы машин. Отличие машины от орудия труда ремесленника — инструмента — заключается в следующем: «Всякая вполне развившаяся машина состоит из трех существенно различных частей: двигательной машины, передаточного механизма и наконец исполнительного механизма, или собственно рабочей машины» (Маркс, Капитал, т. I). Первые две части служат только для того, чтобы сообщить движение третьей основной части, которая соприкасается с предметом труда и преобразует его. Промышленная революция 18 века исходила именно из исполнительных частей машины. Исполнительная часть машины совершает те операции, которые раньше совершал ремесленник, инструмент ремесленника из рук человека передается теперь механизму и с этого момента «на место простого инструмента выступает машина». Если человек может работать только одним инструментом, то машина эмансипируется от такого органического ограничения и может одновременно работать

большим количеством инструментов. Соединение таких машин естественно потребовало более мощного, чем человек или животное, двигателя. Изобретение паровой машины создало новый двигатель, не зависящий от природных условий, каким были водяные и ветровые двигатели. Паровая машина, подвижная сама по себе, дала возможность строить промышленные предприятия там, где этого желает человек. «Машинное производство в своей наиболее развитой форме представляет организованную систему автоматич. рабочих машин, получающих свое движение при помощи передаточного механизма от одного центрального автомата» (Маркс, Капитал, т. I). Применение новых машин могло осуществиться благодаря тому, что в мануфактурный период было подготовлено большое количество искусных рабочих. Мануфактура производила те самые машины, при помощи которых крупная промышленность уничтожила и ремесленный и мануфактурный строй производства. Коренное изменение способа производства, вносимое применением машин, в одной отрасли пром-сти вызывает соответствующие изменения и в других отраслях; вместе с тем изменение способов производства в пром-сти вызывает и коренные изменения в средствах сообщения. Все эти изменения вызывают необходимость создания громадного количества мощных машин, поэтому крупная пром-сть для своего существования должна в особенности овладеть техникой производства машин, она должна была научиться строить машины при помощи машин. «Только достигнув этого, она создала для себя соответствующее ей техническое основание и стала на собственные ноги» (Маркс, Капитал, т. I).

Применение машин вызвало изменение всего строя производства. Мануфактурное разделение труда, выражавшееся в соответствующем созидании специализировавшихся работников, заменяется расчленением самого производственного процесса, применением научных достижений физики, химии и т. д. «Работник становится простым придатком уже вполне сформировавшегося, готового материального условия производства. Машина... действует только в руках непосредственно — общественного или совокупного труда. Таким образом кооперативный характер процесса труда становится теперь технической необходимостью, вынуждаемой природой самих орудий труда» (Маркс, Капитал, т. I). Применение машин в фабричной пром-сти создает новую экономич. эпоху. «Экономические эпохи, — говорит Маркс, — отличаются одна от другой не тем, что делалось в течение этих эпох, но тем, каким образом это делалось, при помощи каких орудий труда достигалась в разное время та или другая цель» (Маркс, Капитал, т. I). Введение машин привело к быстрому росту эксплуатации рабочего класса. При машинах громадное развитие получило применение в промышленности женского и детского труда. Чтобы полнее использовать дорогие машины, к-рые с прогрессом техники должны заменяться новыми, более усовершенствованными, капиталисты всемерно удлиняют рабочий день. Вытеснение рабочих машинами создает промышленную резервную армию, и это вынуждает рабочих идти на снижение заработной платы. Отрицательное действие применения машин на рабочих компенсируется в нек-рой части расширением сбыта товаров, производимых машинным способом, что вызывает увеличение спроса на труд.

Широкое распространение машинного производства наступает после происшедшего в конце 18 в. в Англии промышленного переворота, выразившегося в области пром-сти в изобретении ряда машин. Прежде всего эти изобретения появились в текстильной пром-сти. В 1733 г. (по нек-рым данным в 1734 г.) Джон Кэй изобрел летучий челнок, благодаря к-рому процесс тканья в шерстяной пром-сти ускорился вдвое, в 1760 г. этот же челнок был приспособлен и к тканью хл.-бум. материй. Широкое применение этого изобретения в хл.-бум. пром-сти создало диспропорцию между ткачеством и прядением. Много усилий было направлено на изобретение машины для прядения, и в 1764—1765 г. удалось построить первую прядильную машину — «Дженни», работавшую одновременно шестью веретенами, к-рые скоро были доведены до 25. На этой машине прядлась хл.-бум. пряжа для утка. В 1767 г. Гаргрэвс усовершенствовал эту машину. Вскоре Аркрайт построил ватер-машину (изобретателем ее был повидимому Гайс), благодаря к-рой удалось производить прочную пряжу для основы из хлопчатой бумаги и тем освободить хл.-бум. пром-сть от зависимости от льна, из к-рого до этого времени приготавливалась основа. В 1768 г. Аркрайт построил в Ноттингеме первую ф-ку с ватер-машинами, приводившуюся в движение силой лошади. В 1771 году он построил вторую ф-ку с применением водяного двигателя. С 1790 г. прядение окончательно становится фабричной пром-стью благодаря применению изобретенной еще в 1775 г. Кромптоном мюль-машины, представляющей сочетание ручного прядильного станка («Дженни») с прядильной машиной с водяным двигателем (Waterframe). Применение на прядильных фабриках в качестве движущей силы водяных колес и впоследствии паровой машины Уатта повело к сильному развитию прядения и вызвало значительный излишек пряжи, поскольку ткачество не получило соответствующих машин и производилось попрежнему ручным способом; вследствие этого пришлось пряжу вывозить из Англии, и в 1804 г. высказывались даже пожелания о введении ввозных пошлин на пряжу. Благодаря такой диспропорции изобретательская энергия направилась на отыскание способов механизировать ткачество. В 1785 г. Картрайт изобрел и в 1787 г. усовершенствовал механич. ткацкий станок, приводимый в действие водой или паром. В 1800 г. уже было выстроено много ткацких ф-к, но окончательно машинные ф-ки упрочились в качестве лишь после изобретения в 1803 г. Джонсоном «Dressing frame», к-рое чрезвычайно подняло производительность рабочего и дало возможность работать на ф-ках детям почти без всякого обучения; ребенок мог справиться с двумя механическими станками, причем продуктов он давал вдвое-втрое больше, чем раньше искуснейший ткач. Все значение применения машин в пром-сти видно из следующей таблицы, показывающей рост хл.-бум. производства в связи с усовершенствованиями в технике (табл. 1).

Из этой таблицы видно, что историю этого производства можно довольно точно разделить на 4 периода. 1) Подготовительный период опытов изобретений Вайетта, Поля и др. до 1770 г.; 2) 1770—92 гг. (приблизительно) — период великих механич. изобретений; 3) 1792—1830 гг. — приложение силы пара к производству и усовершенствование великих изобретений; 4) с 1830 г. и позже — влияние парового двигателя

Табл. 1.—Рост хлопчатобумажного производства в связи с усовершенствованиями.*

Ввезено хлопка		Годы	Изобретения и усовершенствования
Годы	Фунты		
1730	1 545 172	1730	Придильная вальцовая машина Вайетта, патентованная в 1738 г.
		1738	Летучий челнок Кея (Fly-shuttle)
1741	1 645 031	1748	Чесальная машина Поля (беспольная, пока не была улучшена Лизом, Аркрайтом в период 1772—71 гг.)
1764	3 870 392	1764	Тонкопридильная машина «Дженни» Гартгрэва (патентована в 1770 г.), только для утка
		1764	Набивание ситца вводится в Ланкашире
		1768	Аркрайт совершенствует придильный станок Вайетта (патентовано в 1769 г.), делаая хлопок независимым от льняной основы
от 1771 до 1775	4 764 589	1771	Ф-на Аркрайта построена в Кромфорде
		1775	Аркрайт берет патенты для чесания, наматывания, прядения
		1779	Мюльная машина Кромптона започтена (соединение «Дженни» и ватерной машины производит более тонкие и более однородные пряжи)
1781	5 198 775	1785	Механич. ткацкий станок Картрайта
1785	18 400 381		
1792	34 907 497	1792	Первый паровик Уатта и Больтона для хл.-бум. ф-к
			Машина для отделения семян от волокон, изобретенная Уитнеем
1813	51 000 000	1813	Машина Горрокса
1830	261 200 000	1830	Тонкопридильная машина «Throstle» (употреблялась исключ. в Англии для прядения)
1832	287 800 000	1832	Самодельствующий мюль Роберта, усовершенствованный
1841	489 900 000	1841	Усовершенствованный механический ткацкий станок. Круговое прядение (ring spinning), весьма распространенное в США, недавно введенное в Ланкашире

* Г о б с о н, Эволюция современного капитализма, М., 1838, стр. 61.

на пром-сть (1830 г.)—открытие Ливерпуль-Манчестерской ж. д.). В остальных отраслях текстильной пром-сти (шерстяной, льняной, шелковой, джутовой) процесс индустриализации шел более медленными темпами, внедрение машин происходило медленнее и началось позже, поэтому и рост продукции происходил гораздо медленнее. Это видно из табл. 2.

Широкое применение машин в текстильной пром-сти, особенно в хл.-бум. производстве, возможно было лишь благодаря появлению парового двигателя. В 1768 г. Уатт соорудил свою первую паровую машину. Бывшие до того в употреблении паровые машины Севери, Ньюкомена и Каудле были очень несовершенны и малопригодны к работе. В 1774 г. Уатт усовершенствовал свою машину, и в 1777 г. его машины были применены на горных работах в Корнваллесе, где вполне оправдали себя. В 1782 г. Уатт создает паровую машину двойного действия. С этого времени паровой двигатель окончательно внедряется во все отрасли промышленности. Большой спрос

Табл. 2.—Валовая ценность текстильного производства, изделий и пряжи в Англии (в млн. фн. ст.).*

Годы	Хл.-бум.	Шер-стян.	Льнян.	Шел-ковое	Джу-товое	Всего
1780	2	17	2	3	2	26
1800	8	18	4	4	2	36
1810	20	18	5	5	8	56
1820	33	19	6	7	2	67
1830	39	20	8	8	2	77
1840	48	22	11	9	2	92
1850	49	28	13	12	6	108

* Гранат И., Классы и массы в Англии, 1927.

на новые машины в текстильной промышленности и в особенности появление парового двигателя должны были вызвать к жизни машинную металлург. пром-сть и значительно увеличить добычу каменного угля. Железодельтельное производство, базировавшееся на древесном угле, играло в пром-сти Англии ничтожную роль. Уже в 17 в. выплавка чугуна испытывала значительные затруднения из-за трудности снабжения домен древесным топливом. Лишь в 1730—40 гг. удалось применить для выплавки чугуна каменный уголь. Замещение древесного угля коксом еще больше увеличило производительность домен, и вместо 294 т в год, к-рые домна давала в 1750 г., в 1788 г. коксовая домна уже давала 903 т. Особенно большое значение в железнодельтельном производстве имело открытое в 1783—1784 г. Кортон пуллингование. До этого времени железо получалось из чугуна кустарным способом в кузнечных горнах (фришевание) с применением древесного угля. При таком способе процесс шел очень медленно, давал мало продукта и железо стоило очень дорого. Открытое Кортон пуллингование дало возможность получать в больших количествах ковкое железо и перейти от мелкого кустарного способа производства к фабричному, сохранив прежний способ лишь в очень ограниченном размере для нек-рых видов кустарных изделий. Производительность труда при этом способе поднималась почти в 10 раз. Затем Корт же предложил применение прокатных валов, благодаря чему удалось получать железо разнообразной формы (круглой, квадратной, прямоугоньей и т. д.). Дальнейшее развитие железнодельтельная пром-сть получила с применением в 1829 г. горячего дутья, что вызвало сбережение 2 т угля на 1 т чугуна, и введением в 1833 г. сырого угля вместо кокса, что дало дальнейшую значит. экономию угля. Развивающаяся пром-сть вызвала и развитие путей сообщения; к этому же времени относятся различные усовершенствования в этой области. В 1755 г. Брайдинг закончил первый канал у Ливерпуля и в 1766 г. был сооружен канал Манчестер—Ливерпуль. К концу 18 в. сеть новых шоссе-ных и водных путей соединила Лондон с новыми промышленными городами. В начале 19 в. появляется первая ж. д., построенная Стефенсоном. Еще в 1802 г. англ. инженеры Треветик и Виван построили первый паровоз для движения по обыкновенным дорогам, затем в 1804 году они употребили свой паровоз для движения по рельсам (со скоростью 8 км в час). Этот паровоз совершенствовался как самими изобретателями, так и другими лицами, но все эти паровозы были очень несовершенны и двигались с помощью всяких приспособлений в виде зубчатых колес, цепей и т. п.; лишь в 1814 г.

Стефенсон построил свой паровоз с гладкой бегущей поверхностью колес. В 1830 г. открылась ж.-д. линия Ливерпуль—Манчестер, на которой работало 8 паровозов усовершенствованной к этому времени Стефенсоном системы. С этого времени ж. д. постепенно завоевывают господствующее положение в путях сообщения.

Развитие машинной индустрии из Англии перешло на континент. 19 и начало 20 в. характеризуются бурным ростом пром-сти в Европе и США. Промышленный капитал с введением машин в производство подчиняет себе постепенно другие виды капитала—торговый, ростовщический. Главенствуя во всех областях общественных отношений, промышленный капитал подчинил себе и науку, черпая из нее возможности дальнейшего технического развития промышленности. «Врача и юриста, священника и поэта, человека науки буржуазия превратила в своих наемных работников» (Маркс и Энгельс, Коммунистический манифест). В противоположность предшествующим экономическим эпохам, когда техника промышленности носила узко эмпирич. характер, техника эпохи промышленного капитала основывается на широких научных общениях. Без исследовательских институтов, научных лабораторий, громадной армии научных работников, без тесной связи прикладной техники с наукой, особенно с естествознанием, развитие пром-сти в настоящее время совершенно немислимо. В предшествующие эпохи орудия труда оставались неизменными в течение столетий, в период промышленного капитализма усовершенствования и изобретения сменяют одно другое чрезвычайно быстро, это вызывает постоянную устареваемость оборудования промышленности и необходимость замены одних машин другими, более совершенными, что в свою очередь вызывает усиленный рост отраслей, вырабатывающих орудия производства; часто изобретение влечет за собой не только замену оборудования, но и изменение в корне всего строя данной отрасли, либо возникновение новых отраслей. Темп роста изобретений виден из табл. 3.

Табл. 3.—Число ежегодно выдаваемых патентов.

США		Германия		Англия		Франция	
Годы	Число патентов	Годы	Число патентов	Годы	Число патентов	Годы	Число патентов
1840	458	1900	8 784	1860	2 063	1850	1 953
1860	4 363	1905	9 600	1880	3 741	1880	7 828
1880	1 296	1910	12 100	1900	13 170	1900	12 400
1900	21 660	1920	14 452	1905	11 786	1905	12 953
1910	35 168	1930	26 737	1910	16 239	1910	16 064
1920	37 164			1920	14 191	1920	18 950
1930	45 213			1930	20 705	1930	24 000

«Только крупная машинная индустрия вносит радикальную перемену, выбрасывает за борт рыночное искусство, преобразует производство на новых началах, систематически применяет к производству данные науки» (Ленин). Основной развития пром-сти в капиталистич. период являются топливно и добыча и переработка метал-

лов, т. к. железо и сталь вытеснили почти все другие материалы при производстве машин. Основным видом топлива в 19 и 20 вв. является каменный уголь. До конца 18 в. каменный уголь хотя и был известен, но добыча его производилась в крайне ограниченном количестве; лишь с конца 18 и начала 19 в. после применения каменного угля в доменной плавке и распространения паровой машины начинается развитие добычи каменного угля. Развитию каменноугольной пром-сти способствовал ряд открытий и изобретений как в области способов определения местонахождения и размеров запасов угля в недрах, так и в способах проходки шахт и их эксплуатации. Эти открытия дали возможность значительно ускорить шахтное строительство, увеличить глубину шахт и их мощность. Замена ручной работы механизацией добычи чрезвычайно повысила производительность труда в каменноугольной промышленности. Механизированная добыча угля получила особенное развитие после мировой войны; так, в Рурском бассейне в 1913 г. механизаций добычи составляла 2,2% от всей добычи, а в 1929 г.—92,9%, в Бельгии в те же годы 10,0 и 88,9%, в Англии—8,5 и 28,0%. Рост добычи каменного угля в 19 и начале 20 в. виден из табл. 4.

Табл. 4.—Добыча каменного угля (в млн. англ. т).*

Страны	1800	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1913
США	0,2	0,5	1,3	1,8	8,0	13,0	29,5	63,8	140,9	240,8	508,1
Англия	10,1	12,5	16,1	30,0	49,0	80,0	110,4	147,0	181,6	225,2	287,4
Германия	0,3	1,5	2,0	3,4	6,7	12,1	26,0	46,2	69,1	107,5	187,1
Франция	0,8	1,2		3,3	4,4	8,2	13,0	18,5	25,2	32,2	39,4
Итого	11,4	15,7	19,4	38,5	68,1	113,3	178,9	275,5	416,8	605,7	1 022,0

* Мотылев В., Проблема темпа развития СССР, М., 1929.

Развитие промышленности и транспорта заставило искать помимо каменного угля и дров других источников энергии. Таким источником явилась нефть, известная человечеству с незапамятных времен, но не находившая себе промышленного применения. Лишь в 1859 г. впервые была поставлена в промышленном масштабе добыча и переработка нефти в керосин. Дальнейшие усовершенствования в добыче, и в особенности в переработке нефти, дали возможность широко использовать нефтяные продукты в качестве топлива для газовых двигателей. Это обстоятельство вызвало чрезвычайный рост добычи нефти. Мировая добыча нефти составляла в 1875 г. 1,6 млн. т, в 1899—9,11 млн. т, в 1900—16 млн. т, в 1907—33 млн. т, в 1913—49 млн. т, в 1919—66 млн. т, в 1925—134,9 млн. т. Немаловажное значение для промышленности имело использование таких источников энергии как горючие сланцы, торф, дрова и отходы других производств. Особое значение имело применение торфа, т. к. добыча его сопряжена с осушением болот и следовательно с введенным в сельскохозяйственную эксплуатацию больших пространств земель, раньше бывших бесплодными. Использование отходов производств в качестве топлива, способствуя удешевлению основного производства, привлекало к себе благодаря этому большое внимание и дало значительные добавочные ресурсы топлива. Большое значение имело открытие способа использования газов доменного процесса и коксования в ка-

честве источника энергии. 19 в. обогатил промышленность новым видом энергии, применение которого произвело переворот в ряде отраслей пром-сти,—это открытие способа использования электричества как энергии и передачи электрич. энергии на расстояние. Все увеличивавшийся спрос пром-сти и транспорта на энергию, требование все больших мощностей, утилизация новых видов топлива вызвали и усовершенствование и изменение паровой машины, водяных двигателей и создание новых видов двигателей для использования электричества и газа. Наиболее древние механич. двигатели, водяные, были вытеснены из крупной пром-сти паровыми машинами. Колоссальный рост потребности в энергии в 19 в. поставил вновь на очередь вопрос о лучшем использовании силы движения воды. Водяные колеса не могли удовлетворить этой потребности, и на смену им были изобретены водяные турбины. Изобретателем турбины является Фурнейрон. Первая турбина, сконструированная по принципу Фурнейрона, была построена в 1827 г. (т. н. радиальная турбина). В 1837 г. Генешем была построена аксиальная турбина. Впоследствии эти турбины были усовершенствованы и достигли благодаря изобретениям Френсиса, Пельтона и ряда других лиц громадной мощности. Они явились могучим средством, способствовавшим развитию гидроэлектростанций. Не могла удовлетворить потребность пром-сти и транспорта благодаря своей маломощности и малой экономичности в потреблении топлива и паровая машина Уатта. Изобретательская мысль была направлена в сторону увеличения мощности машины при относительном уменьшении затрат топлива на единицу силы. В 19 веке паровые машины эволюционируют в направлении увеличения давления, что приводит к значительной экономии топлива, относительного уменьшения размеров и веса машины, более равномерного распределения пара и значительно меньшей потери энергии. КПД машины значительно был увеличен применением перегретого пара. Новый принцип в конструкции паровых двигателей был внесен построением паровых турбин, изобретенных в 1884 г. Парсонсом (реактивная турбина) и в 1889—де-Лавалем (активная турбина). Они нашли себе чрезвычайно большое применение, т. к. при больших мощностях обладают гораздо меньшим объемом. В результате эволюции мощность паровых машин увеличилась с 18 HP (машина Уатта) до нескольких десятков тыс. HP в различного типа турбинах, а расход пара уменьшился с 24 кг на 1 силочас до 3,8 кг.

Совершенно новыми двигателями в 19 в. явились газовые двигатели и электромоторы. Газовые двигатели и др. двигатели внутреннего сгорания появляются с 1860 г., когда Ленуар построил применимый в пром-сти газовый двигатель мощностью до 12 HP. Этот двигатель не имел широкого распространения в промышленности из-за ряда технич. несовершенств и особенно из-за малой экономичности. Вместо этой машины в 1864 г. появился газовый двигатель, сконструированный Отто и Лангеном, оказавшийся экономичнее, но также имевший ряд крупных недостатков. Широкое промышленное применение газопоршневые двигатели нашли лишь с 1878 г., когда Отто изобрел четырехтактный газовый двигатель. Обладая очень большими преимуществами по сравнению с паровыми машинами в смысле КПД, газовые двигатели имели тот недостаток, что приводились в действие до-

рого стоящим светильным газом; поэтому при больших мощностях применение газовых двигателей оказывалось менее экономным, чем применение паровых машин. Дальнейшее развитие газовые двигатели получили после приспособления их к пользованию доменным и коксовым газами. Одновременно с газовыми двигателями стали развиваться двигатели, использующие жидкое топливо. Наиболее совершенный двигатель с использованием жидкого топлива был изобретен Дизелем в 1893 г. При очень экономном расходовании топлива двигатели Дизеля дают очень большие мощности. Особенное значение такие двигатели приобрели в автомобильной промышленности, которая могла получить свое громадное развитие лишь благодаря изобретению таких моторов. Впервые автомобильные моторы были построены Даймлером и Бенцем еще в 1886 г.

В 19 в. начинается применение в качестве движущей силы электрич. тока. Применение последнего вызвало переворот в области конструкции как силовых, так и рабочих машин. С 20 в. электричество проникает во все области жизни: все отрасли пром-сти, транспорт, сел. хоз-во, быт применяют электрич. мотор все в большей и большей степени. Целый ряд изобретений и теоретич. исследований дали возможность довести передачу энергии на расстояние и ее использование до состояния, соответствующего новейшей технике крупной машинной промышленности. Электромотор в чрезвычайной степени поднял производительность труда, а «производительность труда,—говорит Ленин,—это в последнем счете самое важное, самое главное для нового общественного строя». Рост электромоторной мощности в сопоставлении с ростом пром-сти очень отчетливо рисуется на примере США (табл. 5).

Табл. 5.— Темпы роста промышленности и ее энерговооруженности в США.*

Годы	Индекс объема промышл. произв.	Индекс занят. раб. силы	Индекс общей энерговооруж.	Индекс электромоторной мощности
1899	100	100	100	100
1904	122	116	133	322
1909	155	140	186	975
1914	169	149	222	1 790
1919	218	195	293	3 310
1925	278	189	355	5 308
1927	281	188	389	6 189

* Вейц В., Очерки по энергетич. перевооружению СССР и капиталистич. стран, «Энергетич. хоз-во СССР», т. 1, стр. 9.

Из таблицы видно, что рост электромоторной мощности значительно обгоняет рост промышленности и ее общей энерговооруженности. Введение новых машин, общее развитие промышленности, требовавшее производства новых машин, создавало необходимость для своего осуществления в громадном количестве металла, что вызвало мощное развитие металлургии. Добыча и обработка металлов—это та материальная база, на которой развивается машинная индустрия.

Доменная выплавка начинает появляться с начала 15 в. Невысокие, ок. 3 м вышины, домы того времени работали на древесном угле, обладая ничтожной производительностью. В начале 19 в. домы давали до 5 т чугуна в сутки. Переворот в доменном процессе произошел в начале 18 в., когда в Англии каменный уголь,

заменивший к этому времени древесный, при плавке был заменен коксом, что дало возможность увеличить высоту домы до 30 м, что в свою очередь позволило увеличить производительность домен и дать значительно больше чугуна для удовлетворения растущего спроса машиностроения и нового ж.-д. строительства. В начале 19 века в Штирии домна давала 3—4 т чугуна в сутки, работая на древесном угле; в 1875 г. при работе на коксе некоторые печи давали до 100 т в сутки. Громадное значение для доменного процесса имело применение Нильсоном в 1828 г. горячего дутья; оно понизило расход кокса на 35,7%. Почти одновременно были произведены опыты, давшие прекрасные результаты с заменой кокса сырым каменным углем. Дальнейшее усовершенствование в доменном процессе шло по направлению увеличения мощности домен и экономии топлива. В результате, вместо 8 т кокса на 1 т чугуна в 1800 г., в 1850 г. требовалось лишь 3 т, а в 1900 г. — уже ок. 1 т. В 70-х годах средняя производительность одной печи составляла в среднем 20—30 т чугуна, в 1880 г. была построена крупнейшая для того времени в США доменная печь мощностью 120 т, а в 1900 г. в США печи достигали уже мощности в 463 т, в 1918 г. появилась 600-т печь, а в настоящее время в США нек-рые печи дают 1 050 т в сутки, а наши магнитогорские печи могут давать 1 000—1 100 т в сутки. Как было указано выше, особое значение для металлургии, пром-сти имело открытие способа изготовления железа путем пудлингования. Следующим этапом в металлургии было усовершенствование выработки стали; старый способ получения стали не давал однородной прочной стали, что служило большим препятствием к ее обработке. В 1840 г. В. Хенстман открыл способ получения стали посредством тигельного производства. Способ изготовления тигельной стали долгое время оставался неизвестным, составляя секрет англичан. Лишь заводам Круппа удалось найти способ выделки литой стали, не уступающей английской тигельной. Хотя сталь и получалась очень высокого качества, но процесс ее получения требовал много времени и сталь стоила очень дорого. В 1856 г. Бессемер сделал свой доклад о «производстве железа и стали без горячего материала» в Британском Об-ве (см. *Бессемерование*). Открытие Бессемера вызвало сильные возражения и лишь в 1867 г. его идеи были осуществлены на практике и произвели переворот в производстве стали. Применение бессемеровского процесса привело к чрезвычайному удешевлению стали, цена к-рой с 600 руб. за 1 т упала до 150 р. В дальнейшем бессемеровский процесс дополнен новыми изобретениями, повысившими производительность конвертеров больше, чем в 60 раз. Одним из важнейших открытий в области бессемеровского процесса явился изобретенный в 1878 г. Томасом и Джилкристом т. н. томасовский процесс, освобождающий чугун от присутствия в нем фосфора. Благодаря применению этого способа удалось получить из содержащего фосфор чугуна свободную от фосфора, сталь, а получаемый при этом шлак путем дальнейшей переделки — превращать в прекрасное удобрение (томасовская фосфорная мука). Громадное значение в производстве стали получил предложенный Мартеном способ сплавления чугуна с железом. Осуществить получение стали таким способом удалось лишь после того, как Сименсом была

сконструирована печь, дающая достаточно высокие t° , необходимые для этого процесса. К началу 20 в. мартеновский процесс был значительно улучшен и производительность мартеновских печей сравнительно с 1870 г. повысилась почти в 40 раз. Мартеновский способ производства имеет большое экономич. значение, т. к. благодаря ему утилизируются большие запасы железного и чугунного лома. С середины прошлого века начинает развиваться новая отрасль науки — металлография — учение о металлах и их сплавах. Успехи металлографии в конце прошлого и начале текущего века привели к открытию ряда *сплавов* (см.), нашедших большое применение в пром-сти. Создалось новое производство специальных *сталей* (см.), как никелевая, марганцевая, вольфрамовая и другие. Изготовление этих сталей дало возможность готовить инструменты и части машин соответствующей твердости, без к-рой немислимо было бы дальнейшее развитие металлообработки и машиностроения. Связь между открытиями и изобретениями, с одной стороны, и ростом выплавки чугуна, с другой, видна из табл. 6.

Табл. 6.—Прогресс техники в металлургии и выплавка чугуна в Англии.*

Годы	Технич. усовершенствования в металлургии	Выплавка чугуна в тыс. т
1710 1768	Усовершенствование Сметона воздуходувок (одна печь на др. угле вместо 291 т в 1710 г. стала выплавлять в 1770 г. 546 т)	17,3
1783	Патент Корта на пламен. отражат. печь и спустя год на процесс пудлингования	—
1784	Паровая машина Уатта введена в металлургию	61,3
1796	—	125,0
1823	—	419,0
1829	Нейльсон ввел горячее дутье	—
1830	—	689,0
1839	—	1 369
1842	Применение железа для судостроения	—
1844	Начало строительства ж. д.	—
1847	—	2 025
1849	—	2 032
1856	Патент Бессемера	—
1857	Патент на аппарат горячего дутья Коупера	—
1860	—	2 888
1861	Патент Мартена	—
1866	—	4 896
1879	Патент Томаса	—
1880	—	7 875
1890	—	8 033
1900	—	9 093
1910	—	10 172
1913	—	10 125

* Перспективы развития металлургии черных металлов, Л., 1929.

Рост выплавки чугуна (в тыс. т) в других капиталистических странах в 19 и начале 20 в. виден из табл. 7.

Революционизирующее всю промышленность значение имело применение в производственном процессе электрического тока. Первое практическое применение установленный Фарадеем закон электролиза нашел в гальванопластике. Дальнейшие работы в направлении применения электролиза создали значительные отрасли пром-сти по рафинированию цветных металлов (меди, цинка, золота и серебра). Пишон в 1853 г. изобрел аппарат, положивший начало конструированию электрич. печей. В 1878/79 г. Сименс построил электрич. печь, к-рая имела уже большое промышленное значение. В 1887 г. братья Коуельс построили новую усовершенст-

Табл. 7. — Выплавка чугуна (в тыс. т). *

Годы	США	Англия	Германия	Франция
1800	40	170	40	60
1810	54	250	46	85
1820	110	400	90	140
1830	165	680	120	220
1840	287	1 340	170	350
1850	564	2 250	402	570
1860	821	3 830	529	900
1870	1 665	5 940	1 391	1 180
1880	3 835	7 750	2 713	1 730
1890	9 203	7 900	4 651	1 900
1900	13 789	9 900	8 507	2 700
1913	30 968	10 230	16 500	5 126

* Мотылев В., Проблема темпа развития СССР, М., 1929.

вованную электрич. печь, и с начала 90-х годов начинают строиться грандиозные з-ды с электрич. печами для удовлетворения различных требований металлургии. Одним из первых продуктов, получившихся в пром-сти благодаря электрич. печам, был алюминий, приобретший громадное значение во многих отраслях промышленности. Для производства алюминия во всех странах создаются грандиозные з-ды, т. к. этот металл дал возможность усовершенствоваться и развиваться ряду производств, имеющих чрезвычайное значение (производство кабелей для передачи электрич. энергии, автоматное дело, постройка аэропланов и дирижаблей и ряд других). Сент-Клер-Девилль, нашедший в 1854 г. технич. способ добывания алюминия, открыл одно из основных свойств алюминия — его сильную восстановительную способность. Дальнейшие открытия в области алюминия, сделанные в 1896 г. Муассоном и Шублеем, и особенно работы Гольдшмидта, создали новую отрасль металлургии — алюминотермию, к-рая в свою очередь способствовала развитию и возникновению ряда отраслей пром-сти как в металлургии, так и в химической пром-сти. Не меньшего успеха достиг прогресс техники и в других отраслях промышленности. Значение тесного сотрудничества науки и техники особенно ярко сказалось в применении к промышленности результатов, полученных химическими науками; благодаря применению химич. знаний удалось значительно изменить способы обработки железа, использовать ряд ценных веществ, содержащихся в каменном угле; химич. обработка дерева вызвала к жизни ряд отраслей пром-сти. Производство ализариновых красок, фармацевтич. препаратов, синтез органич. красящих веществ из каменноугольной смолы, производство целлюлозы, производство искусственного шелка, производство пластич. масс, перед которыми открываются громадные перспективы в применении их в самых различных отраслях пром-сти, производство ряда искусственных продуктов, заменявших натуральные вещества, — все это и ряд других завоеваний пром-сти явилось результатом применения научных достижений в технике и пром-сти. В результате развития техники пром-сти удалось при минимальных затратах физич. труда, энергии и сырых материалов дать громадное увеличение производительности труда. Несколько примеров дадут представление об экономич. выгодах применения машин в пром-сти; процесс puddингования требовал для производства 1 т железа трех недель, в настоящее время для этого требуется 20 мин.; скорость резания в 1898 г.

равнялась 45,3 мм/сек, в 1900 г. — 128,3; дублирование телячьей шкуры длится при обыкновенном способе 3 месяца, при применении усовершенствованных способов 24—32 ч., дублирование тяжелых бычьих шкур соответственно 12—15 мес. и 96—108 час.; при производстве обуви ручным способом для подбивки гвоздями требуется 40 мин., при машине — 14,5 мин., рантовка соответственно — 80 мин. и 3 мин.; в 1899 г. в Америке выработка 1 600 кг пряхи при ручной работе требовала 3 117 ч., при машинной — 19 ч.; 1 млн. иглолок соответственно требовал 475 и 12 ч.; 1 600 кг соответствующих гвоздей 250 и 43 ч.; 100 тыс. папирос 990 и 97 ч.

В соответствии с развитием техники находится и громадное увеличение суммы добываемых и обрабатываемых пром-стью продуктов. В развитии производительности общественного труда все большую роль играет производство средств производства, все большее количество общественного труда направляется именно на это производство. Рост этих отраслей пром-сти наиболее показателен для развития экономич. сил мирового капитализма. Особенно большими темпами пром-сть развивалась за 2-ю половину прошлого и начало текущего века. Табл. 8 показывает темпы роста отраслей тяжелой промышленности и одной из важнейших отраслей легкой пром-сти — хл.-бумажной — в главных промышленных странах.

Табл. 8. — Средний геометрический % годовичного прироста продукции.*

Отрасли пром-сти	1870—1880	1880—1890	1890—1900	1900—1913
США				
Уголь	8,0	8,2	5,5	5,9
Чугун	8,7	9,1	4,1	6,4
Сталь	32,9	13,6	9,0	9,0
Хлопок	6,1	3,4	3,3	1,0
Англия				
Уголь	2,9	2,1	2,2	1,9
Чугун	2,7	0,2	1,3	1,0
Сталь	15,8	10,7	3,1	3,5
Хлопок	2,5	1,9	0,2	0,8
Германия				
Уголь	5,9	4,1	4,5	4,4
Чугун	6,9	5,6	6,2	5,2
Сталь	11,6	13,9	11,1	8,1
Хлопок	6,1	5,5	2,9	4,2
Франция				
Уголь	3,6	3,1	2,5	1,6
Чугун	3,9	0,9	3,6	5,1
Сталь	16,1	5,8	7,9	9,0
Хлопок	3,5	3,9	2,2	5,1

* Мотылев В., Проблема темпа развития СССР, М., 1929.

Как видно из данных таблиц, рост текстильной промышленности во всех странах и во все периоды конца 19 в. отставал от роста тяжелой индустрии.

Табл. 9 дает представление о добыче минерального топлива и цветных металлов и выплавке чугуна в 19 и 20 веках во всем мире. Развитие пром-сти, естественно, повлекло за собой преобразование и развитие других отраслей народного хоз-ва. В первую очередь пути сообщения и транспорт должны были реорганизоваться и приспособиться к удовлетворению запросов пром-сти. Основным видом транспорта является железнодорожный. Развитие ж. д. важнейших в промышленном отношении стран за 20 лет перед войной видно из табл. 10.

Табл. 9. — Рост мировой продукции тяжелой индустрии.

Годы	Уголь в тыс. т	Нефть в тыс. т	Чугун в тыс. т	Медь в тыс. т	Свинец в тыс. т	Серебро в тыс. кг
1800	11 600	—	—	16,0	—	—
1805	—	—	—	—	—	891,1
1810	—	—	—	17,8	—	—
1815	—	—	—	—	—	540,8
1820	17 200	—	—	18,5	—	—
1825	—	—	1 400	20,0	55	460,6
1830	—	—	1 560	21,0	60	—
1835	—	—	2 100	30,0	63	596,4
1840	41 800	—	2 800	32,5	100	—
1845	—	—	3 100	35,0	128	780,4
1850	81 400	—	4 900	40,4	150	—
1855	—	—	6 375	49,3	180	888,7
1860	112 300	—	7 600	62,0	190	906,5
1865	—	340	9 650	—	—	1 189,2
1870	213 400	730	1 230	77,0	282	1 378,9
1875	—	1 770	14 150	—	350	1 939,5
1880	310 000	3 900	18 560	155,0	360	2 323,0
1885	—	4 800	19 800	207,0	410	2 841,6
1890	512 000	9 800	27 450	269,8	590	4 180,5
1895	—	11 000	29 400	340,4	663	5 667,7
1900	774 800	20 000	41 115	505,8	873	5 599,2
1905	912 300	28 900	51 050	698,3	984	5 638,2
1910	1 162 200	43 800	66 250	877,5	1 127	7 267,0
1915	1 179 200	59 300	65 100	1 087,1	1 150	5 723,0
1920	1 367 700	99 100	61 450	953,2	875	5 119,0
1925	1 374 100	148 800	72 100	1 434,7	1 528	7 620,0
1930	1 404 700	196 392	80 100	1 556,5	1 629	8 140,4*

* В 1929 г.

Табл. 10. — Развитие железных дорог.

Страны	Длина эксплуатируемых ж.д. в км в конце года		Рост, %	Длина ж.-д. линии в км на			
	1890	1911		100 км ²		10 000 жит.	
				1890	1911	1890	1911
Германия	42 869	61 936	12,6	7,9	11,1	8,7	9,5
Англия	32 297	37 649	16,4	10,3	12,0	5,5	8,3
Франция	36 895	50 232	35,9	7,0	9,3	9,6	12,8
США	268 409	396 860	14,6	3,0	4,3	12,7	43,1

Развитие морского транспорта, играющего громадную роль в международном обмене и в сообщениях капиталистич. стран со своими колониями, и его реконструкция в смысле увеличения мощных паровых судов видны из табл. 11.

Табл. 11. — Состав торгового флота.

Страны	Годы	Парусные суда		Паровые суда		Всего	
		Число	Тоннаж, тыс. т	Число	Тоннаж, тыс. т	Число	Тоннаж, тыс. т
Германия	1865	3 438	854,9	664	420,6	4 102	1 275,5
	1912	2 752	498,2	2 098	2 655,5	4 850	3 153,7
Великобритания и Ирландия	1885	17 018	3 457,0	6 644	3 973,0	23 662	7 430,0
	1912	8 399	835,6	12 338	10 985,2	20 737	11 878,8
США	1885	18 564	2 771,0	5 399	1 494,0	23 963	4 265,0
	1912	10 652	2 167,6	11 010	2 632,9	21 662	4 800,4
Франция	1885	15 266	1 000,0	937	492,0	16 203	1 492,0
	1912	15 949	624,5	1 780	838,1	17 729	1 462,6

В 20 в. появляется новый вид транспорта — автомобильный, — за короткое время развившийся в транспорт мирового значения. В 1900 г. в США было всего 8 000 легковых машин и во Франции 3 000. В остальных странах автомобильный транспорт в это время не имел никакого значения. В 1910 г. в США было уже легковых и грузовых машин 468 500, в Великобритании 78 000, во Франции 53 669, в Германии 34 206; в 1920 г. в США 9 231 941, в Великобритании 362 409, во Франции 260 241 и в Германии 75 000; в 1929 г. в США 26 501 443,

в Великобритании 1 459 732, во Франции 1 322 387 и в Германии 577 157.

Развитие техники вызвало увеличение размера самих предприятий. Мелкие предприятия с небольшим капиталом не могли овладеть новой техникой; но не только технич. факторы, а другие обстоятельства, обусловливаемые снабжением, сбытом продукции и получением прибыли, вызывают увеличение размеров предприятия, увеличения вкладываемого капитала. «Ход развития капиталистич. производства и накопления обусловливает процесс труда в постоянно возрастающем масштабе и вместе с тем в постоянно растущих размерах и соответственно этому обусловливает постоянное увеличение авансирований капитала на каждое отдельное предприятие. Поэтому возрастающая концентрация капиталов является и одним из материальных условий капиталистич. производства и накопления и одним из создаваемых им самим результатов» (Маркс, Капитал, т. III). Концентрация производства осуществляется в процессе развития промышленного капитализма в виде накопления капитала у отдельного предпринимателя и в виде централизации капиталов и является одной из основных особенностей развития промышленного капитализма. Производство сосредоточивается в очень крупных предприятиях, разлагая и уничтожая мелкую пром-сть. «Громадный рост пром-сти и замечательно быстрый процесс сосредоточения производства во все более крупных предприятиях являются одной из наиболее характерных особенностей капитализма» (Ленин, Империализм как новейший этап капитализма). Наибольшее развитие концентрация производства получила в Германии и США. «В Германии, напр., из каждой тысячи промышленных предприятий было крупных, т. е. имеющих свыше 50 рабочих, в 1882 г. — 3, в 1895 — 6 и в 1907 — 9. На их долю приходилось из каждой сотни рабочих: 22, 30 и 37» (Ленин, там же). Еще сильнее, чем концентрация рабочих, происходит концентрация производства. Т. к. производительность труда в крупных предприятиях значительно выше, чем в мелких, то крупные предприятия имеют гораздо больший уд. вес в производстве, чем в общем числе занятых рабочих. В Германии к моменту переписи 1926 г. предприятия с числом рабочих выше 200 чел. окончательно выдвинулись во всей пром-сти на центральное место. Охватывая 9,4% общего числа предприятий, эта группа предприятий сосредоточила в своих руках 36% всех рабочих и около 66% всей мощности механич. двигателей» (Империализм и всеобщий кризис капитализма, Партиздат, М., 1932, стр. 59). Еще большей степени концентрация достигла в США. Основные данные о росте удельного веса крупной пром-сти, к которой отнесены предприятия с годовой стоимостью производства выше 1 млн. долл., приведены в табл. 12.

Такая концентрация производства требует и централизации капиталов, т. к. даже у очень богатых капиталистов не может хватить капитала для создания господствующих в пром-сти гигантских предприятий. Формой объединения

Табл. 12. — Основные данные крупной промышленности в США.*1

Годы	Общее колич. предприятий *2		Число рабочих		Их годовая продукция	
	Абсол.	В % к числу всех предприятий	Абсол. в млн.	В % к общему числу рабочих	Абсол. в млрд. долл.	В % к общей продукции
1904	1 900	0,9	1,4	25,6	5,6	38,0
1909	3 060	1,1	2,0	30,5	9,0	43,8
1914	—	2,1	—	35,8	—	49,6
1925	10 593	5,6	4,76	56,8	42,0	67,6

*1 Империализм и всеобщий кризис капитализма, Партиздат, М., 1932, стр. 60. *2 С годовой продукцией свыше 1 млн. долл.

и централизации капиталов являются паевые товарищества, общества с ограниченной ответственностью, акционерные общества и различные другие коллективные образования. Развитие такой общественной организации капитала за последнее десятилетие достигло больших размеров. «По вычислению известного прусского статистика Энгеля до 1800 г. в Пруссии существовало всего 5 акционерных обществ с капиталом в 476 тыс. гульденов, в 1801—25 гг. — 16 с капиталом в 11,4 млн. гульденов, в 1826—1850 гг. — 102 с капиталом в 112,6 млн., в 1851—80 гг. — 295 с капиталом в 801 млн., а за один только 1871 г. возникло 225 обществ с капиталом в 375 млн., за 1872 г. — 500 с капиталом 1 543 млн. гульденов. На 1 января 1920 г. в Германии существовало 5 710 обществ с номинальным капиталом в 20 млрд. марок. Еще больше обществ насчитывала маленькая Швейцария: в 1918 г. — 6 662 общества с акционерным капиталом в 4½ млрд. фр. В Англии в 1917 г. действовало 6 131 общество с капиталом в 2,7 млрд. фн. ст. (ок. 65 млрд. мар.). В общей массе ценных бумаг на долю промышленных приходилось в Германии 23—42%, в США — 85,5%, в Англии — 60%». (Ленин, Империализм как новейший этап капитализма). Процесс концентрации производства на небольшом количестве крупнейших предприятий в своем развитии приводит в целях ослабления конкуренции к стремлению создать монопольное положение на рынке. «Концентрация, на известной ступени своего развития, сама собою подводит, можно сказать, вплотную к монополии. Ибо нескольким десяткам предприятий легко притти к соглашению между собой, а, с другой стороны, затруднение конкуренции, тенденция к монополии порождается именно крупным размером предприятий. Это превращение конкуренции в монополию представляет собою одно из важнейших явлений — если не важнейшее — в экономике новейшего капитализма» (Ленин, там же). Одним из способов концентрации является создание комбинированных предприятий. «Крайне важной особенностью капитализма, достигшего высшей ступени развития, является т. н. комбинация, т. е. соединение в одном предприятии разных отраслей промышленности, представляющих собою либо последовательные ступени обработки сырья, либо играющих вспомогательную роль одна по отношению к другой» (Ленин, там же, стр. 6). Комбинирование предприятий уничтожает торгового посредника при превращении сырья и

средств производства в готовый продукт и тем самым создает возможность увеличения промышленной прибыли. Специализация отдельных предприятий внутри комбината создает новые формы разделения труда. Усиливая благодаря этому использование технических усовершенствований, вводя при массовом производстве стандартизацию, комбинаты в чрезвычайной степени повышают производительность труда и следовательно снижают издержки производства. Это значительно повышает конкурентноспособность таких предприятий в борьбе с отдельными предприятиями, что особенно сказывается в периоды, когда понижение цен на сырье отстает от понижения цен на фабрикаты. Раньше всего комбинирование наступает и получает наибольшее распространение в горной и металлургич. пром-стях, где создаются комбинаты, объединяющие предприятия по добыче каменного угля и руды, вышлавке и обработке металла и химической пром-сти (по использованию отходов основных производств). В других отраслях пром-сти также постепенно усиливается процесс комбинирования. Концентрация предприятий все больше развивается, отдельные предприятия становятся все крупнее и сплачиваются в гигантские предприятия, к-рые становятся фактически монополистами на рынке тех или иных товаров. Этот процесс наблюдается во всех странах. Различия между отдельными капиталистическими странами «обуславливают лишь несущественные различия в форме монополий или во времени появления их, а порождение монополии концентрацией производства вообще является общим и основным законом современной стадии развития капитализма» (Ленин, там же). Ленин устанавливает следующие этапы развития монополий: «1) 1860—70 гг. высшая предельная ступень развития свободной конкуренции. Монополии лишь едва заметные зародыши. 2) После кризиса 1873 г. широкая полоса развития картелей, но они еще исключение, еще не прочны. Они еще преходящее явление. 3) Подъем конца 19 века и кризис 1900—03 годов: картели становятся одной из основ всей хозяйственной жизни» (Ленин, там же). Формы монополистических объединений чрезвычайно разнообразны: картели, тресты, концерны, объединения интересов и т. д. Наибольшее значение в отличие одной формы объединения от другой имеет степень самостоятельности объединяемых предприятий. Основными формами являются картели, синдикаты, концерны и тресты. Картели в основном представляют собой соглашения между самостоятельными предприятиями, направленные к ограничению конкуренции путем договоренности о ценах, об условиях и рынках сбыта продукции и заготовки сырья. Картели обычно не имеют особого общего для всех органа сбыта и заготовки. Синдикаты преследуют ту же цель ограничения конкуренции, что и картели, но вводят в свою деятельность несколько иные методы: они регулируют уже и самое производство, входящих в объединение членов, организуют общую контору для продажи продуктов, поддерживают большую дисциплину среди своих членов. Синдикаты в значительной степени уничтожают коммерческую самостоятельность своих членов. Еще более высокой формой объединения являются концерны, объединяющие в отличие от синдикатов предприятия различных отраслей. Концерны в большей степени ограничива-

ют самостоятельность предприятий, фактически лишая их возможности распоряжаться своими капиталами. Концерны регулируют и цены и размеры производства объединяемых предприятий. Высшей формой объединения, приводящей к фактич. слиянию отдельных предприятий в единое гигантское предприятие, независимое от того, считаются или нет формально входящие в объединение предприятия самостоятельными, является трест. Трест фактически уничтожает и производственную, и коммерческую, и финансовую самостоятельность предприятий. Имея возможность организовать производство на предприятиях наиболее целесообразным образом, специализируя предприятия, вводя между ними разделение труда, производя отбор наиболее совершенных в техническом отношении предприятий, в максимальной степени используя достижения науки и техники, обладая вместе с тем возможностью монополизировать источники сырья и благодаря размерам своего производства регулировать рыночное предложение, трест в чрезвычайной степени снижает издержки производства и, устанавливая монопольно высокие продажные цены, в громадной степени повышает сверхприбыли монополий. Монопольное господство трестов на мировых рынках достигается жесточайшей борьбой как внутри самих трестов, так и между отдельными трестами в одной отрасли промышленности и между трестами в различных отраслях. Формальная добровольность вхождения в трест фактически превращается в экономич. принуждение самостоятельных диких предприятий к вхождению в трест. Путем острой конкурентной борьбы, скупкой предприятий, скупкой патентов на изобретения, захватом всякими способами источников сырья и всякими другими мерами вплоть до подкупов и шантажей одно монополистич. объединение стремится подчинить себе и поглотить другие. Эта борьба усугубляет и умножает анархию общественного производства, увеличивая и углубляя основное противоречие, свойственное всей системе капиталистич. производства, — противоречие между общественным характером производства и частным характером присвоения; это основное противоречие проявляется как все растущий антагонизм между пролетариатом и буржуазией и как антагонизм между планомерной организацией производства на отдельных фабриках и бесплановостью производства во всем обществе. Эта бесплановость производства приводит к конкуренции, которая в свою очередь вызывает концентрацию производства, приводящую постепенно, как было указано выше, к господству монополий.

Некоторые экономисты допустили, что развитие монополий, являясь организованным капитализмом, способствует изживанию анархии общественного производства. Ленин с совершенной ясностью доказал обратное явление. Еще Маркс в «Низцете философии» сказал: «монополия производит конкуренцию, конкуренция производит монополию... Чем больше растет масса пролетариев по отношению к монополистам данной нации, тем разнужданее становится конкуренция между монополистами разных наций». «Монополия, вырастая из свободной конкуренции, не устраняет ее, а существует над ней и рядом с ней, порождая этим ряд особенно острых и крутых противоречий, трений, конфликтов» (Ленин, Империализм как новейший этап капитализма). Последний мировой кри-

зис блестяще подтвердил это положение Ленина. Промышленные кризисы являются катастрофической формой проявления противоречий между развивающимися производительными силами и их капиталистической формой организации. Промышленные кризисы приводят к параличу всей хозяйственной жизни, к длящемуся целые годы застою, к сокращению производства, к обострению безработицы, к еще более ужасному, чем в обыкновенное время, обнищанию трудящихся масс, к хозяйственной гибели мелких производителей, к исключительному обострению классовых противоречий. Если кризисы 18 в. и начала 19 в. — 1719, 1721, 1763, 1793, 1799, 1810, 1815, 1818 гг. — носили частичный характер и вызывались чрезвычайными обстоятельствами, то кризисы 19 в. (начиная с 1825 г.), как-раз века бурного развития капиталистической промышленности, принимают характер потрясения всего народнохозяйственного организма и даже хозяйства нескольких стран, а то и мировой характер. Таковыми были кризисы 1825, 1836, 1847, 1857, 1873, 1882, 1890, 1893 (в США), 1900, 1903 (в США), 1907 гг. Из кризисов послевоенного периода следует отметить кризис 1921 г. во многих странах Америки, 1924, 1926 гг. Наконец мировой кризис, начавшийся в 1929 г. и развернувшийся на базе общего кризиса капитализма, охватил весь капиталистич. мир и породил беспрецедентный в истории капитализма рост безработицы, огромное сокращение производства, банкротства, сокращение внешней торговли и т. д. Рост монополий привел к высшей и последней форме капитализма — к империализму. «Империализм есть капитализм на той стадии развития, когда сложилось господство монополий и финансового капитала, приобрел выдающееся значение вывоз капитала, начался раздел мира международными трестами и закончился раздел всей территории земли крупнейшими капиталистич. странами» (Ленин, там же). «Империализм есть поэтому капитализм, загнивающий и умирающий. Он есть последний этап капиталистического развития вообще. Он есть канун мировой социалистической революции» (Программа Коминтерна). Первой страной, в которой произошла социалистическая революция, явилась Россия. После Октябрьской революции началось построение социалистич. об-ва и в первую очередь преобразование промышленности на социалистич. началах. Пром-сть России развивалась по тем же законам, что и пром-сть З. Европы. Вопрос о законах развития и судьбах русской промышленности был предметом длительных споров между народниками и марксистами. В. И. Ленин в вышедшем в 1899 г. труде своем «Развитие капитализма в России» с наибольшей ясностью и полнотой доказал, что русская пром-сть прошла в своем развитии те же три стадии, что и западноевропейская: 1) мелкое товарное производство с его примитивной ручной техникой, столетиями остающейся неизменной; 2) мануфактура, стихийно вводящая разделение труда и базирующаяся попрежнему на примитивной технике, но вносящая значительные изменения в общественную организацию труда и постепенно превращающая крестьянина в детальнго работника, и 3) крупная машинная индустрия, к-рая, систематически прилагая к производству данные науки, окончательно порвала с рутинной ручной техникой. Крупная машинная пром-сть уничтожила тот застой техники, к-рый господствовал в России в прежние периоды и к-рый

еще оставался и в период развития капиталистич. пром-сти в тех отраслях, в которые еще не проникла машина. Крупная машинная пром-сть в России, как и в Европе, окончательно отделила пром-сть от земледелия, создала необходимую для своего существования громадную резервную армию безработных, чему особенно способствовал свойственный периоду капитализма неравномерный, скачкообразный, сменяющийся периодами процветания и кризисов рост пром-сти. С 60-х годов прошлого века наступает особенно быстрый процесс разложения мануфактуры и начинается быстрое развитие капиталистической пром-сти. Это видно из следующих данных, собранных и обработанных В. И. Лениным (табл. 13).

Табл. 13.—Рост фабрично-заводской промышленности Европейской России.*

Годы	Число ф-к и за-дов	Сумма произ-водства в тыс. р.	Число рабочих
1868	7 238	253 229	331 027
1873	8 215	351 530	406 961
1878	8 261	461 558	417 858
1885	17 014	864 733	615 598
1890	17 946	1 033 236	719 634

* Извлечение из таблицы, приводимой на стр. 496, «Развитие капитализма в России».

Особенно важно отметить рост в России отраслей пром-сти, вырабатывающих средства производства, т. к. рост именно этих отраслей наиболее характерен для развивающегося капиталистич. об-ва. Выплавка чугуна в 1867 г. составляла 17 028 тыс. пд., в 1887 г. 37 389 и в 1902 г. 158 616; добыча каменного угля за те же годы дала 26,7 млн. пд., 227,8 и 1 005,2. Развитие горной пром-сти шло в России как в молодой в промышленном отношении стране, для к-рой страны старого капитализма служили примером, быстрее, чем в Европе и Америке; за 10 лет (с 1886 по 1896) выплавка чугуна в России утроилась. Такое увеличение выплавки чугуна произошло во Франции за 28 лет (1852—1880), в Англии за 22 г. (1824—1846), в Германии за 12 лет (1859—1871), в США за 23 г. (1845—1868). Свойственный всей капиталистич. пром-сти процесс концентрации шел в России также чрезвычайно быстро. Крупн. ф-к в 1866 г. было 644, в 1879 г. 852, в 1890 г. 951, т. е. за 24 года возрастание почти в полтора раза, при этом, чем крупнее ф-ки, тем быстрее растет их число: 1) ф-к с числом рабочих от 100 до 499 было в 1866 г. 512, в 1879 г. 641, в 1890 г. 712, т. е. последний год к первому составляет 139%; 2) ф-к с числом рабочих от 500 до 999 соответственно 90; 130; 140; рост—155,5% и 3) ф-к с числом рабочих 1 000 и больше 42; 81; 99; рост—238%; количество рабочих во всех крупных ф-ках за этот период удвоилось, причем среднее число рабочих на одну ф-ку приходилось соответственно по годам 359; 458; 488. Рост производства был такой: если 1866 г. принять за 100, то 1879 г. равнялся 243 и 1890 г.—292. В 1879 г. крупные ф-ки составляли 4,4% всех фабрик и заводов, сосредоточивали 66,8% всего числа фабрично-заводских рабочих и 54% всей суммы производства, в 1890 г. они составляли 6,7% от числа ф-к, 71,1% от занимаемых рабочих и давали 57,2% всей продукции, в 1894—95 гг. соответственно 10,1%, 74% и 70,8%, в 1903 г. цифры были 17% по числу ф-к

и 76,6% по количеству рабочих. Из приведенных данных, почерпнутых из «Развитие капитализма в России» Ленина, ясно видно, что промышленность России в основном шла совершенно теми же путями, что и пром-сть прочих капиталистич. стран. Как и в Европе, развитие пром-сти вызвало коренное преобразование и в других отраслях народного х-ва и в первую очередь в транспорте Европ. России вместе с Финляндией. С 1860 г. начинается быстрый рост ж.-д. строительства: протяжение ж.-д. сети в км: 1860 г.—1 589, 1870 г.—11 243, 1880 г.—23 857, 1890 г.—30 957. Одновременно происходит увеличение и реконструкция водного транспорта, что видно из табл. 14.

Табл. 14.—Развитие водного транспорта.

Годы	П а р о х о д ы		Непаровые суда
	Количество	П	
1868	616	47 313	—
1881	1 216	72 105	20 095
1890	1 821	103 206	20 125
1895	2 539	129 739	20 580

В конце прошлого и начале текущего века промышленность России продолжает развиваться быстрыми темпами (табл. 15).

Табл. 15.—Рост основных отраслей промышленности (в млн. п.).*1

Годы	Выплавка чугуна	Производство железа и стали	Добыча нефти	Добыча угля
1893	68,8	57,5	325	464,8
1896	97,4	76,2	386	572,5
1900	177,5	92,6	632,5	1 003
1903	150,0	134,6	632,1	1 091
1906	163,6	137,1	486,8	1 325
1909	175,3	160,1	518,0	1 590 *2

*1 Финн-Енотаевский, Современное хозяйство России, СПб, 1911. *2 В 1908 г.

Как видно из табл. 15, рост был очень значителен несмотря на замедление темпа развития пром-сти в начале текущего века при промышленном кризисе. Чрезвычайно быстро шел в России и процесс синдицирования и централизации капиталов. Акционирование, создание ряда синдикатов (Продамет, Продуголь и др.), укрупнение предприятий делали Россию страной наибольшей концентрации пром-сти. Несмотря на такие темпы роста, более быстрое, чем в Европе и США, Россия была страной отсталой в промышленном отношении в сравнении с главными капиталистич. странами, занимаая по выработке продуктов в основных отраслях тяжелой индустрии 4-е и 5-е место (табл. 16).

Особенно ясна будет отсталость развития пром-сти в России, если сопоставить уд. вес России с ее уд. в. по запасам. Запасы каменного угля на территории СССР к 1929 г. исчислялись в 552 000 млн. т при мировых запасах на тот же срок 7 714 000 млн. т, т. е. доля СССР составляла 7,1%; запасы железной руды составляли 6,8% всех запасов Европы. По продукции текстильной пром-сти, этой основной отрасли из производств, вырабатывающих предметы непосредственного потребления, Россия стояла на 4-м месте. В 1912/13 г. Россия без Польши и Финляндии потребляла 2 070 тыс. кип хлопка, в то время как США потребляли 5 719 тыс. кип, Индия 2 177, Англия 4 274, Германия

Табл. 16. — Продукция в 1913 г. (в млн. т).

Страны	Уголь	Нефть *1	Чугун	Сталь	Жел. руда	Машино-строение *2	Суперфосфат
Мировая продукция	1 214,6	385,2	79,2	76,2	178,2	13 555	14,1
США	517,1	218,4	31,5	31,8	63,0	6 775	3,2
Англия	292,0	—	10,4	7,8	16,3	1 602	0,2
Германия	190,1	0,5	16,8	17,1	28,6	2 800	1,2
Франция	40,1	0,4	5,2	4,7	21,9	263	1,9
Россия	36,0	62,8	4,6	4,9	9,5	475	0,2
Уд. в России к мировой продукции	3,0	16,3	5,7	6,4	5,3	3,5	0,2

*1 В млн. баррелей. *2 В млн. марок.

1 728 и Франция 1 010. Отсталой в промышленном отношении Россия была не только по количеству вырабатываемой продукции, но и по оборудованию, и по производительности труда, и по качеству вырабатываемых продуктов. По мощности первичных механич. установок в промышленности России стояла на 5-м месте, имея в 1908 г. мощность установок в 3,01 млн. HP, в то время как США в 1917 г. имели 22,4 млн., Англия в 1907 г. 10,6 млн., Германия в 1907 г. 6,9 млн., Франция в 1913 г. 3,5 млн. Отсталость промышленности России сказалась и в том, что из всей мощности паровых двигателей в промышленности на металлургию, машиностроительную и металлургическую, машиностроительную и металлургическую отрасли в России в указанные годы приходилось 19,5%, в США 23,8%, в Германии 24,2%, в Англии 23,8 и только Франция в этом отношении отставала от России, имея лишь 17,7%. Выработка средств производства занимала меньшее место в структуре промышленности, чем выработка предметов непосредственного потребления: так, в 1912 г. текстильная промышленность занимала 33% всех занятых в промышленности рабочих и давала 25% всей продукции, пищевая промышленность занимала 16% рабочих и давала 30% продукции, в то время как горная промышленность занимала 15% рабочих и давала 17% продукции и добыча и обработка металлов занимала 18% рабочих и давала 16% продукции. В виду такой структуры промышленности России зависела от других капиталистич. стран: в 1912 г. было введено на 127 млн. руб. промышленных машин, а выработано внутри России лишь на 90 млн.; естественно, что промышленность России была оборудована преимущественно машинами иностранного производства. Производительность труда также чрезвычайно отставала от производительности труда капиталистич. стран; это явствует из данных, приводимых Гриневецким (табл. 17).

Бурное развитие капитализма в России было сопряжено с бурным развитием, заострением и углублением его противоречий. Классовые противоречия обострились варварской эксплуатацией труда и диким самодержавным производством, давившим рабочий класс и трудящиеся массы. Это создавало почву, на которой расцвело революционное рабочее движение, направляемое партией пролетариата во главе с ее вождем В. И. Лениным в русло борьбы за власть, за пролетарскую диктатуру, за социализм. Капиталистич. промышленность в России знала за сравнительно короткое свое существование не мало кризисов. Отрыв промышленности от земледелия в России принимал исключительно острые формы.

Табл. 17. — Производительность труда.

Заводы	Число рабочих	Прозв. 1 раб. в год в р.*	Годы
Коломенский	29 617	1 539	1912 и 1913
Кулебанский			
Бежецкий			
Об-во Николаевских 3-дов и верфей	48 282	1 767	1908
18 русских паровозо-и вагоностроит. за-дов			
230 русских машиностроит. за-дов	41 104	1 796	1908
MAN машиностроит. за-д, Аугсбург	9 235	3 659	1909/10
MAN машиностроит. за-д, Нюрнберг	13 485	3 085	1911/12
Америк. машиностроит. за-ды	—	5 400	—

* С учетом разницы в ценах.

Она почти не снабжала земледелия орудиями труда; та бедная машинная техника, какая существовала в сел. х-ве, ввозилась почти целиком из-за границы. Пром-сть не производила и удобрений; поля удобрялись гл. обр. навозом и удобрялись они скудно; по нек-рым вычислениям на единицу посевной площади в России приходилось удобрений в 23 раза меньше, чем в Германии. Между промышленностью и с. х-вом существовал производственный и территориальный разрыв. Существовал огромный пространственный разрыв между центрами скопления населения и обрабатывающей промышленности, с одной стороны, и сырьевыми, энергетич. и другими природными ресурсами, — с другой. Ярким примером такого разрыва может служить то, что продукция промышленности на 95,6% была сосредоточена в Европ. России и только на 4,4% в Азиатской, между тем как запасы каменного угля сосредоточены больше, чем на $\frac{4}{5}$ именно в последней (в Кузбассе 63,6%, в Иркутском бассейне 11%), лес гл. обр. в сев. Азии — 82%; только нефть представлена гл. обр. Кавказом — 85%. Окраинное расположение сырьевых и энергетич. ресурсов при центральном положении промышленности вызывало огромные, и при том непроизводительные, транспортные издержки, создавало значительные трудности в снабжении населения и обрекало окраины на положение колонии. Это, как и ряд других причин, подготовило почву для борьбы трудящихся масс, угнетенных народов окраин против самодержавия, империализма и для союза с пролетариатом, вождем всех трудящихся, и для участия в социалистической революции.

В Октябре 1917 г. в России пролетариат взял власть в свои руки для того, чтобы построить коммунистич. об-во, в первую очередь первую его стадию — социализм. Диктатура пролетариата следовательно является средством разрешения освободительных задач пролетариата, «советская власть — это государственная форма диктатуры пролетариата. И республика советов является т. о. той искомой и найденной наконец политической формой, в рамках которой д. б. совершено экономическое освобождение пролетариата, полная победа социализма» (Сталин). Построить социализм можно только на высокой технич. основе, на основе крупного научно организованного производства: советская власть поэтому должна была овладеть той технич. базой, к-рая была создана крупной капиталистич. промышленностью. Как ни узка технич. база даже передового капитализма, как ни

нуждается она для построения социализма в расширении, в перестройке, в других методах ее эксплуатации, она, эта база, пригодна для того, чтобы начать на ней строить социализм. Пригодна для этого была и технич. база нашей капиталистич. пром-сти, хотя она была значительно уже, чем база передовых капиталистич. стран, и хотя она досталась советской власти в разрушенном состоянии и имела невысокую стоимость. Война 1914—18 гг. создала условия, в значительной степени усилившие революционное напряжение пролетарских масс и ускорившие наступление классовых боев пролетариата против буржуазии, окончившихся в России победой пролетариата, создавшего первую в мире социалистич. республику. Война и революция в России и классовые бои в Европе внесли во все мировое хоз-во и в первую очередь в пром-сть полную разруху. Создалась чрезвычайная диспропорция в развитии отдельных отраслей народного хозяйства и отдельных отраслей промышленности. Росли все отрасли промышленности, связанные с поставками для войны, и вместе с тем падали отрасли, связанные со снабжением мирного населения. В громадной степени усилились проявления закона неравномерности развития капитализма в разных странах и следовательно усилилась конкуренция между отдельными группировками промышленного капитала.

Динамика промышленной продукции за период войны видна из табл. 18.

т в 1917 г. упала до 8,6 млн. т в 1921 г., добыча нефти сократилась за тот же период почти в 2 раза, буровое хозяйство почти уничтожилось, завоз топлива внутрь страны упал еще больше, чем добыча. Фактически вся промышленность, все железные дороги вынуждены были перейти на древесное топливо, что требовало большого количества подвозного состава, которого в распоряжении советского государства не было. Естественно, что в таких условиях промышленность должна была замереть, и в первую очередь отрасли, требующие большого количества топлива; и действительно, выплавка чугуна снизилась с 3 млн. т в 1917 г. до 0,1 млн. т в 1920 г., выплавка мартовенской стали с 3,1 млн. т до 0,2 млн. т, прокат с 2,5 млн. т до 0,2 млн. т; выработка паровозов снизилась с 609 шт. в 1913 г. до 200 шт. в 1918 г. и 90 шт. в 1920 г., вагоны соответственно 10 372 шт. в 1912 г., 1 900 шт. в 1919 г. и 854 шт. в 1920 г. Производство с.-х. машин свелось почти на-нет в сравнении с довоенным временем: плугов вместо 667 тыс. шт. в 1913 г. выработывалось 85 тыс. шт. в 1918 г. и 89 тыс. шт. в 1920 г., уборочных машин вместо 111 тыс. шт.—23 тыс. и 5,1 тыс. шт. Производство с.-х. сырья также пришло в полный упадок; так, сбор хлопка упал с 20 млн. пд. в 1918 г. до 780 тыс. пд. в 1920 г.; посевы свеклы снизились с 613 тыс. дес. в 1916 г. до 180 тыс. дес. в 1920 г. Соответственно и выработка предметов личного потребления также упала: так напр., готового

Табл. 18.—Динамика продукции промышленности (в млн. т).

Страны	Каменный уголь		Нефть		Жел. руда		Чугун		Сталь		Потребление хлопка в млн. кип	
	1913	1918	1913	1913	1913	1918	1913	1918	1913	1918	1912/13	1919/20
Миров. прод.	1 211,6	1 183,4	51,6	69,5	178,2	129,8	79,3	61,7	76,2	77,1	22,6	19,5
США	517,1	615,3	35,5	48,8	6,0	10,8	31,15	39,1	31,8	45,2	5,7	6,7
Англия	232,0	231,4	—	—	16,3	14,8	10,4	9,2	7,8	9,7	4,2	3,6
Германия	190,7	158,3	—	—	28,6	18,2	16,8	10,7	17,1	13,2	1,7	0,5
Франция	40,0	24,9	—	—	21,9	1,7	5,2	1,3	4,7	1,8	1,0	0,8
Россия 1917 г.	36,0	29,7	9,3	3,7	9,5	6,2	4,6	0,3	4,9	3,1	2,1	—

Как видно из табл. 18, во всем мире кроме США промышленная продукция падает несмотря на значительный рост отраслей, работавших для армий. Фактически выработка таких продуктов, которые погибали во время военных действий, означала растрату народного богатства. Оборудование отраслей пром-сти, обслуживавших мирные потребности, почти не обновлялось, сырья стало нехватать. Квалифицированные рабочие стали заменяться мало квалифицированными. Все это в большей степени, чем в Европе, наблюдалось в России. Взявши в свои руки власть, пролетариат получил т. о. в значительной степени дезорганизованную пром-сть. Эта дезорганизация еще более усиливалась сознательным противодействием и саботажем владельцев предприятий. Гражданская война привела к дальнейшему разрушению пром-сти. Фронты отрезали наши промышленные центры от источников топлива и сырья, ж.-д. транспорт был или совершенно разрушен или в оставшейся части окончательно дезорганизован. Изолированные друг от друга, лишенные опытных квалифицированных кадров рабочих, к-рые покидали ф-ки и з-ды ради борьбы на фронтах, наши промышленные предприятия постепенно замирали. В первую очередь это сказалось на состоянии топливоснабжения страны. Добыча каменного угля с 30 млн.

хл.-бум. товара выработывалось 2 850 млн. арш. в 1912 г., 163 млн. в 1919 г. и 156 млн. в 1920 г.; сахарного песка 1 643 тыс. т в 1912 г., 333 тыс. т в 1919 г. и 29 тыс. т в 1920 г. По нек-рым неточным, правда, данным падение продукции крупной пром-сти шло сл. обр.: валовая продукция по довоенным ценам составляла в 1913 г. 5 621 млн. р., в 1917 г.—4 344 млн. р., в 1919 г.—1 448 млн. р. и в 1920/21 г.—981 млн. р., т. е. составляла ок. 17% от 1913 г. Число рабочих в 1920/21 г. было 1 480 тыс. чел. против 2 618 тыс. в 1913 г. и 3 024 тыс. в 1917 г.

Падение пром-сти продолжалось до 1921 г., который является переломным годом, когда после введения нэпа начинается подъем промышленности. С первых дней после победы революции советское государство было озабочено вопросом сохранения и поднятия пром-сти, этой материальной основы социализма. Не только надо было сохранить и поднять производство промышленности, но и нужно было, чтобы рабочий класс, строитель социализма, овладел самой пром-стью, и ее организацией и ее техникой. Нужно было рабочих научить управлять крупной пром-стью, между тем сразу овладеть всем сложным аппаратом крупной централизованной пром-сти пролетариат, естественно, не мог. Поэтому в первый период после революции была сделана попытка привлечь самих капита-

листов для управления предприятиями. Вместе с тем для наблюдения за их деятельностью и для привлечения рабочих к управлению промышленностью декретом 14 ноября 1917 г. был введен «рабочий контроль», на который возлагалось наблюдение за производством, куплей-продажей продуктов и сырых материалов и их хранением и наблюдение за финансовой стороной предприятий. Учрежденный для парализования сопротивления капиталистов организации промышленности на новых началах рабочий контроль был вместе с тем школой, которая должна была научить рабочих самих управлять предприятиями. Период рабочего контроля длился приблизительно около одного года. Уже в течение этого периода довольно значительное число промышленных предприятий было секвестровано. Захват предприятий происходил большей частью как карательная мера, вызываемая действиями предпринимателей, и, естественно, при таких условиях секвестрация не могла носить сколько-нибудь планомерного характера. Необходимость внести порядок в процесс перехода промышленных предприятий в руки государства, т. е. всего рабочего класса в целом, а не в руки отдельных групп рабочих, вызвала 16/II 1918 г. постановление ВСНХ о запрещении самовольной, без санкции ВСНХ и СНК, конфискации предприятий. С мая 1918 г. государство приступило к планомерной национализации крупной промышленности; 2 мая была национализирована сахарная пром-сть, в июне—нефтяная пром-сть, Сормовские и Коломенские з-ды, 28 июня были национализированы во всех отраслях промышленности крупные предприятия, обладавшие определенным основным капиталом, различным в различных отраслях. По декрету о национализации предприятие переходило в собственность государства, но признавалось «находящимся в безвозмездном арендном пользовании прежних владельцев; правление и бывшие собственники финансируют их на прежних основаниях». Такая форма национализации из-за сопротивления прежних владельцев не удержалась, и фактически национализация превратилась в абсолютную. Постепенно были национализированы и менее крупные предприятия, и к середине 1919 г. почти вся крупная и средняя пром-сть была национализирована.

Гражданская война, требовавшая использования всех возможных ресурсов для снабжения армии, невозможность удовлетворить все требования продукцией крупной и средней промышленности, в которой в условиях гражданской войны и полного расстройств транспорта производительность катастрофически падала, необходимость все производство и распоряжение всей продукцией страны централизовать в руках государства вызвали постановление президиума Высшего совета народного хозяйства от 20 ноября 1920 г. о национализации всех промышленных предприятий с числом рабочих свыше пяти при наличии двигателя и свыше 10 рабочих без двигателя. Громадное количество предприятий (к 1 ноября 1920 г. около 4,5 тыс.), сосредоточившееся за очень короткий промежуток времени в руках государства, в период, когда их всех невозможно было в достаточной степени снабдить ни материальными ни денежными ресурсами, необходимость выбирать из них наиболее нужные для защиты завоеваний революции, вызвало всеохватывающую централизацию управления. Для

управления отдельными отраслями были учреждены Главные управления (Главки), подчиненные ВСНХ, которые не только регулировали деятельность предприятий, но и непосредственно управляли ими сами или через свои органы. Вызванный условиями военного времени централизм, охватывавший все стороны деятельности предприятий при неналаженности транспорта и почтовых связей центра с местами, имел много отрицательных сторон, парализовавших деятельность фабрик и заводов и вызывавших протесты мест. Под влиянием требований местных органов большое количество предприятий (около 2 000) было передано в управление местных Совнархозов. Вместе с тем выявилось, что для избежания больших ошибок в управлении промышленных и центральных органов власти, раздробленной по управлению между рядом мест, необходимо создать «единый хозяйственный план», охватывающий всю промышленность в целом и связанный с другими отраслями народного х-ва. Для упрощения планового начала была создана весной 1920 г. при президиуме ВСНХ «Центральная производственная комиссия», которая и должна была создать, опираясь на плановую работу отраслевых главков, общий для всей пром-сти производственный план. Условия, при которых приходилось строить планы, когда все силы, все средства нужно было отдавать основной задаче—отражению врага, не позволяли составить реального плана, и планы того времени значительно превосходили производственные возможности пром-сти. Национализация пром-сти в этот период сопровождалась, как указывалось выше, громадным падением производства, вместе с тем национализация дала в руки пролетариата основной базе возможности построения социализма. Крупная пром-сть сосредоточивалась в руках пролетариата, превращалась в систему предприятий последовательно социалистич. типа. Однако «между возможностью построения социализма и действительным его построением существует еще большая разница. Нельзя смешивать возможность с действительностью» (Сталин). Для того чтобы действительно построить социализм, нужно было прежде всего почитать производительность пром-сти и сел. хозяйства, также чрезвычайно упавшую в период военного коммунизма. Совершенно правильной и неизбежной в период гражданской войны политика военного коммунизма с прекращением войны должна была быть заменена новой экономич. политикой, задачей к-рой было налаживание нормального товарообмена между городом и деревней, т. е. создание обмена продуктов пром-сти на продукты с. х-ва. С переходом к новому промышленность вступила в свой восстановительный период. Основными правительственными актами, предопределившими направление развития пром-сти в этом периоде, были «Наказ СНК о проведении в жизнь начал новой экономич. политики», опубликованный 11 августа 1921 г., и «Основные положения о мерах к восстановлению крупной пром-сти и развитию производства», принятые СТО 12 августа 1921 года. На основании принципов, положенных в основу Наказа и Основных положений, непосредственно за их опубликованием ВСНХ приступил к реорганизации управления пром-стью. В основу реорганизации был положен принцип возможного смягчения централизации и предоставления инициативы и самостоятельности

руководителям предприятий, а вместе с тем и перенесение на них ответственности за всю работу предприятий в области снабжения сырьем и топливом, производства продукции и ее реализации. С этой целью из ряда однородных предприятий создавались объединения, получившие название трестов, переводившиеся на хозяйственный расчет. Хозяйственный расчет требовал от трестов полной самоокупаемости, причем хозяйство должно было вестись с доведением до необходимого минимума издержек производства. Для включения в такие объединения должен был быть произведен отбор наиболее жизненных, наиболее мощных, наилучшие технически оборудованных и наиболее целесообразно расположенных предприятий. Эта форма организации промышленности оказалась очень жизненной и чрезвычайно быстро охватила все отрасли промышленности. За один год, примерно к концу 1922 г., было организовано ок. 450 трестов. Распределение их по отраслям видно из табл. 19.

Табл. 19.—Объединение предприятий!
в 1922 г.*

Отрасли пром-сти	Количество трестов	Колич. объедин. предпр.	Колич. раб. в них
Электрич.	19	104	21 017
Швейная	10	72	22 661
Текстильная	52	484	284 615
Горная	34	434	192 600
Полиграфич.	24	198	15 437
Химическая	34	271	38 784
Бумажная	9	59	19 318
Деревообработ.	28	385	25 457
Силикатная	49	347	37 785
Металлич.	57	411	230 415
Кожевенная	49	309	31 159
Пищевая	65	1 010	54 694
Итого	430	4 084	976 942

* Богданов П., Промышленность за 5 лет революции. М., 1922.

По подсчетам Л. Сабсовича, в отношении 380 трестов, по своей величине тресты представляли следующую картину (табл. 20).

Табл. 20.—Характеристика трестов.*

Группы трестов с числом рабочих в каждом предприятии	Число трестов	% к итогу	Число занятых в них рабочих	% к итогу	На 1 трест в среднем		На 1 заведение в средн. рабочих
					заведений	рабочих	
До 500	170	44,7	37 610	4,5	6	221	38
500—1 000	70	18,4	48 663	5,8	8	691	82
1 000—5 000	99	26,1	231 320	27,6	9	2 342	246
5 000—10 000	21	5,5	116 216	17,4	13	6 963	518
10 000 и выше	20	5,3	375 864	44,7	14	18 768	1 318
Итого	380	100,0	839 673	100,0	9	2 209	254

* Сабсович Л., Организация промышленности, М.—Л., 1926.

Как видно из таблицы, почти половина трестов (170) представляла не крупные предприятия, объединявшие мелкие заведения с числом рабочих в среднем ниже 50. Трестирование приняло массовый, почти стихийный характер. Произвести отбор действительно лучших предприятий не удалось, т. к. такой отбор сплошь и рядом был связан с переброской с одного предприятия на другое большого количества сырья и топлива, что было невозможно из-за

транспортных соображений и чему препятствовали местные органы управления промышленностью. По подчиненности тресты делились на 3 группы: центральные, подведомственные ВСНХ, областные, подведомственные областным органам ВСНХ (Промбюро), и местные, подчиненные ГубСНХ. В результате не всегда правильного трестирования, хотя производительность предприятия и значительно поднялась по сравнению с предшествующим периодом, но все же была еще очень мала, предприятия работали не с полной нагрузкой. Себестоимость продукции была очень высока. Съезд промышленности, состоявшийся в августе—сентябре 1922 г., констатировал, что концентрация производства не достигнута в достаточной степени, вследствие чего государственные средства распылены и тресты обладают малыми оборотными капиталами, работают с неполной нагрузкой и несут очень большие накладные расходы. В результате было принято решение пересмотреть состав всех трестов, что и было произведено специальной комиссией ВСНХ, которая наметила в 1923 г. значительное сокращение числа действующих и консервированных предприятий. По данным, касающимся 53 трестов союзной промышленности, в этих трестах до пересмотра было 412 действующих предприятий; после пересмотра осталось 357, т. е. 53 предприятий (13%) было закрыто, число консервированных предприятий было сокращено на 53, т. е. на 30%. Еще большее количество действующих и консервированных предприятий было исключено из областных и местных трестов. Процесс организации трестов вызвал изменение и всей системы управления промышленностью. Главки были упразднены и организованы в составе ВСНХ. Главные управления были по отраслям, на которые возложены функции лишь регулирования и планирования, но не непосредственного управления предприятиями, которое перешло к трестам. После пересмотра трестов в связи с упрочившимся хозяйственным положением страны и с укреплением твердой валюты необходимо было оформить в законодательном порядке вновь созданные тресты. 10 апреля 1923 г. был издан декрет о трестах союзного значения и 17 июля того же года—о трестах местного значения. В связи с изменившейся хозяйственной обстановкой страны тресты были этими декретами переведены с хозяйственного расчета на «коммерческий расчет». Целью деятельности треста согласно ст. 1 декрета являлось извлечение прибыли. Эта форма организации промышленности сохранилась с некими незначительными изменениями на весь восстановительный период вплоть до 1927 г., когда было издано новое «Положение о государственных промышленных трестах».

Одновременно с реорганизацией государственной промышленности была восстановлена и деятельность мелкой частной промышленности. В мае 1921 г. специальным декретом была запрещена дальнейшая национализация предприятий, а 7 июля того же года каждому гражданину предоставлено было право заниматься кустарными про-

мысли и открывать мелкие промышленные предприятия, не свыше одного на каждого владельца, с числом рабочих до 10 при двигателе и до 20 без двигателя. В декрете того же года было предоставлено ВСНХ право возвращать владельцам мелкие предприятия, национализация к-рых либо не была оформлена соответствующим образом либо, если предприятия не были использованы государством. В то же время было разрешено сдавать государственные предприятия в аренду частным лицам. Для привлечения в промышленность иностранных капиталов намечалась сдача концессий иностранным капиталистам. Возникшие опасения, что благодаря поступлению частного капитала наша социалистич. пром-сть будет задумана и у нас возродится частный капитализм, опровергались Лениным, к-рый в речи, произнесенной 18 марта 1921 г. на X съезде РКП(б), так сформулировал создавшееся положение: «Всякое улучшение положения крупного производства, возможность пустить нек-рые крупные ф-ки, настолько упрочивает положение пролетариата, что бояться стихии мелкой буржуазии, даже возрастающей, нечего. При увеличении количества продуктов никакое развитие мелкой буржуазии не будет большим минусом, поскольку это даст развитие крупной пром-сти...». Значение на данном этапе мелкой промышленности, в связи с необходимостью возможно быстрее дать товары для крестьянина и установить таким путем с ним определенные отношения, было ярко сформулировано Лениным 26 мая 1921 г. в докладе о продналоге, сделанном на Всероссийской конференции РКП(б) след. обр.: «Наша основная задача—восстановление крупной пром-сти. А для того, чтобы нам сколько-нибудь серьезно и систематически перейти к восстановлению этой крупной пром-сти, нам нужно восстановление мелкой пром-сти». Так же и т. Сталин определил нэп в своей речи на XIV съезде партии. Он говорил: «Нэп есть особая политика пролетарского государства, рассчитанная на допущение капитализма при наличии командных высот в руках пролетарского государства, рассчитанная на борьбу элементов капиталистических и социалистических, рассчитанная на возрастание роли социалистич. элементов в ущерб элементам капиталистическим, рассчитанная на победу социалистических элементов над капиталистическими элементами, рассчитанная на уничтожение классов, на постройку фундамента социалистической экономики». И жизнь все это подтвердила. Это видно из роста пром-сти в восстановительный и реконструктивный периоды. Новый период развития пром-сти наступает в связи с реорганизацией всей хозяйственной жизни на принципах новой экономич. политики и в первую очередь в связи с заменой продразверстки продналогом. Переход от продразверстки к продналогу вызвал значительный спрос на товары со стороны деревни. Уже в 1922/23 г. сельским населением было приобретено продуктов на 600 млн. довоенных или на 1 072 млн. червонных руб. Товарная продукция с. х-ва росла из года в год, в 1923/24 г. она составляла 1 209 млн. р., в 1925/26 г.—1 675 млн. р. и 1 931 млн. р. в 1926/27 г. Еще быстрее росли доходы неземледельческого населения, подымавшиеся с 4 340 млн. червонных руб. в 1923/24 г. до 8 834 млн. р. в 1926/27 г. Вместе с тем и сама возрастающая пром-сть и восстанавливающийся транспорт предъявляли все больший спрос

к промышленной продукции. Прекращение гражданской войны, выросший спрос, новые организационные формы—все это способствовало чрезвычайно быстрому росту пром-сти. Общий рост пром-сти за весь восстановительный период виден из табл. 21.

Табл. 21.—Рост промышленности в 1921—26 гг.*

Годы	Абсолютн. стоимость продукции в млн. р. в ценах 1926/27	Валовая продукция пром-сти		
		в % к предыдущ. году	в % к 1921	в % к 1913
1921	1 924,9	142,7	100,0	19,1
1922	2 512,0	130,5	130,5	24,9
1923	3 829,2	152,4	199,0	38,0
1924	4 469,5	116,7	232,2	44,4
1925	7 436,1	166,4	366,2	73,8
1926	10 276,9	138,2	534,0	102,0

* Локшин Э., Промышленность СССР за 15 лет, Москва, 1932.

Не все отрасли пром-сти развивались одинаковыми темпами. Больше пострадала от гражданской войны тяжелая индустрия, меньше легкая, поэтому последняя была восстановлена быстрее. Каменноугольная пром-сть, дававшая в 1921 г. 8 680 тыс. т угля, в 1926 г. достигла добычи в 26 298 тыс. т, или 90,5% от добычи 1913 г. и 303% от 1921 г., т. е. каменноугольная пром-сть развивалась более низкими темпами, чем вся пром-сть в целом. Нефтяная пром-сть в 1926 г. почти достигла довоенного уровня, давши 62 млн. баррелей против 62,8 в 1913 г. и 29,0 млн. баррелей в 1921 г., т. е. составила 213,8% от 1921 г. В области энергетики СССР значительно превысил довоенный уровень, имея к октябрю 1926 г. 656 электр. станций общей мощностью 618 862 kW, в том числе 7 районных мощностью 146 000 kW, против 230 станций мощностью 327 901 kW в 1913 г. Рост выработки энергии (в млн. kWh):

Табл. 22.—Рост выработки энергии.*

Станции	1913	1922/23	1925/26	1926/27
Фабр.-заводские	1 255	281	1 400	1 800
в % к 1913 г. . . .	100	22,4	111	141
Общего пользования	690	814	1 435	1 750
в % к 1913 г.	100	118	146	182
В том числе районные		51	253	623
Всего	1 945	1 095	2 835	3 550
в % к 1913 г.	100	56	146	182

* Промышленность за 10 лет (1917—27), под ред. В. В. Куйбышева, М., 1927.

Как видно из табл. 22, энергетика СССР уже в первый же восстановительный период стала на путь плановой электрификации, усиленно развивая станции общего пользования и одновременно приступив к строительству районных станций. Вместе с восстановлением топливной базы шло развитие черной металлургии. Из числа действовавших в 1913 г. 136 доменных и 204 мартеновских печей в 1921 г. действовало лишь 17 домен и 22 мартена, в 1924 г. было соответственно 26 и 57 и в 1926 г. 56 и 133. Добыча железной руды с 138 тыс. т в 1921 г. подынялась до 4 797 тыс. т в 1926/27 г. (52,1% от 1913 г.). Соответственно с восстановлением агрегатов и добычей руды значительно повыси-

лось производство чугуна и стали, выработка к-рых в 1926 г. достигла 2 439 тыс. т по чугуну и 2 855 тыс. т по стали, что составляет по чугуну 2 120,9% по отношению к 1921 г. и 589% к 1913 г. и по стали 1 560,7% к 1921 г. и 67,2% к 1913 г. Такое отставание от довоенного уровня металлургии несмотря на чрезвычайно быстрые темпы восстановления объясняется тем, что металлургич. заводы больше всего пострадали во время войны и революции. Восстановление машиностроения, этой важнейшей отрасли промышленности в деле индустриализации страны, также шло очень быстрыми темпами. В довоенное время машиностроение России не удовлетворяло спроса, предъявляемого к нему со стороны развивающейся промышленности. По данным Гриневецкого внутреннее производство машин для пром-сти России в 1913 г. равнялось 90 млн. р. и ввозилось на 182 млн. р.; почти ту же картину представляло и с.-х. машиностроение, давая в 1913 г. продукции на 60,5 млн. р., при ввозе из-за границы на 48,6 млн. р. К 1926/27 г. машиностроение по выработке продукции значительно превысило довоенное машиностроение; так, в 1912 г. в России было выработано оборудования для транспорта (паровозы, вагоны, суда и экипажи) на 97 млн. руб., а в 1926/27 г. ж.-д. и автотранспортное машиностроение и судостроение дали продукции на 104,6 млн. довоенных руб. В частности в довоенное время морское торговое судостроение не превышало 6 тыс. т обработанного металла, а в 1926/27 г. судостроение дало 25,7 тыс. т обработанного металла; с.-х. машиностроение вместо 40—50 млн. р. в 1912 г. дало продукции на 115,8 млн. довоенных руб. в 1926/27 г.; производство машин для промышленности в 1912 г. равнялось 90 млн. р., а производственное и прочее машиностроение в 1926/27 г. дало продукции на 170,0 млн. довоенных руб. Помимо роста продукции уже в восстановительный период в машиностроении был организован ряд производств, не имевших места в дореволюционное время или находившихся лишь в зачаточном состоянии. К таким новым производствам, не имевшим места раньше, относятся авиа-, авто- и тракторостроение, станкостроение, машиностроение, текстильное, кожевенное, стекольное и ряд других производств. Особенно большие достижения мы имели в электротехнической пром-сти, в которой был также организован ряд производств, не имевших места в дореволюционной России. Химическая промышленность уже в 1925/26 г. превышала по своим размерам промышленность 1913 г., давши продукции на 760,4 млн. р. (довоенных) против 542,3 млн. р. в 1913 г.

Легкая пром-сть, относительно более развитая в дореволюционной России, меньше пострадала от войны и революции. Базируясь преимущественно на сел.-хоз. сырье внутреннего происхождения, т. к. из-за ограниченности валюты мы не могли в значительных количествах импортировать сырье для легкой пром-сти, последняя могла достигнуть своего довоенного уровня лишь в связи с восстановлением с. х-ва. Рост посевных площадей под технич. культурами в тыс. десятин виден из табл. 23. Как видно из этой таблицы, уже в 1925 г. посевные площади почти по всем технич. культурам достигли довоенного уровня, а в нек-рых случаях и превзошли его. Благодаря такому быстрому восстановлению внутренней сырьевой базы наша легкая пром-сть могла иметь

Табл. 23. — Рост посевных площадей под техническими культурами.*

Культуры	1913	1923	1924	1925	1926
Картофель . . .	3 600	3 900	4 200	4 520	3 896
Подсолнух . . .	1 282	1 806	2 110	2 541	1 879
Лен	1 700	(1 001)	(1 240)	(1 550)	1 191
Конопля	660	510	657	790	707
Свекла сахарная	569	210	345	470	488
Хлопок	527	195	461	598	645
Табак и махорка	60	41	49	69	79

* Промышленность за 10 лет (1917—27), под ред. В. В. Куйбышева, М., 1927.

основой для своего развития сырье отечественного происхождения, хотя все же и импорт сырья был довольно значителен. Рост продукции легкой пром-сти за реконструктивный период виден из табл. 24.

Табл. 24. — Рост продукции легкой промышленности (в млн. р.).

Отрасли промышленности	1913	1921	1925/26	1926/27
Хл.-бумажная	1 065,6	60,5	1 008,6	1 212,2
Шерстяная . . .	195,0	46,3	141,9	178,5
Льняная, пеньковая и др. . .	126,1	14,2	127,5	152,1
Кожевенно-меховая и обувная	80,5	63,1	253,9	286,1
Пищевая	1 538,2	428,4	1 509,3	1 526,0
Бумажная и полиграфическая	151,9	38,0	206,7	285,4

Как видно из табл. 24, в 1926/27 г. почти все основные отрасли легкой пром-сти значительно опередили по выработке продукции соответственные отрасли в 1913 г. Так как темпы восстановления легкой пром-сти был выше, чем тяжелой; что объясняется меньшей разрушенностью этих отраслей, то в конце восстановительного периода легкая пром-сть имела несколько больший уд. в. во всей пром-сти, чем тяжелая (табл. 25).

Табл. 25. — Темпы восстановления промышленности.*

Отрасли промышленности	1913 в % к итогу тек. года	1925/26 в %		1926/27 в %	
		к 1913	к итогу	к 1913	к итогу
Топливная . . .	11,30	86,2	10,34	111,9	11,32
Горная	1,8	61,1	1,20	62,2	1,13
Силикатная . . .	2,56	61,4	1,73	81,1	2,05
Металлическая	17,90	86,6	16,45	109,5	17,74
Обработка дерева	2,99	109,1	3,45	153,2	4,14
Химическая . . .	5,80	95,4	5,92	117,1	6,20
Пищевкусовая	28,60	92,2	27,90	93,2	24,10
Текстильная . . .	25,08	90,4	21,10	109,9	24,80
Бумажная	1,15	119,9	1,45	125,8	1,32
Кожевен.-обувная, мех. и обработки продуктов животного происхождения	2,10	222,6	4,95	250,5	4,80
Одежды, туалеты, смешан. волокон. вещ. . .	0,72	326,8	2,51	360,8	2,40
Итого	100	93,9	100	110,5	100

* Локшин Э., Промышленность СССР за 15 лет, М., 1932.

Из табл. 25 видно, что топливная, горная, силикатная и металлическая отрасли пром-сти,

т. е. решающая группа отраслей, вырабатывающих средства и орудия производства, хотя и незначительно, но все же снизила свой уд. в. в 1926/27 г. в сравнении с 1913 г.: в 1913 г. эти отрасли составляли 33,56% от итога, а в 1926/27 г. 32,24%. Период от 1921 г. по 1927/28 хозяйственный год можно назвать восстановительным периодом в том лишь смысле, что к концу этого периода наша пром-сть дала в центральном выражении такую же сумму продукции, как и до войны. Однако уже в этом же периоде наблюдается ряд моментов, являющихся реконструктивными. Основой индустриализации является тяжелая промышленность, выработка орудий и средств производства. Как раз эти отрасли в довоенной пром-сти имели незначительный уд. в. Начиная с 1925/26 г. наша пром-сть начинает перестраиваться в сторону увеличения уд. веса именно этих отраслей пром-сти. Наиболее ярко этот процесс выявляется в организации новых производств и в направлении капиталовложений. За этот период в нашей пром-сти был освоен целый ряд новых производств, не имевших места в дореволюционное время. В отношении промышленного оборудования в дореволюционное время наша пром-сть почти целиком, как указывалось выше, зависела от капиталистических стран, так как в России производственное оборудование почти не вырабатывалось. Построение социализма у нас требовало создания нашей независимости в этом отношении от капиталистических стран. Мы должны были «производить не только ситца, но и машины, необходимые для производства ситца, не только автомобили, но и машины, производящие автомобили, ... отказаться от этой линии—значит отойти от задач социалистического строительства, значит стать на точку зрения „дауэсизации“ нашей страны» (Сталин). Для достижения этой цели наша промышленность должна была одновременно с восстановлением своей мощности начать реконструироваться на новых началах путем организации и освоения новых производств и новой техники. Следующий перечень важнейших новых производств, введенных за этот период, характеризует этот процесс реконструкции. В черной металлургии поставлено было производство специальных сталей; в цветной металлургии—на Кольчугинском з-де организовано производство кольчугалюминия, превышающего по своим качествам заграничный дуралюмин; по станкостроению налажено производство радиально-сверлильных, шлифовальных, фрезерных, колесно-токарных станков, а также ряд других станков, ввозившихся ранее почти целиком из-за границы; металлургической пром-стью начинают производиться мощные паровые турбины, производятся быстроходные насосы; завод «Пневматик» налаживает производство пневматич. бурильных молотков, не уступающих по качеству американским; з-д «Красный Путиловец» начинает выпускать мощные паровозы и стальные трамвайные вагоны. Больших достижений добилося судостроение как в смысле количества выпускаемых судов, так и в смысле грузоподъемности их и мощности изготовляемых двигателей; заново организовано автостроение на з-де АМО, выпустившего в 1924/25 г. 100 новых долотаторонных машин, Харьковский паровозостроительный з-д начал ежемесячно выпускать 9—10 тракторов тяжелого типа, а «Красный Путиловец» налаживает производство тракторов типа Фордзон, ряд дру-

гих заводов стал выпускать сельскохозяйственные машины, не производившиеся ранее в России. Ряд новых производств организован в области текстильного машиностроения (в этой области Россия до войны почти целиком зависела от Англии), хлопкового, стеклового, кожевенного, табачного машиностроения, значительных успехов удалось добиться в области точной индустрии и измерительных приборов. Задачи электрификации вызвали необходимость изготовления соответствующего оборудования, и наши заводы стали приспособляться к требованиям социалистической индустриализации: на з-де «Электросила» было развернуто производство мощных турбогенераторов мощностью до 10—20 тыс. kW, там же организуется производство гидрогенераторов; на заводе «Электроаппарат» был построен мощный выключатель для напряжения 115 kV разрывной мощностью в 1 млн. kVA. Совершенно новым у нас явилось массовое производство электросчетчиков и электрич. нагревательных приборов; не меньше успехи достигнуты и в области электротехники и радиотехники. Другие отрасли пром-сти: торфяная, нефтяная по переработке нефти, химическая по производству кислот, красок и других продуктов, необходимые различным отраслям пром-сти, также добились значительных успехов в постановке новых производств. Все эти и ряд других достижений как в тяжелой, так и в легкой индустрии имели целью освободить нашу пром-сть от зависимости от капиталистических стран. Таких успехов удалось добиться в результате все усиливавшегося внедрения планового начала и значительных вложений в капитальное строительство.

Рост промышленной продукции за восстановительный период естественно тесно связан с восстановлением основного капитала промышленности—зданий, сооружений, оборудования. Основной капитал пром-сти царской России и в количественном и в качественном отношении далеко отставал от передовых капиталистических стран. Машиностроение было в значительном состоянии и потому больше половины всего промышленного оборудования было иностранного происхождения. Недостаточное в количественном отношении, оно обычно отличалось значительной изношенностью, так как возобновление его требовало получения нового заграничного оборудования, что благодаря высоким пошлинам и нерациональной системе таможенных тарифов обходилось очень дорого. Благодаря дешевизне рабочих рук русские капиталисты не были заинтересованы в развитии механизации производства, и часто крупнейшие предприятия напоминали скорее обширные кустарные мастерские, а не организованные капиталистич. заводы. Наряду с этим было конечно и предприятия, построенные по последнему слову европ. техники. Вся стоимость основного капитала пром-сти к 1913 г. оценивалась по исчислению С. Г. Струмилина в 3 млрд. р., за исключением стоимости земли и износа, к-рые составляли около 30%. За время войны в результате, с одной стороны, усиления строительства и переоборудования, вызванного потребностями военного времени, с другой стороны,—разрушения, связанного с военными действиями, основной капитал русской промышленности увеличился к 1917 г. до 3 530 млн. довоенных руб. Начавшийся частично в период империалистич. войны процесс разрушения основ-

ного капитала пром-сти интенсивно продолжался в период гражданской войны. Законсервированные предприятия расхищались, разрушались от действия холода, часто сознательно разрушались белогвардейцами при отступлении. Капитальные ремонты прекратились, и усиленное изнашивание сохранившихся предприятий ничем не возмещалось. До 1 октября 1921 г. в общем стоимость основного капитала снизилась на 500 млн. р., т. е. на 14% от всего капитала, имевшегося к 1 декабря 1917 г.

Такой основной капитал не мог служить базой для социалистич. реконструкции всего народного хозяйства. Социалистич. пром-сть должна была не только восстановиться, но и значительно увеличить и реконструировать весь основной капитал. Первые годы восстановительного периода продолжалось проедание основного капитала пром-сти. Рост продукции за эти годы шел почти исключительно за счет ввода в действие законсервированных ранее предприятий и за счет более полной загрузки оборудования действовавших. Падающая валюта того времени, отсутствие правильного учета не позволяют с достоверностью установить размеры капитальных работ за эти годы. Капитальные вложения, произведенные за эти годы, не покрывали стоимости износа предприятий. Однако топливный кризис первых лет восстановительного периода вызвал необходимость значительных капиталовложений для восстановления топливной базы пром-сти в каменноугольную и шерстяную пром-сть; одновременно было приступлено к строительству новых электростанций: в 1921 г. были начаты постройки Волховской и Нижегородской станций и в 1922 г.—Штеровской и Шатурской. Переломным годом в капиталовложениях явился 1923/24 оперативный год. С начала этого года благодаря установившейся твердой валюте явилась возможность организовать правильные отчисления в амортизационный фонд и б. или м. регулярный учет строительства. В этом году амортизационные отчисления примерно равнялись сумме капитальных вложений, составляя ок. 200 млн. р. Однако этот же год показал, что пром-сть подошла уже по большинству решающих отраслей пром-сти к полному использованию мощности своего основного капитала. 1924/25 хозяйственный год был первым годом, когда капитальные вложения превзошли сумму амортизационных отчислений пром-сти. В этом году было вложено в капитальное строительство ок. 380 млн. р. при амортизационных отчислениях ок. 280 млн. р. В это же время начинается строительство новых предприятий в ряде отраслей тяжелой промышленности. Общая стоимость новых сооружений оценивалась примерно около 200 млн. руб. Развернутое капитальное строительство начинается с 1925/26 г., что видно из табл. 26. Как видно из таблицы, начиная с 1925/26 г. больше половины всех затрат идет на отрасли, вырабатывающие средства и орудия производства, причем к концу восстановительного периода уд. в. затрат по группе А* еще увеличивается. Особенно усиливаются вложения в электротехнич. промышленность, почти не существовавшую в дореволюционное время, к-рая должна была создать возможность электрификации пром-сти и сел. х-ва. Вложения во все

Табл. 26. — Капитальные вложения по союзной, республиканской и местной промышленности (в млн. р.).*

Отрасли промышленности	1925/26	1926/27	1927/28
Группа А			
Каменноугольная	76,4	146,9	140,9
Нефтяная	136,0	171,0	206,1
Металлическая	181,6	256,9	338,6
Электротехническая	31,6	81,7	168,3*
Химическая	36,2	46,6	64,7
Электростанции	12,7	19,3	23,0
Силикатная	19,6	26,5	45,8
Лесная и деревообрабатывающая	17,8	30,4	40,5
Бумажная	17,0	30,3	45,4
Горная и пр.	11,9	4,6	8,8
Итого	540,8	817,2	1 082,1
% к итогу	69,2	74,7	73,8
Группа Б			
Пищевая	65,7	59,8	91,2
Текстильная	123,7	162,3	220,0
Химическая	12,1	13,5	18,5
Силикатная	4,4	4,2	4,0
Кожевенная	21,0	20,8	25,1
Полиграфическая	3,5	2,5	3,6
Сояная	1,9	1,6	1,9
Прочая	8,4	13,0	18,0
Итого	240,7	277,7	382,3
% к итогу	30,8	25,3	28,2
Итого по всей пром-сти	781,5	1 094,9	1 464,4

* Горелик И., Динамика основных фондов промышленности, Основные моменты реконструкции промышленности СССР, М., 1930.

отрасли тяжелой пром-сти растут из года в год. Исключением представляет каменноугольная пром-сть, в к-рой наблюдается нек-рое снижение затрат за счет снижения расходов на жилищное строительство, которое в предшествующие годы наиболее интенсивно велось именно в каменноугольной пром-сти. В легкой промышленности в 1926/27 г. наблюдается даже абсолютное снижение затрат (кожевенная, силикатная, полиграфическая, сахарная пром-сть). В этом отношении уд. весов капиталовложений является все значение планового начала. Уже в этот период начинается осуществление общего плана реконструкции нашей пром-сти в направлении усиления отраслей, вырабатывающих орудия производства. Реконструктивные процессы в пром-сти ярко выявляются и в направлении капитальных вложений. В первые годы восстановительного периода значительное количество средств, которые вкладывались в пром-сть, отнимал капитальный ремонт; в 1924/25 г. свыше 20% всех средств, вкладываемых в пром-сть союзного и республиканского подчинения, шло на капитальный ремонт; строительство новых фабрик и заводов играло ничтожную роль в затратах, большая часть средств шла на реконструкцию и расширение старых предприятий. С 1925/26 г. доля капитального ремонта начинает уменьшаться и доля нового строительства увеличивается.

Распределение вложений общесоюзной и республиканской пром-сти по характеру капитальных работ (в % к итогу) дано в табл. 27. Как видно из этой таблицы, уд. вес затрат на новое строительство значительно увеличивается из года в год и особенно растет новое строи-

* Группа А—отрасли промышленности, вырабатывающие средства и орудия производства. Группа Б—отрасли промышленности, вырабатывающие предметы непосредственного потребления.

Табл. 27.—Распределение вложений промышленности (в млн. р.).

Характер работ	1926/27						1927/28					
	Группы		По всей промышленности		Группы		По всей промышленности					
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б				
Новое строительство . . .	13,4	15,7	7,2	13,9	30,3	14,7	26,9					
Расширение и реконструкция . . .	67,2	73,7	72,7	73,6	60,3	69,9	62,4					
Капитальный ремонт . . .	19,1	10,6	20,1	12,5	9,4	15,4	10,7					

тельство по группе А. Стоимость основного капитала пром-сти увеличивалась все ускоряющимися темпами. Табл. 28 дает представление о росте основного капитала всей пром-сти в млн. р. (с учетом износа).

Табл. 28.—Динамика основного капитала промышленности (в млн. р.). *1

Годы	Группы			% -ное отношение конца к началу года		
	Итого		Итого	По итогу		
	А	Б		А	Б	
1924/25	*2 2 084,9	2 061,6	4 146,5	103,1	99,9	101,5
	*3 2 119,8	2 058,8	4 208,6			
1925/26	*2 2 112,3	2 028,1	4 140,4	108,8	180,6	104,8
	*3 2 298,4	2 041,0	4 339,4			
1926/27	*2 2 281,2	2 018,6	4 299,8	115,4	102,1	109,1
	*3 2 631,9	2 059,7	4 691,6			
1927/28	*2 2 658,6	2 121,1	4 779,7	119,2	107,2	113,9
	*3 3 169,9	2 273,7	5 443,6			

*1 Горелик И. (см. сноску к табл. 26). *2 На начало года. *3 На конец года.

Из таблицы следует, что рост основного капитала отраслей тяжелой пром-сти идет значительно более быстрыми темпами, чем рост капитала легкой индустрии. Благодаря таким вложениям в пром-сть основной капитал уже к началу периода развернутой реконструкции пром-сти в значительной степени обновился. На 1/X 1928 г. 29% всего основного капитала пром-сти было обновлено; в тяжелой пром-сти это обновление равнялось 35%, в легкой 18%. Расширение и реконструкция тяжелой промышленности в годы восстановления очень быстро дали результаты в смысле уменьшения нашей зависимости от капиталистич. стран. Несмотря на все растущий объем нового промышленного строительства и перевооружения технич. аппарата пром-сти, уд. в импорта в затратах на машинное оборудование пром-сти и электростроительства уменьшается, составляя (по ценам 1924/25 г.) в 1926/27 г.—38,9%, в 1927/28 г.—46,9%, в 1928/29 г.—32,5% и за 1-е полугодие 1929/30 г.—27%.

Уже с 1921 г. во всей широте ставится вопрос о внедрении в пром-сть электроэнергии. За годы революции до 1928/29 г. включительно было построено 139 новых электростанций мощностью в 277,7 тыс. kW общей стоимостью в 223 млн. р.; так, в 1922 г. была основана Каширская электростанция мощностью в 12 тыс. kW, в 1923 г.—5-я электростанция и «Красный октябрь» в Ленинграде (65,5 тыс. kW), в 1924 г.—Кизеловская (6 тыс. kW), в 1925 г. Шатурская (136 тыс. kW) и Нижегородская районная (58 тыс. kW), в 1926 г.—Волховская (58 тыс. kW) и Штеровская (20 тыс. kW), в 1927 г.—Земо-Авчальская в ЗСФСР (13 тыс. kW) и Ляпинская в Ивановской области (8 тыс. kW). Чрезвычайно быстро росла выработка электроэнергии: в 1925 г. было выработано 2 925

млн. kWh, в 1926 г.—3 507, в 1927 г.—4 172 и в 1928 г.—5 093 против 1 945 млн. kWh в 1913 г. В результате капиталовложений в пром-сти мы имеем следующую динамику основного капитала, продукции и числа рабочих (табл. 29).

Табл. 29.*1—Сравнительная динамика основного капитала, продукции и числа рабочих.*2

Отрасли промышленности	Среднедейств. капитал по восстановит. стоим. *3	Валовая продукция *2	Число рабочих	Выработано на 1 рабоч. *2
Вся промышленность . . .	137,3	234,4	163,4	113,3
Группа А	156,9	258,9	174,3	147,1
в том числе				
каменноугольная . . .	173,6	288,0	178,9	161,0
нефтяная	134,5	216,2	89,0	212,9
металлическая	177,7	285,1	198,6	143,6
электротехнич.	132,1	314,9	155,1	203,0
химическая	173,0	222,0	135,7	163,0
силикатная	143,1	282,7	210,1	117,7
Группа Б	119,4	219,5	151,5	140,9
в том числе				
пищевая	130,2	275,8	131,6	209,6
текстильная	115,1	145,5	145,6	134,3
кожевенная	147,5	333,7	256,2	130,2

*1 Горелик И. (см. сноску к табл. 26). *2 1928/29 г. в % к среднегодовым данным 1924/25 г., принятым за 100. *3 В ценах 1924/25 г.

В какой степени выросло значение крупной пром-сти во всей пром-сти СССР, видно из след. данных по уд. в крупной пром-сти в сравнении с довоенным временем (в % к итогу):

Предприятия с числом рабочих	1914		1927	
	Предпр.	Раб.	Предпр.	Раб.
До 200	79,5	16,8	57,7	7,8
201 — 500	16,0	25,6	28,8	18,4
501 — 1 000	3,1	15,2	6,6	12,1
Свыше 1 000	2,5	41,9	6,9	61,7

Как видно из таблицы, число мелких предприятий с количеством рабочих до 100 в сравнении с довоенным временем упало с 79,5% до 57,7% по числу предприятий и в то же время уд. в крупных предприятий с числом рабочих свыше 1 000 чел. возрос больше, чем в 2 1/2 раза, занимаая в 1927 г. больше половины всего числа занятых в пром-сти рабочих. Рост промышленности СССР в восстановительный период шел темпами, не известными капиталистич. странам, что видно из сравнения темпов роста пром-сти СССР с ростом пром-сти капиталистич. стран за тот же период. Индексы физич. объема промышленной продукции СССР и капиталистич. стран (1913 г. = 100) и темпы их развития (в % к предшествующему году) даны в табл. 30.

Пром-сть Союза за годы гражданской войны подверглась такому разрушению, какого не знала пром-сть ни одной страны в мире. Несмотря на это, благодаря тому, что в Союзе уничтожен был капиталистич. строй и вместо капиталистической анархии производства водворились социалистич. плановые методы построения хозяйства, пром-сть Союза уже в 1927 г. имела индекс физического объема промышленности по отношению к довоенному выше, чем важнейшие страны капиталистического мира, за исключением США, пром-сть которых не пострадала во время войны.

Развитие социалистической пром-сти уже к концу восстановительного периода превратило царскую аграрную Россию в страну индустриально-аграрную. Это видно из соотношения пром-сти и с, х-ва в народном доходе: в 1913 г.

Табл. 30.—Сравнительная характеристика промышленности.*

Годы	СССР		США		Англия		Германия		Франция		Весь капиталистич. мир
	Индексы	Темпы	Индексы	Темпы	Индексы	Темпы	Индексы	Темпы	Индексы	Темпы	
1921	19,1	—	100,3	-23,0	67,6	-32,5	—	—	55	-11,3	—
1922	24,9	+30,5	127,2	+23,8	80,9	+19,7	—	—	78	+11,8	—
1923	38,0	+52,1	151,2	+18,9	88,8	+9,8	—	—	108	+12,8	—
1924	44,4	+16,7	142,2	-6,0	91,9	+2,6	75,5	—	108	+22,7	—
1925	73,8	+66,1	155,6	+9,1	88,6	-2,7	86,8	+15,0	107	-0,9	—
1926	102,0	+38,2	161,6	+3,9	68,5	-22,7	83,7	-3,6	124	+15,9	+0,3
1927	119,6	+17,3	158,6	-1,9	98,3	+43,5	106,3	+27,0	109	-12,1	+5,8
1928	116,1	+22,1	166,1	+4,7	93,2	-5,2	109,4	+2,9	127	+16,5	+1,3

* «Конъюнктура мирового хозяйства», 1932, 1—2.

уд. в. пром-сти в сумме валовой продукции пром-сти и с. х-ва составлял 35,5%, а с. х-ва—64,5%, а в 1928 г. пром-сть составляла 51,0% и с. х-во 49,0%. Одновременно с социалистич. пром-стью в восстановительный период, особенно в первые его годы, интенсивно развивалась и мелкая пром-сть, призванная в 1921 г. возможно быстро восстановить товарооборот между городом и деревней. Мелкая и кустарно-ремесленная пром-сть, чрезвычайно сильно пострадавшая в период империалистической и гражданской войн, благодаря примитивности технич. оборудования могла быстро восстанавливаться, и в первые годы восстановительного периода уд. вес ее поднимался в общем объеме промпродукции. В 1924/25 г. было произведено обследование кустарно-ремесленной пром-сти, к-рое установило наличие числа занятых в ней лиц в 2 624 758 чел., валовая продукция к-рых оценивалась в 1 601 863 тыс. р. Наибольший уд. вес в кустарно-ремесленной пром-сти имели пищевкусовая (с мукомольем) пром-сть, давшая продукции на 822,6 млн. р., кожевенная (с обувной)—257,1 млн. р., швейная—164,7 млн. р. и обработка металлов—115,7 млн. р. продукции. В 1926/27 г. состоялось второе обследование мелкой промышленности, которое дало уже 3,79 млн. занятых в этой промышленности лиц и валовой оборот пром-сти был определен в размере 4,6 млрд. р. Наибольший уд. в. имели те же производства: пищевкусовая пром-сть, составившая 45,6% от всего валового оборота мелкой пром-сти, производство одежды и туалета без обувной—17,8%, кожевенно-меховая (вместе с обувной)—17,6% и обработка металлов—4,9%. В сельских местностях было сосредоточено 76,2% всех занятых в мелкой пром-сти лиц, давших 57,5% всего валового оборота. Уд. в. мелкой пром-сти в общем промышленном производстве Союза составлял 57,1% по количеству занятых лиц и 22,4% к валовому обороту. По социальным секторам мелкая пром-сть распределялась следующим образом (в %):

	Государ- ственная	Коопе- ративн.	Част- ная
По количеству занятых лиц	1,0	4,6	91,4
По валовому обороту	4,3	13,2	82,5

Ценовая частная пром-сть не играла сколько-нибудь значительной роли в пром-сти союза, что видно из следующих данных об удельном весе частной пром-сти во всей ценовой (в %):

	1923/21	1921/25	1925/26
Число рабочих	2,8	2,2	2,6
Валовая продукция	4,1	3,9	4,0

Однако как ни мал был уд. в. частной промышленности, все же частник часто вступал в кон-

курентцию с госпромышленностью, в особенности по заготовке сырья, срывая плановости заготовок. Благодаря этому вместе с укреплением социалистич. пром-сти был предпринят ряд мер, в результате к-рых уже в 1926/27 г. уд. в. частной ценовой пром-сти во всей ценоз. пром-сти по рабочей силе составил 1,8% и по продукции 2,2%. Динамика стоимости продукции, вырабатываемой в обобществленном и не-обобществленном секторах всей пром-сти СССР (в % к итогу), видна из следующих данных, показывающих, что пром-сть обобщественная все больше и больше вытесняет частную:

Годы	Обобщ. сектор	Необщ. сектор	Вся мелкая промышлен- ность
1925/26	80,1	19,9	100
1926/27	82,8	17,2	100
1927/28	87,3	12,7	100
1928/29	89,3	10,7	100

1928/29 г. знаменует собою новый этап в развитии пром-сти Союза. Этот год является первым годом выполнения пятилетнего плана развития народного х-ва Союза, первым годом коренной реконструкции пром-сти. Несмотря на значительное строительство новых з-дов все же в основном развитие пром-сти шло на базе старого дореволюционного основного капитала, однако расширенного и реконструированного в значительной степени. В 1927/28 г. пром-сть подошла почти к полному использованию своего основного капитала, и это вызвало необходимость расширения его путем строительства новых з-дов. Исходя из этой задачи, и был составлен 1-й пятилетний план развития пром-сти, входивший основным ведущим элементом в общий пятилетний план развития народного хозяйства, принятый V Съездом советов в 1928 г. Основные задачи плана в области пром-сти с исчерпывающей полнотой сл. обр. охарактеризованы т. Сталиным: «Основная задача пятилетки состояла в том, чтобы перевести нашу страну с ее отсталой, подчас средневековой техникой на рельсы новой современной техники. Основная задача пятилетки состояла в том, чтобы превратить СССР из страны аграрной и немощной, зависимой от капризов капиталистических стран, в страну индустриальную и могучую, вполне самостоятельную и независимую от капризов мирового капитализма. Основная задача пятилетки состояла в том, чтобы, превращая СССР в страну индустриальную, вытеснить до конца капиталистич. элементы, расширить фронт социалистич. форм х-ва и создать экономич. базу для уничтожения классов в СССР, для построения социалистич. об-ва. Основная задача пятилетки состояла в том, чтобы создать в нашей стране такую индустрию, которая была бы способна перевооружить

и реорганизовать не только пром-сть в целом, но и транспорт, но и с. х-во—на базе социализма... Основное звено пятилетнего плана состояло в тяжелой пром-сти с ее сердцевиной—машиностроением. Ибо только тяжелая промышленность способна реконструировать и поставить на ноги и пром-сть в целом, и транспорт, и с. х-во. С нее и надо было начать осуществление пятилетки. Стало быть восстановление тяжелой пром-сти нужно было положить в основу осуществления пятилетнего плана.

С осуществлением таких грандиозных задач, чтобы догнать и перегнать в промышленном отношении передовые капиталистические страны, существующий основной капитал пром-сти справиться не мог. Нужно было его значительно увеличить и реорганизовать на основании последних достижений науки и техники. Для этого требовались громадные капиталовложения как для реконструкции и расширения существующих заводов, так и для строительства новых. Общая сумма капиталовложений в планируемую промышленность пятилетним планом намечалась в размере 17 433,9 млн. рублей в неизменных ценах 1926/27 г., без затрат на электростанции, Геолком, НТУ и проч. со

лической—29,2%—5 552,1 млн. р. (в том числе черной металлургии—16,3%—3 027 млн. р. и по общему машиностроению—7,9%—1 435,8 млн. р.), по топливной—14,7%—3 069,6 млн. р., по химической (по гр. А)—8,9%—1 590 млн. р. по текстильной (по гр. Б)—9,1%—3 898,8 млн. р., пищевкусовой—7,4%—1 160 млн. р. По направлению капиталовложения распределялись сл. обр. (в ценах соответствующих лет, без затрат на научно-исследовательские работы, геологические изыскания, строительные конторы и т. п.): на капитальный ремонт 821 млн. р. (6,5%), на расширение и реконструкцию действующих предприятий 4 180 млн. р. (33%), на новое строительство 6 433 млн. р. (50,9%) и на жилищное строительство—235,5 млн. р. (9,6%), причем новое строительство по гр. А занимало 52,8% от всех затрат по группе и по гр. Б—44,3%. Такое направление затрат должно было в корне изменить структуру пром-сти, давши ей соответствующую базу дальнейшего развития. В соответствии с капиталовложениями намечались и обновление и рост основного капитала. Динамика основного капитала (по полной восстановительной стоимости) видна из табл. 31.

Табл. 31.—Действующий основной капитал госпромышленности.*

Отрасли промышленности	Весь капитал на 1/X 1928 в млн. р.	В том числе дореволюционный капитал		Весь капитал на 1/X 1933 в млн. р.	В том числе дореволюционный капитал		Капитал на 1/X 1933 в млн. р.	Основной капитал на 1/X 1928 в % к капит. на 1/X 1933	Дореволюц. капитал в % к капит. на 1/X 1933
		млн. р.	% ко всему капит.		млн. р.	% ко всему капит.			
Группа А	4 263	3 639	85,0	5 430	2 900	53,0	11 855,6	36,5	19,5
в том числе									
металлическая	1 852	1 760	95,0	2 430	1 610	66,0	6 167,9	39,3	26,1
электротехнич.	90	79	88	150	70	47	337,9	41,6	20,7
топливная	1 617	1 229	76	1 830	785	43	4 172,9	43,6	18,8
Группа Б	3 702	3 490	94,0	4 320	3 230	75	6 905,3	62,5	46,8
в том числе									
текстильная	2 019	1 958	97,0	2 330	1 880	81,0	3 583,8	65,0	52,5
Итого по обем группам	7 965	7 129	89,0	9 750	6 130	63	21 760,9	41,7	28,1

* Пятилетний план народнохозяйственного строительства СССР, т. 2, ч. 1, стр. 82—83.

следующим распределением по годам пятилетия: 1928/29 г.—1 741,1 млн. р., 1929/30 г.—2 634,5 млн. р., 1930/31 г.—3 572,9 млн. р., 1931/32 г.—4 348,5 млн. р. и 1932/33 г.—5 141,9 млн. р. (Пятилетний план народного хозяйственного строительства СССР, т. 2, ч. 1, стр. 262—63). Вся грандиозность этих вложений видна из сопоставления вложений 1932/33 года с капиталовложениями 1927/28 года, которые равнялись 1 295,2 млн. р., следовательно в 1932/33 году надо было вложить в пром-сть в 4 раза больше, чем было затрачено в 1927/28 г. Наиболее ярко пятилетний план капиталовложений характеризуется тем, в какие отрасли направляются наибольшие суммы и на какие цели они назначаются. Основной своей задачей пятилетний план ставил развитие отраслей, вырабатывающих средства и орудия производства. В соответствии с этой задачей 78,1% (14 571,7 млн. руб. в ценах 1926/27 г.) всех капиталовложений из 5 лет направлено в отрасли гр. А и 21,9% шло по гр. Б. Из отдельных отраслей наибольшие вложения намечались: по метал-

Как видно из табл. 31, тяжелая пром-сть должна была быть организована на совершенно новой технич. базе, т. к. старый основной капитал должен был составить лишь 19,5% от всего действующего на 1/X 1933 г. капитала. Если учесть, что убыль имущества в 1933 г. должна пойти гл. обр. по линии старого основного капитала, более изношенного, и что в течение этого года должен войти в действие ряд строящихся з-дов, можно сказать, что к началу второго пятилетия у нас почти вся тяжелая пром-сть д. б. создана вновь, старый основной капитал должен играть совершенно незначительную роль. Такое увеличение действующего основного капитала дало возможность запроектировать громадный рост промышленной продукции, что характеризуется табл. 32.

Как видно из табл. 32, рост государственной промышленности (планируемой ВСНХ) значительно обгоняет рост всей промышленности в целом. Рост группы А как во всей промышленности, так и в государственной значительно выше, чем рост легкой промышленности.

Табл. 32.—Валовая продукция в ценах 1926/27 г. (в млрд. р.).*

Виды пром-сти	1927/28	1928/29	1932/33	1932/33 в % к 1927/28
Вся промышленность .	18,3	21,1	43,2	236
в том числе				
группа А	6,0	7,2	18,1	304
группа Б	12,3	13,9	25,1	203
Планируемая ВСНХ .	10,9	13,2	30,4	279
в том числе				
группа А	4,4	5,5	11,5	331
группа Б	6,5	7,7	15,9	244

* Пятилетний план, т. I, стр. 131.

Темпы роста продукции по годам пятилетки были намечены следующие (табл. 33).

Табл. 33.—Продукция в ценах 1926/27 г. (в % к предшествующему году).

Виды пром-сти	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	1932/33 в % к 1927/28
Вся промышленность	115,6	118,2	118,5	120,0	121,4	235,9
в том числе планируемая ВСНХ	121,4	121,5	122,1	123,3	121,2	279,2

В соответствии с темпами развития отраслей группы А и Б уд. в. группы А во всей продукции планируемой ВСНХ пром-сти поднимался с 40,3% в 1927/28 г. до 47,8% в 1932/33 г., причем уд. в. металлич. пром-сти с 17,1% в 1927/28 г. поднимался до 19,0% в 1932/33 г., электротехнической—соответственно с 1,7% до 3,0%, химической (группы А) с 2,3% до 4,3%. Развитие этих отраслей пром-сти создавало возможность дальнейшей реконструкции не только самой пром-сти, но и с. х.-ва, к-рому эти отрасли должны были дать с.-х. орудия и удобрение. Вместе с тем они давали фундамент, на к-ром могла развиваться и внедриться в наше хозяйство электрификация. (О строительстве электростанций см. *Электрификация*.) Первые же годы осуществления пятилетнего плана показали, что как ни велики были темпы развития промышленности, намеченные пятилетним планом, они оказались недостаточными, т. к. недостаточно были учтены возможности, к-рые давали социалистич. формы организации и управления пром-стью, недостаточно был учтен энтузиазм, охвативший трудящиеся массы при осуществлении строительства социализма и в первую очередь ведущего элемента социалистич. пром-сти, наконец недостаточно была учтена и роль все усиливающегося планового начала. Между тем именно эти факторы дали возможность выдвинуть лозунг: пятилетний план должен и мо-

жет быть выполнен в четыре года. Следовательно утвержденный V Съездом советов пятилетний план как план максимально возможный, требующий громадного напряжения всех сил и энергии трудящихся, оказался недостаточным; жизнь показала, что можно взять еще большие темпы, и действительно темп роста пром-сти за первые 3 года пятилетия по плану намечался в 121,6%, выполнение же дало 125,6%, причем по группе А темп роста намечался в 126%, фактически он равнялся 135,5%, а по группе Б—118,4% по плану и 118,0% фактически. Особенно большое превышение темпов выполнения плана над его проектировками дают отрасли, обеспечивающие выполнение основной задачи пятилетки—создание собственной базы дальнейшего развития пром-сти, укрепления обороноспособности страны и освобождения от зависимости от капиталистических стран—машиностроение и электротехника: темпы развития общего машиностроения были запроецированы в 123,9%, выполнение дало 156,5%, с.-х. машиностроение: проектировка—133,1%, выполнение—140,6%, электротехнич. пром-сть—134,3% и 169,5% и химическая—135,9% и 138,6%. Нужно отметить, что темпы развития этих отраслей еще несколько задерживались нек-рым отставанием от плана развития черной металлургии, к-рая давала в среднем 14% прироста за год против намеченного в плане 21,5%, и более медленнее, чем вся группа А, развитием цветной металлургии и добычи каменного угля, которые давали среднегодовой прирост продукции: цветная металлургия—25,1% и каменноугольная—17,5%. По группе Б почти все отрасли развивались более высокими темпами, чем то было запроецировано планом; так, пищевкусовая пром-сть дала 24,8% среднегодового прироста против 17,8% по плану, химическая Б—24,5% против 21,2%, кожанно-обувная—33,6% против 24,5%. Более низкими темпами, чем то было предусмотрено планом, развивалась текстильная и бумажная пром-сть: первая дала 2,2% прироста против 14,6% по плану и вторая—21,1% против 28,4% по плану. Благодаря большому уд. в. этих отраслей в группе Б вся группа Б дала некоторое отставание от плана (18% среднегодового прироста против 18,4% по плану). В результате таких темпов роста за три года продукция цензовой промышленности больше чем удвоилась, поднявшись в 1931 г. до 30,9 млрд. р. (в ценах 1926/27 г.) против 13,9 млрд. р. 1927/28 г., что дает 222,22% от 1927/28 г., причем рост группы А составил 285,7% от 1927/28 г. (16,0 млрд. р. против 5,6 млрд. р.) и группы Б 179% (14,9 млрд. р. против 8,3 млрд. р.). В сравнении с 1913 г. продукция промышленности утроилась, соста-

Табл. 34.—Рост основных фондов крупной (цензовой) промышленности (в млн. р.).*1,2

Виды промышленности	На 1/X 1928	На 1/X 1929	На 1/X 1930	На 1/X 1931	На 1/X 1932	В % к предыдущему году				1932 в % к 1928
						1929	1930	1931	1932	
Вся пром-сть (с электростанциями)	5 712,1	6 436,0	7 517,9	9 568,8	12 713,7	112,7	117,3	126,8	132,9	222,6
в том числе планир. ВСНХ и НКСнабом:	4 919,2	5 626,3	6 531,1	8 370,0	10 989,4	111,4	116,1	123,1	131,3	223,4
группа А	2 815,7	3 392,6	4 177,8	5 821,1	8 276,2	120,5	123,1	139,4	113,1	243,9
группа Б	2 103,5	2 233,7	2 356,3	2 546,9	2 713,2	106,2	105,5	108,0	106,5	129,0

*1 По реальной стоимости с учетом износа в ценах соответствующих лет без промжилфонда. *2 М и н а в С., Выполнение пятилетнего плана, «Народное хозяйство СССР», Партиздат, 1932, 3—4.

вивши 299,5% от 1913 г., в том числе группа А составила 391,9%, и группа Б—233,1%.

Такому росту продукции в значительной степени способствовал рост вложений в капитальное строительство, которые превысили наметки пятилетнего плана. Выполнение пятилетки по капитальным вложениям в промышленность вместе с электрической (в ценах 1925/26 г., в млн. р.):

	1928/29	1929/30	1931	За 3 года
План	2 625,0	3 961,0	6 429,0	12 018
Выполнение	2 517,3	5 080,1	8 423,3	17 727,1
В % к плану	97,0	128,2	153,2	147,1

Такой рост капиталовложений привел к значительному увеличению основных фондов пром-сти, динамика к-рых видна из табл. 34. Как видно из табл. 34, темпы роста основного капитала группы А значительно превосходят рост группы Б, что и является основным показателем выполнения центральной задачи всего плана—создания основы индустриализации всего народного х-ва—пром-сти, вырабатывающей средства и орудия производства. В соответствии с увеличением основных фондов шло и их обновление (в %):

	На 1/X 1928	На 1/I 1930	На 1/I 1931	На 1/X 1932
Вся промышленность	29,3	40,9	50,8	60,2
группа А	39,2	47,5	57,6	67,6
группа Б	18,9	22,1	27,6	36,8

Такой значительный % обновления основного капитала объясняется как строительством новых заводов, так и характером реконструкции старых з-дов, при к-ром фактически старые заводы превращаются в совершенно новые. Для иллюстрации этого положения достаточно указать на реконструкцию 23 крупных машиностроительных з-дов, данные о к-рых приведены т. Орджоникидзе на Пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) в январе 1933 года. Основные фонды этих з-дов до реконструкции (на 1/X 1927/28 г.) оценивались в 257 828 тыс. р., после реконструкции (на 1/I 1932 г.) они равнялись 493 746 тыс. р., валовая продукция этих заводов в 1927/28 г. оценивалась в 284 676 тыс. р., в 1932 г.—в 1 244 508 тыс. р. Конечно такие заводы можно считать новыми заводами. Всего за 3 года пятилетки было введено в эксплуатацию 769 новых и существенно реконструированных з-дов: в 1928/29 г. было введено 133 предприятия, в 1930 г.—286, в 1931 г.—350. По пятилетнему плану за 3 года (1928/29—1931/32 гг.) наме-

Табл. 35.—Выполнение первого пятилетнего плана по валовой продукции промышленности (в млрд. руб. в ценах 1926/27 г.).

Виды промышленности	1913	1928	1932	План последнего года пятилетки	1932 в %		
					к 1913	к 1928	к последнему году пятилет.
Валовая продукция цензовой промышленности	10,25	15,66	31,3	36,6	331,5	219,0	93,7
В том числе группа А	4,29	6,96	18,0	17,1	419,5	258,6	103,4
группа Б	5,96	8,7	16,3	19,2	273,5	187,3	84,9
Тяжелая промышленность	—	3,99	13,2	12,2	—	331,5	108,4

чалось ввести в действие 458 предприятий и в 1931/32 г.—284 предприятия; следовательно

и в этом отношении советская пром-сть перевыполнила план, сделавши за 3 года больше, чем намечалось за 4 года, т. е. основные задачи пятилетнего плана пром-сти в основном выполнены за 4 года (табл. 35). За пятилетие советская промышленность создала вновь не только отдельные заводы, но и ряд совершенно новых отраслей пром-сти—автомобиле- и тракторостроение, станкостроение, химическая промышленность, производство с.-х. машин, авиастроение, производство искусственного волокна, производство синтетич. каучука, производство алюминия и ряд других отраслей, либо не существовавших раньше совсем либо находившихся в зачаточном состоянии. «И мы не только создали эти новые громадные отрасли промышленности, но мы их создали в таком масштабе и в таких размерах, перед к-рыми бледнеют масштабы и размеры европейской индустрии. А все это привело к тому, что капиталистич. элементы вытеснены из промышленности окончательно и бесповоротно, а социалистическая промышленность стала единственной формой индустрии СССР. А все это привело к тому, что страна наша из аграрной стала индустриальной, ибо удельный вес промышленной продукции в отношении сельскохозяйственной поднялся с 48% в начале пятилетки (1928 г.) до 70% к концу четвертого года пятилетки (1932 г.)» [Сталин, Доклад на объединенном пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) 7 января 1933 г.] и перед второй пятилеткой стоят уже новые задачи. Резолюция январского 1933 г. пленума ЦК и ЦКК ВКП(б) «вторая пятилетка будет по преимуществу пятилетней освоения новых предприятий в промышленности». Все значение социалистич. форм в промышленности видно из сопоставления роста нашей пром-сти с состоянием пром-сти капиталистич. стран. В СССР эти годы были годами расцвета пром-сти, фактически создания больше чем наполовину новой пром-сти, были годами вовлечения в пром-сть новых кадров рабочих, подъема их энтузиазма, социалистического соревнования и ударничества, совершенного «уничтожения безработицы, а в капиталистич. странах эти годы были годами небывалого кризиса, годами снижения технич. мощи пром-сти, годами колоссального развития безработицы» (табл. 36 и 37).

Табл. 36.—Индекс физического объема промышленной продукции (1913 г.=100).

Страны	1927	1928	1929	1930	1931
США	158,6	166,1	178,1	143,7	121,1
Англия	98,3	93,2	100,6	89,9	71,4
Германия	106,3	108,1	110,9	91,5	75,5
Франция	109,0	127,0	139,5	140,0	124,0
СССР	119,6	116,4	182,0	228,9	277,1

Табл. 37.—Процент изменения к предыдущему году.

Страны	1927	1928	1929	1930	1931
США	- 1,9	+ 4,7	+ 7,2	-19,3	-15,7
Англия	+43,5	- 5,2	+ 7,9	-10,6	-13,0
Германия	+27,0	+ 2,9	+ 1,4	-17,5	-17,5
Франция	+12,1	+16,5	+ 4,1	+ 0,7	-11,4
СССР	+17,3	+22,4	+24,3	+25,8	+21,1

Сопоставляя изменение физич. объема пром-сти СССР и капиталистич. стран за 4 года пятилетия, получаем след. картину (табл. 38).

Табл. 38.—Индекс физического объема промышленности (1928 г.=100).

Страны	1929	1930	1931	Де-кабрь 1931	*	Март 1932
Весь капитал. мир	106,9	90,7	76,8	68,3	38,7	66,7
США	107,2	86,5	73,0	66,7	41,2	62,2
Англия	107,9	96,5	82,0	87,3	22,1	68,8
Германия	101,4	83,6	69,1	59,4	45,2	55,3
Франция	109,4	110,2	97,6	87,4	22,9	77,2
СССР	124,3	156,3	189,2	—	—	—

* Процент падения от высшей точки к декабрю 1931 г.

В то время как С. п. у нас растет из года в год, пром-сть капиталистич. стран из года в год падает. В 1932 г. мировой кризис продолжает развиваться, к концу 1932 г. объем промышленной продукции в сравнении с довоенным уровнем в США снизился до 84%, в Англии до 75%, в Германии до 62%. В то же время продукция СССР в сравнении с довоенным временем поднялась до 334%. В сравнении с 1928 г. к концу 1932 г. у нас продукция выросла до 219%, а в США снизилась до 56%, в Англии—до 86%, в Германии—до 55%. В результате пром-сть СССР догоняет и перегоняет важнейшие капиталистич. страны, что видно из данных Конъюнктурного ин-та в Берлине (табл. 39).

Табл. 39.—Участие от отдельных стран в мировом промышленном производстве.*

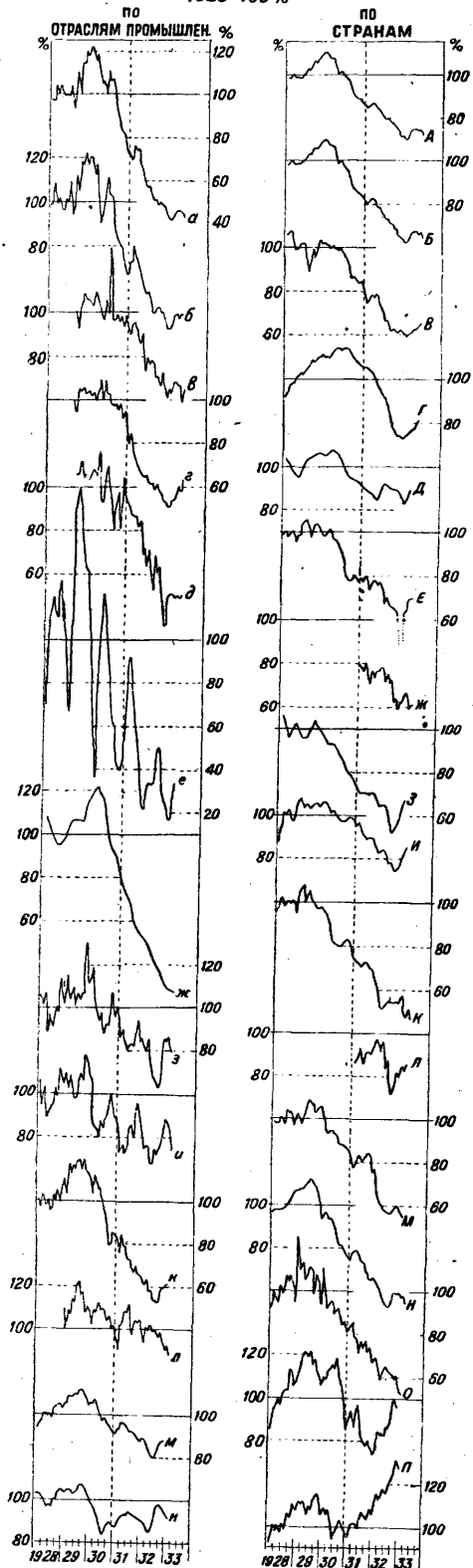
Страны	1928	1930	1931	1932
США	41,8	40,6	37,6	34,5
Великобритания	9,3	9,4	9,5	11,2
Германия	11,6	10,8	9,6	8,9
Франция	7,0	8,0	7,9	7,0
СССР	4,7	7,6	11,2	14,9

* В весовом выражении в %.

Участие СССР в промышленном производстве за последние пять лет возросло с 4,7% до 14,9%. СССР обогнал Англию, Германию и Францию и занял второе место вслед за США. Динамика мировой промышленности с 1928—1933 гг. видна из диаграммы на ст. 512, где а—чугун, б—сталь, в—свинец, г—цинк, д—олово, е—автомобили, жс—суда, з—каменный уголь, и—бурый уголь, к—кокс, л—нефть, м—бумага, н—текстиль, А—мировая продукция, Б—то же без СССР, В—Германия, Г—Франция, Д—Великобритания, Е—Бельгия, Ж—Австрия, З—Венгрия, И—Италия, К—Польша, Л—Швеция, М—Чехо-Словакия, Н—США, О—Канада (верх) и Чили (низ), П—Япония.

Лит.: Маркс К., Капитал, т. 1—3, М., 1933; его же, Ницше философия, М.—Л., 1929; его же, К критике политической экономии, М.—Л., 1930; Энгельс Ф., Анти-Дюринг, М.—Л., 1931; Ленин В. И., Развитие капитализма в России, Сочинения, т. 3, М.—Л., 1931; его же, Что такое друзья народа?, Сочинения, т. 1, М.—Л., 1930; его же, Империализм как новейший этап капитализма, 3 изд., М., 1925; Сталин И., Вопросы ленинизма, М.—Л., 1932; его же, Доклад на объединенном пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) 7 января 1933 г., М.—Л., 1933; Кузнецов В., Доклад на объединенном пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) 8 января 1933 г., М.—Л., 1933; Орджоникидзе С., Речь на объединенном пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) в январе 1933; Зомбарт В., Современ. капитализм, пер. с нем., т. 1, Л., 1924; т. 3, полутом 2, М.—Л., 1930; Бюхер К., Воинничество народного хозяйства, пер. с нем., т. 1—2, П., 1923; его же, Четыре очерка, пер. с нем., СПб., 1898; Гелл д А., Развитие крупной промышленности в Англии, пер. с нем., СПб., 1899; Гранат И., Классы и массы в Англии, М., 1927; Империализм и всеобщий кризис капитализма, учебник для вузов, составлен бригадой под руководством и редакцией Е. Варга, М., 1932; Гинзбург А.,

ПРОДУКЦИЯ ВСЕГО МИРА (по данным Берлин. конъюкт. инстит.) 1928=100%



Экономика промышленности, М.—Л., 1925; Экономика социализма, промышленность, учебник—для Вузов, составлен бригадой под руководством ред. Е. Хмельницкой, М., 1931; Б у х а р и н Н., Мировое хозяйство и империализм, П., 1918; Г е л ь ф е р и х К., Развитие народного хозяйства Германии, М., 1920; А г а ф о н о в В., Современная техника, «Итоги науки», М., 1912, т. 3; Г р и н е в е ц и й В., Послесловие перспективы русской промышленности, М., 1919; Л и ф м а н Р., Формы предпрятий, М., 1924; К в и р и н г Э., Очерки развития пром. СССР, М., 1929; Б о р д а н о в П., Промышленность за пять лет революции, «Сборн. за 5 лет», М., 1922; Промышленность за 10 лет (1917—27), под ред. В. Куйбышева, Москва, 1927; Л о н ш и н Э., Промышленность СССР за 15 лет, М., 1932; С а б с о в и ч Л., Организация промышленности, М.—Л., 1926; Основные моменты реконструкции промышленности СССР, очерки под ред. С. Минаева, М., 1930; М о т ы л е в В., Проблема темпа развития СССР, М., 1929; М и н а е в С., Выполнение пятилетнего плана, «Народное х-во СССР», 1932, 3—4; Пятилетний план народнохозяйственного строительства СССР, т. 1—3, М., 1929; Итоги выполнения первого пятилетнего плана развития народнох. Союза ССР, Госплан СССР, М., 1933; Пятилетка в четыре года, сборн., М., 1933; «Большевик», М., 1932; «Конъюнктура мирового хозяйства», 1932, 1—2; Статистические справочники: Мировое хозяйство, М., 1928; Статистический справочник СССР 1928 г., М., 1929; Народное хозяйство СССР, М., 1932. **Н. Рабинович.**

Нефтяная промышленность. В довоенное время нефтяная пром-сть достигла своей наивысшей добычи в 1901 г. С тех пор вплоть до мировой войны добыча ее в общем сильно сокращается. Это падение создавало впечатление истощения недр, на самом же деле причина его коренилась в политике хозяйничавших здесь монополистич. организаций, находивших более выгодным для себя не развивать добычу, зато поддерживать цены на чрезвычайно высоком уровне. Лучшим доказательством этого явилось то, что сов. власти в сравнительно краткий срок удалось не только восстановить, но и далеко превзойти довоенную добычу. Уже в 1926/27 г. было добыто 10,26 млн. т, т. е. была превышена не только довоенная (1913 г.—8,92 млн. т) добыча, но и максимальная добыча военного времени (1916 г.—10,13 млн. т). Этот успех был достигнут в значительной мере благодаря усиленной разработке новых площадей и пластов, эксплуатации которых в довоенное время только начиналась, или открытых уже при сов. власти в результате интенсивного разведочно-эксплуатационного бурения. Так, из добычи Грозненского района 1926/27 г. в 3 млн. т свыше 2 млн. падает на Ново-Грозненский район, открытый накануне войны и развивший свою добычу лишь в военные годы (1917 г.—0,67 млн. т), причем значительная часть этой нефти была добыта из открытых в советский период новых пластов (XXI, XVI). Бакинский район еще в 1927/28 г. не достиг довоенной добычи, но в то время как старобакинские площади в 1926/27 г. дали всего 2,8 млн. т против 4,5 млн. т в 1913 г., новая Сураханская площадь против 0,6 млн. т в 1913 г. дала 2,0 млн. т, из них большую часть из вновь открытого V пласта. Добыча Биби-Эйбатской площади почти достигла довоенного уровня гл. обр. за счет засыпанной в советское время части бухты и новых пластов. Обращение к новым площадям и пластам создало благоприятные условия эксплуатации: фонтанная добыча, составлявшая в 1913 г. всего 4,8%, в 1927/28 г. составляет свыше 40% всей добычи, в том числе по Грозненскому району до 74,2%, по Бакинскому до 26%. Указанные успехи могли быть достигнуты лишь благодаря тому, что в противоположность политике прежних хозяев сов. власть с самого начала пошла по пути интенсивного бурения. Довоенная проходка (ок. 270 тыс. м) была превзойдена уже в 1925/26 г. (288 тыс. м), а в

1926/27 г. общая проходка составила уже ок. 382 тыс. м, из к-рых 304 тыс. м эксплуатационного, 53 тыс. м разведочно-эксплуатационного бурения на разрабатываемых площадях и 24,9 тыс. м разведочного бурения на новых площадях. В процессе восстановления на промыслах уже накануне периода первой пятилетки была осуществлена глубокая технич. реконструкция. Тартание желонкой было заменено замостованным из америк. практики способом добычи *глубоком насосом* (см.). В 1927/28 г. желонкой было добыто только 10,4% всей нефти (кроме фонтанной), 56,3% получено глубокими насосами, 31% компрессорами. Господствовавшее до войны ударное бурение в значит. мере было заменено вращательным, применялось также турбинное бурение (изобретение советского инж. Капелюшников). Вращательное бурение уже в 1923/24 г. составляло 25,6% всей проходки, к 1927/28 г. оно достигает 70,6% и в то же время уже 1,9% падает на турбинное бурение. Как добыча, так в значительной мере и бурение в широкой степени электрифицированы— в 1927/28 г. 91,3% всей механизированной добычи получено электромоторами. В широкой степени осуществлена герметизация добычи, развитие получило газовое х-во. В результате интенсивного бурения фонд скважин быстро обновился и уже в 1926/27 г. ок. 80% всей добычи получается из скважин советского происхождения. Наряду с добычей не менее бурно росла и переработка, как это показывают следующие цифры (табл. 40).

Табл. 40.—Рост переработки нефти.

Переработка нефти	1913	1923/24	1924/25	1926/26	1926/27	1927/28
Переработано нефти (млн. т) . . .	5,70	3,18	5,00	5,90	7,03	8,88
Переработка в % ко всей добыче						
а) по СССР	65,0	64,2	71,7	71,6	69,1	77,0
б) по Бакинскому району	—	—	73,8	69,7	59,0	63,1

В отношении ассортимента нефтепродуктов были достигнуты значительные успехи, выразившиеся прежде всего в увеличении выхода бензина и светлых продуктов вообще. В 1913 г. все производство бензина составляло 156,3 т, в 1927/28 г. 881 тыс. т, а в отношении к переработанной нефти выход бензина достиг в 1927/28 г. 8,2% против 2% в 1913 г. Особенно значительны в этом отношении успехи Грозного, где выход бензина с 10,5% в 1913 г. и 7,8% в 1922/23 г. к 1927/28 г. достиг 16,3%. К 1927/28 г. было начато уже производство и ряда новых, или относительно новых, продуктов, как парафина, асфальта, мылонафта. В общем однако накануне периода первой пятилетки успехи в нефтезаводском деле резко отстают от успехов промыслового дела. До 1925 года мощност. перешедших от капиталистов инсталляций на много превышала количество предьявлявшейся к переработке сырой нефти. Не только не строится новых заводов, но сносится ряд старых, наиболее изношенных. С 1925/26 г. картина резко меняется: развитие заводской мощност. не поспевает за добычей, заводское дело становится узким местом всего нефтяного х-ва. Значительные количества добываемой нефти не могут быть переработаны, в особенности по Азнефти, где заводская мощност. даже недостаточна для переработки всей

легкой нефти, не говоря уже о тяжелой, вопрос о вовлечении которой в переработку на основании америк. практики и у нас к тому времени уже был поставлен во всю ширь. Вначале усиление мощности з-дов достигалось капитальным ремонтом з-дов и сооружением при них новых кубовых батарей, гл. обр. из старого оборудования. К 1927/28 году в постройке находился также ряд новых установок, но строительство их затягивалось и окончанием в значительной мере перешло уже на период первой пятилетки. Направление всего заводского строительства определялось прежде всего экспортными интересами. Так, первый новый з-д, выстроенный в Баку, это масляный з-д для выработки экспортных масел (начат в 1924/25 г., сдан в эксплуатацию в конце 1927 г.). Исходя из этих же интересов, было приступлено к грандиозному для того времени строительству крупных з-дов в Батуме и Туапсе и магистральных нефтепроводов для соединения их с промыслами. Это строительство окончанием своим также перешло на период первой пятилетки. Отмечена должна быть постройка первого в СССР парафинового з-да в Грозном. В последние предшествовавшие первой пятилетке годы делаются уже и первые шаги к технич. реконструкции заводского дела: в бакинском районе ставится первая, еще несовершенной конструкции трубчатая установка, сооружаются первые крекинги и заказывается за границей более совершенное оборудование (трубчатки, крекинги). Но развитие нефтеперегонного дела в значительной мере совершается еще на старой технической базе.

Капитальные работы советской нефтепромышленности до 1927/28 г. вкл. выразились в сумме, близкой к 800 млн. р. О направлении их в последние годы дает представление табл. 41.

Табл. 41.—Направление капитальных работ.

Отрасль нефтяного хозяйства	1926/27		1927/28	
	млн. р.	%	млн. р.	%
Промысла (бурение, добыча)	106,0	60,9	99,3	49,3
Переработка	21,5	12,4	33,2	16,5
Нефтепроводы	7,2	4,1	30,4	15,1
Прочие отрасли	39,4	22,6	38,4	19,1
Итого	171,1	100,0	201,3	100,0

Вначале львиная доля всех затрат направлялась в промысловое дело, за последнее же время все большая их часть направляется в заводское и нефтепроводное дело. Доля заводского строительства с 3,5% в 1923/24 г. и 7,4% в 1924/25 г. увеличивается до 16,5% в 1927/28 г. В связи с крупным капитальным строительством интенсивно растет и обновляется основной капитал нефтяной пром-сти, составивший (по восстановительной стоимости) на 1/X 1925 г. 737 млн. руб., а на 1/X 1928 г. 994 млн. руб. На 1/X 1928 г. уже 63,5% всего основного капитала состоит из элементов, созданных за советский период. Нефтяной экспорт быстро завоевал себе одно из первых мест в советском экспорте, составив против 948 тыс. т в 1913 г. и 327 тыс. т в 1922/23 г. 2 783,7 тыс. т в 1927/28 г., или почти 24% ко всей добыче. Ассортимент нефтяного экспорта резко изменился по сравнению с довоенным временем,

когда 46,2% всего нефтяного экспорта (по весу) составлял керосин, 31% смазочные масла, 16% бензин и 7% сырая нефть и нефтяное топливо: накануне периода первой пятилетки в советском нефтяном экспорте первое место занимают темные продукты и бензин, значение же керосина резко падает.

Задания пятилетнего плана могут быть охарактеризованы нижеследующим цифровым материалом (табл. 42).

Табл. 42.—План первой пятилетки.

Основные показатели	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33
Добыча нефти и газа (млн. т)	13,0	14,9	16,9	19,1	21,7
Бурение (тыс. м)	440,4	539,2	675,4	809,5	962,7
в том числе					
эксплоат.	326,5	384,7	475,0	566,2	667,5
развед.-эксплоат.	67,1	78,5	87,4	95,8	105,2
разведочное	46,8	76,0	113,0	147,5	190,0
Переработка сырой нефти (млн. т)	10,7	12,2	14,5	16,7	19,1
Выход бензина и лигроина (млн. т)	1,27	1,56	2,11	3,00	3,82
в том числе					
крекинга-бензина (тыс. т)	54,1	232,6	578,2	1 914,1	1 686,9
Керосина (млн. т)	2,31	2,60	2,92	3,28	3,76
Смаз. масел (млн. т)	0,44	0,57	0,67	0,78	0,91
Капитальн. работы (млн. руб.)	217,5	235,4	278,2	327,2	359,0

В 1932/33 г. предполагалось добыть по Бакинскому району 13,82 млн. т, Грозненскому 5,96, Кубано-Черноморскому 0,3, Эмбинскому 0,785, Сахалину 0,2, Средней Азии 0,35 млн. т, а по новым районам 0,335 млн. т. При этом и в пределах основных старых районов почти 25% намечалось добыть на новых площадях, к-рые должны были быть разведаны и введены в эксплуатацию в течение пятилетия. Из общей переработки 1932/33 г. в 19,1 млн. т 34% предполагалось переработать в Батуме и Туапсе. В действительности развитие нефтяной промышленности пошло значительно более быстрыми шагами, чем это предусматривал пятилетний план. Среднесуточная добыча, предполагавшаяся по плану к 1932/33 г., фактически была уже превзойдена в марте 1931 г., а среднесуточная переработка—к маю того же года. Такой рост добычи получен при объеме бурения, который за первые годы пятилетки лишь незначительно превышал плановые предположения. Росту нефтепромышленности в первые

Табл. 43.—Добыча нефти и бурение в первой пятилетке.

Добыча и бурение	1927/28	1928/29	1930	1931	1932
Добыча					
Всего по СССР (млн. т)	11,8	13,9	19,4	23,1	22,2
В том числе					
Бакинск. район	7,7	8,8	11,0	13,5	12,7
Грозненский район	3,7	4,6	7,1	8,1	8,1
Майкопский »	0,11	0,16	0,42	0,60	1,03
Эмбинский »	0,25	0,27	0,35	0,32	0,25
Бурение					
Всего (тыс. м)	363	446	639,3	698,0	752,2
В том числе					
эксплоатации	294	326	437	446	510,1
развед. эксплуат.	47	84,6	98	121	111,1
развед. на новых площадях	22	39,8	101,3	128	131,0

годы пятилетки в значительной степени способствовало интенсивное использование новых богатых пластов. Об этом говорит и очень высокий процент фонтанной нефти, достигший по Грозненскому району 81% в 1930 г., по Бакинскому 30,8% в 1931 г. В этом отношении однако с 1931 г. происходит перелом и процент фонтанной нефти значительно снижается. В табл. 43 приводятся цифры добычи и бурения.

Технич. реконструкция промыслов, в значительной мере осуществленная уже до периода первой пятилетки, продолжалась в основном в том же направлении. Тартальная добыча свелась в 1931 г. всего к 1,4% всей добычи; доля вращательного бурения достигла 87,4%. Рост переработки нефти характеризуется следующими цифрами (табл. 44).

Табл. 44.—Рост переработки нефти.

Районы	1928	1929	1930	1931	1932 (предв. данные)
Баку—Батум	5,75	6,92	8,93	11,32	11,55
Грозный—Туапсе	3,49	4,81	6,70	7,99	8,36
Майкоп	0,10	0,16	0,22	0,25	0,25
Вне Кавказа *	0,22	0,26	0,30	0,31	0,25
Итого	9,56	12,15	16,15	19,87	20,16

* Без Ср. Азии.

Развитие нефтеперегонного дела находилось под сильнейшим влиянием резких сдвигов, происшедших в направлении тракторизации с. х-ва и автомобилизации. Усилилось значение внутреннего рынка вообще, а на нем—значение керосина, лигроина и бензина в качестве автотракторного горючего, а также смазочных масел. Если в потреблении 1927/28 г. эти продукты составляли всего 5,7%, то по плану 1932 г. их уд. в. возрастает до 26,3%, зато уд. в. темных продуктов и осветительного керосина за то же время падает с 90,2% до 69,1%. Производство светлых продуктов развивалось след. обр. (в млн. т, табл. 45).

Табл. 45.—Рост производства светлых продуктов.

Продукты	1928/29	1929/30	1931	1932 (предв. данные)
Бензин	1,20	1,76	2,76	2,89
В том числе				
крекинг	—	0,03	0,41	0,59
керосин	2,32	3,24	3,86	4,19
масла	0,37	0,49	0,65	0,78

Выход светлых продуктов, составивший в 1928 г. 31,3% к переработанной нефти, по плану 1932 г. должен был составить уже 41%, причем выход бензина и лигроина должен был возрасти с 6,1 до 15,7%.

Развитие нефтеперегонного дела совершалось на новой технич. основе. За несколько лет введена в работу громадная заводская мощность, отчасти начатая строительством еще до первой пятилетки. Эта мощность в значительной мере состоит из инсталляции новейшего американского типа—трубчатых установок, вместо прежних кубовых, крекинговых установок и т. д. О размахе и характере этого строительства свидетельствуют данные табл. 46 о состоянии заводов первичной гонки нефти к

началу второй пятилетки (строительство 1932 г. по плану).

Табл. 46.—Мощность нефтеперегонных заводов в млн. т переработки нефти на 1/1 1933 г.

Районы	Старые кубовые	Построенные после революции			Всего
		трубчатые	кубовые	Итого	
Баку—Батум	4,87	5,84	2,79	8,63	13,50
Грозный—Туапсе	2,29	5,52	3,31	8,83	11,12
Майкоп	0,25	0,50	0,18	0,68	0,93
Вне Кавказа	—	0,15	0,22	0,37	0,37
Итого	7,41	12,01	6,50	18,51	25,92
В %	28,6	46,3	25,1	71,4	100,0

Развертывание крекингового строительства видно из следующих цифр:

	1929	1930	1931	1932 (план)
Переработка мазута в тыс. т	80	1 665	2 900	3 270

Всего к концу 1932 г. при выполнении плана этого года должны были быть выстроены 23 крекинг-установки, могущие дать 720 тыс. т очищенного бензина в год. Происшедшие за годы первой пятилетки изменения в географич. размещении нефтепереработки заключались прежде всего в вынесении части переработки в экспортные порты Баку и Туапсе. В 1931 г. в этих портах было переработано 16% бакинского и грозненского нефтяного сырья. Кроме того велось строительство заводов в районах потребления нефтепродуктов—в Ср. Азии (Мельниково), Хабаровске, Саратове, подготавливается также строительство Орского з-да. Все эти з-ды вступят однако в работу только во второй пятилетке. Значительные достижения имеются в первом пятилетии и в трубопроводном строительстве. Не только закончены на свою первоначальную мощность и усилены начатые раньше нефтепроводы Баку—Батум и Грозный—Туапсе, но закончена постройка продуктопровода Армавир—Украина и подготавливается строительство нефтепровода Каспий—Орск. Всего на 1/V 1932 г. мы имеем 3 233 км трубопроводов с перекачной мощностью 8,1 млн. т в год, из них 1 928 км мощностью 5,1 млн. т, т. е. свыше 60% построено в советский период. Общий объем капитальных работ (в млрд. руб.) составлял: в 1928/29 г.—0,24, в 1929/30 г.—0,32, в 1930 г. (IV квартал)—0,09, в 1931 г.—0,42, в 1932 г.—0,38, а всего за 4¼ года—1,45 млрд. руб.

В составе капитального строительства доля заводского и нефтепроводного строительства продолжала возрастать за счет снижения доли промыслов. За 1923/24—1927/28 гг. в промышленное дело было направлено ок. 52% всех затрат, на з-ды 10,5% и на трубопроводы 5,8%. За 1928/29—1932 гг. доля промыслов снизилась до 41,3%, а заводского строительства возросла до 20,5%, трубопроводного до 6,9%. Основной капитал нефтяной промышленности (по полной восстановительной стоимости) возрос с 994 млн. руб. на 1/X 1928 до 1 168 млн. р. на 1/X 1929 г. и 1 649 млн. р. на 1/I 1932 г. Экспорт нефтяных продуктов продолжал успешно развиваться, составив в 1928/29 г. 3,63 млн. т, 1930 г.—4 712 млн. т и 1931 г.—5 224,3 млн. т. В 1931 г. нефтяной экспорт стоит на втором

месте среди статей советского экспорта наравне с лесным, уступая только хлебному экспорту. В соответствии с намечающимся на второе пятилетие развитием народного х-ва в целом, в частности в связи с развертыванием автотракторного дела, добыча нефти к концу второй пятилетки должна быть примерно удвоена. Значительная часть прироста добычи д. б. получена в основных старых районах, в особенности в Бакинском. Это будет связано с разработкой здесь глубоких горизонтов, поэтому одной из основных задач второй пятилетки в области промыслового дела явится овладение глубокими и сверхглубокими бурением (на 2—3 тыс. м). Широко применяться будут методы искусственного повышения отдачи недр. В старых районах следует ожидать дальнейшего увеличения доли тяжелых нефтей, дающих при прямой перегонке сравнительно незначительные количества светлых перегонков. В частности относительно сократятся ресурсы легких масляных нефтей, на к-рых до сих пор у нас в основном базировалась выработка смазочных масел. Указанный рост добычи не может однако быть обеспечен исключительно старыми районами. Во второй пятилетке придется всемерно форсировать разведку новых нефтяных месторождений как в пределах Кавказа, так и за его пределами с целью приближения источников нефтяного сырья к центрам потребления и наиболее благоприятного расположения их с точки зрения обороны страны. Ассортимент нефтяных продуктов в неизмеримо большей степени, чем в первом пятилетии, будет определяться интересами автотракторного дела. Имея в виду это, особенно в связи с указанными изменениями в характере сырья, необходимо будет осуществить углубление переработки путем самого широкого применения крекинга как в жидкой, так и паровой фазе. Задача выработки масел из тяжелых и парафинистых нефтей разрешится применением новейших техник. Достижений в этой области, в частности коренным изменением методов очистки. Вообще в области переработки во втором пятилетии придется разрешить ряд крупнейших технологич. проблем, и эта отрасль нефтяного х-ва будет находиться и во втором пятилетии в процессе глубокой технич. реконструкции. Значительные изменения предостоят и в географич. размещении нефтепереработки. В старых районах и на Кавказе вообще не предполагается сколько-нибудь значительного заводского строительства, к-рое будет сводиться здесь гл. обр. к окончанию начатых работ и реконструкции существующих з-дов. Большая часть новой заводской мощности будет создана в районах потребления нефтепродуктов. Такое размещение новых заводов будет связано с соответствующим нефтепроводным строительством. В течение первой пятилетки СССР занял второе место в мире по добыче нефти, обогнав во второй половине 1930 г. Венесуэлу, и теперь следует непосредственно за США. Добыча нефти в США в 1929 г., т. е. перед началом кризиса, составляла ок. 144 млн. т при мировой добыче ок. 175 млн. т. Переработка превышает добычу на несколько процентов, т. к. перерабатывается и нек-рое количество импортного сырья. В переработку, в особенности путем крекинга, идут почти все сорта нефти. В 1929 г. бензин составлял 44% всего выхода нефтепродуктов (включительно полученного из естественных газов, без по-

следних—39,3%), керосин 5,7%, масла 3,5% и нефтепродукты (включительно газойля) 45,5%. В 1930 г. впервые выход бензина превышает выход нефтяного топлива. Капитал, вложенный в мировую нефтепромышленность, оценивается в 16—17 млрд. долл., в том числе в США ок. 12 млрд. Из последних приходится на добычу 5,3, переработку 3,2, торгово-распределительный аппарат 1,6, нефтепроводы 1,1 млрд. долл.

Каменноугольная промышленность. В последние довоенные годы каменноугольная промышленность быстро развивалась в связи с общим промышленным подъемом. Почти 90% всей добычи каменного угля в пределах современной территории СССР сосредоточивалось в Донецком бассейне. Усовершенствование техники выражалось в постепенном укрупнении шахт, хотя наряду с этим продолжало существовать огромное число мелких и мельчайших шахт кустарного типа, применявших для подъема угля конный ворот. Механизация находилась лишь в зародыше и сводилась к разрозненным попыткам отдельных предпринимателей. Гражданская война оставила Донецкий бассейн в состоянии глубочайшей разрухи, и в 1920 г. производственные возможности его оценивались не более, чем в одну треть от довоенных. Задача восстановления старого производственного аппарата Донецкого бассейна в основном была выполнена к 1927 г.; к этому времени добыча Донецкого бассейна достигла довоенного уровня, а в конце 1928 г. превысила и максимальную добычу 1916 г.

	1916	1920	1927	1928
Добыча Донбасса (млн. т)	25,3	14,8	4,5	25,4
				(2-е полуг.)

Превзойдя к концу 2-го полугодия 1928 г. добычу на конец 2-го полугодия 1916 г., добыча угля за все 2-е полугодие 1928 г. почти равнялась добыче за 2-е полугодие 1916 г. В период первого пятилетнего плана каменноугольная пром-сть вступила с основным капиталом, в котором уже преобладали элементы, созданные при сов. власти. За 5 лет (1923/24—1927/28 гг.) капитальные затраты составили ок. 415 млн. р., из них 110 млн. р. на жилищное строительство, в том числе по Донецкому бассейну ок. 355 млн. р., из них 93 млн. р. на жилищное строительство, и на 1/X 1928 г. новый основной капитал составлял уже 52,9% общей суммы (при 37,7% для пром-сти в целом). Структура основного капитала к началу первой пятилетки характеризуется следующими данными по б. тресту «Донуголь» на 1/X 1928 г. в млн. р.

	Всего	Старое имущество	Новое имущество
Размер основного капитала в том числе	380	160	220
произв. оборуд. и машины	73	25	48
капитальн. подземные выработки	49	21	28
жилищный фонд	107	49	58

Восстановленная каменноугольная пром-сть к этому времени уже в значительной мере отличалась от довоенной. Прежде всего имелись уже налицо заметные сдвиги в ее географич. размещении, как это показывает ниже табл. 47.

Эти сдвиги явились результатом принятой с самого начала установки на усиленное развитие местных энергетических ресурсов. Еще более значительны изменения в направлении концентрации добычи. Вместо 1 200 шахт довоенного Донецкого бассейна в 1927/28 г. вся

Табл. 47.—Добыча каменного угля по районам (млн. т).

Районы	1913	В % к общей добыче	1927/28	В % к общей добыче
Донбасс	25,29	87,1	27,40	77,6
Подмосковный . .	0,30	1,0	1,18	3,3
Урал	1,20	4,1	1,99	5,7
Сибирь	1,35	4,7	3,08	8,7
Средн. Азия . . .	0,14	0,5	0,22	0,6
Дальн. Восток . .	0,71	2,4	1,34	3,8
Прочие районы . .	0,07	0,2	0,12	0,3
Всего по СССР	29,06	100,0	35,33	100,0

добыча была получена из 440 шахт и средняя добыча шахты составляла 62,1 тыс. т вместо 21 тыс. т в 1913 г. Но увеличение среднего размера шахт было достигнуто не только ликвидацией большого числа мельчайших единиц, но также усилением мощности оставленных в действии шахт. Так, по 127 шахтам Донецкого бассейна, работавшим как в 1914, так и в 1927/28 г., средняя добыча возросла до 131,5 тыс. т против 98 тыс. т в 1914 г. Увеличение нагрузки достигалось усилением подготовительных работ, соответствующим переустройством подземных выработок и гл. о. усилением оборудования шахт.

Достаточно указать, что общая мощность основного шахтного оборудования Донецкого бассейна (подъемников, тягальных лебедок, насосов, вентиляторов и компрессоров) возросла с 89,5 тысяч кВт в 1924/25 году до 150 тыс. кВт в 1928 г., причем доля электрического оборудования возросла с 63 до 77% за счет вытеснения паровой энергии. Вообще восстановление каменноугольной промышленности совершалось на основе максимальн. электрификации, и только недостаточно быстрое развитие мощности электростанций в каменноугольных районах на первых порах сильно задерживало этот процесс. К указанному времени каменноугольная промышленность уже в значительной мере была охвачена процессом механизации: в Донецком бассейне процент механизации составлял 19,3 по выемке и 25,9 по доставке, а в Кизеловском районе даже 37 (по выемке). В остальных районах делались только первые шаги в этом направлении. Наконец резкие изменения произошли и в отношении сортового состава добываемого топлива. До войны 81,1% всей добычи Донецкого бассейна составляли курные угли и 18,9% антрацит, хотя в геологич. запасах первые составляли ок. 70% и последние около 30%. В 1927/28 г. доля антрацита составляет уже 28,9%, и эксплоатация месторождения т. о. в большей степени соответствовала естественным его условиям. К наиболее ответственным задачам восстановления каменноугольной промышленности принадлежало жилищное обеспечение быстро растущих кадров рабочих. Число последних только по эксплоата-

ции с 194 тыс. в 1913 г. и 185 тыс. в 1923/24 г. возросло к 1927/28 г. до 246 тыс. чел., и сверх этого все растущее число привлекалось на капитальное строительство и в подсобные и обслуживающие предприятия. Уже в течение восстановительного периода было приступлено и к проходке новых крупных шахт, т. к. уже в то время было ясно, что старые шахты не надолго смогут обеспечить углем бурно растущее народное хозяйство.

Пятилетний план поставил себе задачей развить добычу угля следующими темпами, которые приведены в табл. 48.

Табл. 48.—План добычи угля в первой пятилетке.

Показатели	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33
Общая добыча (млн. т)	35,3	40,6	47,1	51,9	63,6	75,0
Рост в % к предыдущ. году	—	+15,5	+16,3	+15,7	+16,2	+17,8
% механизирован. добычи	—	23,5	38,4	50	65	77

По отдельным бассейнам намеченное развертывание добычи и связанные с этим капитальные работы выражались в следующих цифрах, приведенных в табл. 49.

Табл. 49.—Добыча угля, капитальные работы и механизация по плану пятилетки.

Бассейны	Капит. работы за пятилетку, млн. руб.*1	Добыча					Механизация добычи 1932/33 в % к 1927/28
		1927/28		1932/33		1932/33 в % к 1927/28	
		млн. т	%*2	млн. т	%*2		
Донбасс	937	27,40	77,7	52,20	70,0	190	85,5
Подмосковный	57	1,18	3,3	4,22	5,6	358	80,0
Урал	108	1,99	5,6	6,11	8,2	325	80,0
Сибирь	81	3,08	8,7	6,90	9,2	224	65,0
Д. Восток	43	1,34	3,8	3,97	5,3	296	50,0
Ср. Азия	20	0,22	0,6	1,00	1,3	455	50,0
Прочие районы	40	0,12	0,3	0,60	0,4	500	—
Итого	1 286	35,33	100,0	75,00	100	213	77,0

*1 Без соц.-культ. затрат и научно-исследовательских работ. *2 Процент к общей добыче.

Эту программу добычи предполагалось осуществить путем дальнейшего усиления наиболее жизнеспособных старых шахт, из которых часть должна была подвергнуться капитальной реконструкции, а также за счет широкого строительства новых шахт. Так, по шахтам, входившим в состав треста «Донуголь», увеличение добычи на 17 млн. т (с 1928/29 по 1932/33 г.) предполагалось покрыть за счет роста добычи старых шахт, лишь частично реконструируемых, на 4,8 млн. т, капитально реконструируемых 43 шахт на 7 млн. т (рост их добычи с 7,2 до 14,2 млн. т), добычей из 13 новых крупных шахт, начаты проходкой до 1928 г.—5,6 млн. т при общей их проектной мощности 6 млн. т, из 8 средних шахт, заложенных в 1928/29 г., 0,9 млн. т, наконец из подлежащих закладке в течение пятилетия новых серий шахт конечной мощностью около 28 млн. т предполагалось в 1932/33 г. получить 3 млн. т. По другим районам из новых шахт намечалось добыть значительно большую часть всей добычи: в Сибири 3,75 млн. т, на Урале 2,99 млн. т, Д. Востоке 3,41 млн. т

и т. д. Во всех бассейнах предполагалось широко развить механизацию и вообще внедрить все новейшие достижения иностранной техники. Капитальные работы намечались в следующих размерах (в млн. р., без рудников Югостали и Богословских копей):

1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	Всего
166	237,4	261,5	255	229	1 149,5

Фактич. развитие каменноугольной пром-сти в период первой пятилетки совершалось под влиянием ряда факторов, которые не могли быть в достаточной мере учтены при составлении плана. С самого начала выяснилось, что темпы роста народного х-ва были значительно недооценены и что последнее в ближайшие годы предъявит гораздо большие требования на каменный уголь, чем предполагалось, а поэтому каменноугольная пром-сть в своих строительных программах должна была исходить из значительно больших производственных заданий. Программа должна была быть расширена особенно для восточной части Союза, после того как на XVI партсъезде была принята установка на форсированное создание 2-й угольно-металлургич. базы на Востоке. Разрешение проблемы коксования Кизеловского угля и выяснение богатых перспектив вновь разведанного Карагандинского месторождения диктовали необходимость широкого строительства и в этих районах. С другой стороны, переход на непрерывную неделю и трехсменную работу увеличивал производственные возможности как старых, так и новых шахт. Еще в гораздо большей степени в том же направлении действовали открывшиеся перед нами новые широкие перспективы в области техники горного дела: переход к работе непрерывным потоком (метод Карташева—Косаурова и т. д.) вместе с использованием всех достижений иностранной техники открывали возможность чрезвычайно интенсивной разработки шахтных полей и концентрации работ, а это позволяло перейти к проектированию шахт такой производительности, к-рая превосходила все то, что было известно за границей. В результате в течение первой пятилетки было приступлено к строительству новых шахт на огромную годовую производительность. Представление о размахе и характере нового шахтного строительства дают следующие данные, заимствованные из материалов Второй всесоюзной топливной конференции (табл. 50 и 51).

Табл. 50.—Ход нового шахтного строительства по СССР.

Год закладки	Число шахт, начатых производкой	В том числе шахт мощностью (в тыс. т годовой добычи)					Общ. мощность, тыс. т	Средняя мощность на шахту, тыс. т
		до 250	250—500	500—750	750—1 000	свыше 1 000		
До 1923	20	1	3	6	4	6	16 050	800
1923	5	1	2	1	—	1	2 690	510
1929	33	7	12	4	2	8	21 885	665
1930	69	27	20	8	5	9	32 350	470
1931	128	68	20	11	4	25	74 725	585
Итого	255	101	57	30	15	49	117 700	580

В условиях ожесточенной классовой борьбы (вредительства) при очень растянутом фронте новое шахтное строительство продвигалось внедрить лишь медленно. Сдаваемые в эксплуатацию

Табл. 51.—Распределение нового шахтного строительства по районам (до 1931 г. вкл.).

Районы	Число шахт, Год. мощн., млн. т		Районы	Число шахт, Год. мощн., млн. т	
	Число шахт	Год. мощн., млн. т		Число шахт	Год. мощн., млн. т
Донбасс	108	61,7	Д. Восток	10	6,1
Кузбасс	32	31,5	Ср. Азия	7	2,4
Вост. Сибирь	15	11,1	Караганда	23	7,3
Подмоск. басс.	21	7,4	Тыварчелы	1	1,0
Урал	35	15,9			
			Всего	255	147,7

шахты имели ряд недоделок и дефектов и развивали свою добычу слабыми темпами. Поэтому эффект грандиозного нового шахтного строительства полностью скажется лишь во втором пятилетии.

Что касается производства, то по созданным за годы пятилетки техническим возможностям добычи задания пятилетнего плана значительно перевыполнены, и только вследствие некоторых отрицательных явлений, гл. обр. в области организации труда и производства, фактическая добыча не дала превышения над планом. Разрыв между техническими возможностями и фактич. производством должен быть преодолен в кратчайший срок. Приведем еще нижеследующие данные о фактич. развитии каменноугольной пром-сти в период первой пятилетки (табл. 52).

Табл. 52.—Добыча каменного угля в предприятиях союзного значения, подведомственным НКТП (в млн. т).

Бассейны	1928/29	1929/30	1931	1932
Донбасс	30,7	35,9	40,0	43,9
Подмосковный	1,3	1,8	2,3	2,6
Урал	2,1	2,3	2,9	3,2
Сибирь	3,7	4,8	6,1	9,0
Д. Восток	1,4	1,5	1,7	2,5
Ср. Азия	0,3	0,4	0,65	0,8
Караганда	—	—	—	0,7
Закавказье	—	—	—	0,2
Всего	39,5	46,7	53,65	62,9

За 4¹/₄ года рост добычи составил по всей каменноугольной промышленности 78%, при этом по Донбассу около 60%, а по всем остальным 134%, в частности по Сибири 208%. Рост механизированной добычи угля (в %) приведен в табл. 53.

Так обр. механизация теперь уже широко внедрилась во всех бассейнах. Размах капитальных работ, далеко превысивший предположения пятилетнего плана, виден из табл. 54 (в млн. р.). По отдельным районам капитальное строительство распределялось по нижеследующим данным, приведенным в табл. 55.

Сдвиг на восток выражен в капит. строительстве еще более резко, чем в области пр-ва.

Табл. 53.—Рост механизированной добычи угля (в %).

Районы	1927/28	1928/29	1930	1931	1932 (предв. данные)
Всего по предприятиям сов. значения	15,8	24,4	39,7	58,1	63,6
В том числе					
Донбасс	18,3	28,0	45,2	66,0	71,8
Подмоск.	2,4	5,0	26,2	48,1	56,7
Кузбасс	2,0	10,2	22,3	35,4	44,8
Урал	22,3	28,8	33,7	39,7	47,2
Д. Восток	—	—	1,2	30,2	41,0
Ср. Азия	—	—	—	18,6	42,7

Табл. 54.—Развитие капитальных работ.

Показатели	1928/29	1929/30	Особ. кварт. 1931	1931	1932 (план)	Всего за 4 1/2 года
Общая сумма	165,1	248,2	84,1	592,2	789,3	1 878,9
В том числе жилстроит.	37,7	64,7	16,6	197,3	231,0	547,3
новые шахт. строит., вкл. жилищное	47,4	81,8	33,0	238,1	390,8	791,1

Табл. 55.—Капитальное строительство за пятилетку.

Районы	Общий объем капит. работ за 4 1/2 г. *1		Введено в эксплоат. на 1/I 1932	
	млн. р.	%	млн. р.	%
Донбасс	1 024,7	54,5	525,9	67,8
Ткварчелы	27,4	1,5	—	—
Подмосковный	117,0	6,2	38,2	4,8
Урал	181,7	9,6	55,2	7,1
Сибирь	374,6	20,0	115,2	14,9
Караганда	57,4	3,1	2,8	0,4
Ср. Азия	36,1	1,9	13,5	1,8
Д. Восток	60,0	3,2	24,6	3,2
Итого	1 878,9	100,0	775,4**	100,0

*1 1932 г. по плану. *2 При общем объеме капит. работ по 1/I 1932 г., т. е. за 3 1/4 г., в 1 099 млн. р.

Приведем наконец еще следующие данные о росте и структуре основного капитала каменноугольной промышленности (в млн. р.):

Рост основного капитала по районам

Районы	1/X 1928	1/I 1932
Донбасс	483,6	889,5
Подмосковный	15,7	41,2
Урал	17,2	66,6
Сибирь	47,1	137,9
Ср. Азия	4,7	13,8
Д. Восток	9,7	31,6
	578,0	1 180,6

Структура основного капитала

Прозв. здания	60,2	108,4
» сооружения	108,9	256,5
Силовые установки	37,9	40,5
Проч. оборудование	95,1	190,5
Инструмент и инвентарь	33,6	78,7
Транспорт	45,2	84,9
Жил. и комму. фонд	197,1	403,3
Нераспредел.	—	17,8
	578,0	1 180,6

Кроме показанного действующего основного капитала в незаконченном строительстве каменноугольной пром-сти 1/I 1932 г. состояло 430 млн. р. (против 115 млн. р. на 1/I 1928 г.).

Задачи второго пятилетия в области каменноугольной пром-сти сводятся в основном к завершению огромного строительства, начатого в первом пятилетии, к полному освоению производительной мощности подлежащих окончанию новых шахт, к полному и всестороннему освоению той новой техники, основные контуры которой уже достаточной ясностью намечались. Из задач, которые не получили сколько-нибудь удовлетворительного разрешения в первом пятилетии, особое внимание придется обратить на дело обогащения угля, — в этой, еще слабо нами освоенной, области во втором пятилетии предстоит новое широкое строительство, как и вообще в области оборудования и механизации поверхности каменноугольных рудников. Во втором пятилетии значительно углублению подлежит проблема непрерывного потока и комплексной механизации шахт, и д. б. широко поставлены опыты подземной газификации. Общая добыча каменного угля к концу второго пятилетия должна быть, в соответствии с намеченными темпами дальнейшего развития народного х-ва, увеличена не менее, чем в 2—2 1/2 раза. Такая добыча сможет быть обеспечена окончанием начатых уже проходкою шахт, и некоторое количество новых шахт придется заложить лишь для обеспечения роста производства за пределами второго пятилетия. Каменноугольная пром-сть СССР до сих пор еще значительно уступает каменноугольной пром-сти главных капиталистич. стран. В 1929 г. большую добычу каменного угля, чем СССР, имели следующие страны: США 552,3 млн. т, Англия 262 млн. т, Германия 163,4 млн. т (кроме того 174,5 млн. т бурого угля), Франция 53,8 млн. т, Польша 46,2 млн. т. За годы кризиса добыча угля в перечисленных странах резко сократилась. В настоящее время добыча каменного угля в СССР значительно больше, чем во Франции и Польше, и СССР по добыче каменного угля занимает теперь четвертое место в мире. Ю. Лурье.

Черная металлургия. В довоенной России черная металлургия, как и вся остальная пром-сть, была очень слабо развита. Выплавка чугуна составляла в 1913 г. всего 4,2 млн. т, т. е. 5,3% от мировой выплавки в 79,2 млн. т; выплавка стали составляла 4,23 млн. т, т. е. 5,6% от мировой выплавки в 76,2 млн. т. Выплавка чугуна на душу населения была в 8 раз меньше, чем в Германии. Во время гражданской войны предприятия черной металлургии сильно пострадали от разрухи, т. к. в основном были сосредоточены в районах ожесточенных боев (Урал и Донбасс). В результате, к началу восстановительного периода черная металлургия СССР оказалась одной из наиболее отсталых отраслей: выплавка чугуна составляла в 1921 г. 116 тыс. т, в 1922 г. 188 тыс. т, в 1923 г. 309 тыс. т, в 1924 г. 700 тыс. т, в 1925 г. 1 326 тыс. т. Трудности, связанные с восстановительными работами, с невозможностью выделения в те годы крупных средств для инвестирования в эту отрасль, привели к более медленному восстановлению черной металлургии сравнительно с другими отраслями пром-сти, и довоенный уровень производства был достигнут только в 1929 г., когда выплавка чугуна составила 4 347 тыс. т. Перед началом пятилетки, в 1927/28 г., СССР занимал по выплавке чугуна шестое, а по выплавке стали пятое место в мире: чугуна выплавлено 3 283 тыс. т, или 3,8% мировой выплавки, стали—4 176 тыс. т (3,8%). Территориальное размещение черной металлургии оставалось в ос-

новном неизменным по сравнению с 1913 г., как это видно по данным табл. 56.

Табл. 56.—Размещение черной металлургии.

Районы	Чугун		Сталь	
	1913	1927/28	1913	1927/28
Юг, тыс. т . . .	3 102	2 391	2 729	2 651
%	73,7	72,9	61,2	64,0
Восток, тыс. т . . .	913	702	907	958
%	21,7	21,4	21,3	23,0
Центр, тыс. т . . .	194	187	615	539
%	4,6	5,7	14,5	13,0

Резко изменилось соотношение между выплавкой чугуна и стали. Согласно с тенденцией, имевшей место во всей мировой металлургии, выплавка стали росла значительно быстрее выплавки чугуна за счет переработки больших количеств лома в мартеновских печах. В 1913 г. соотношение мировой выплавки стали и чугуна выразилось в 0,95, в 1928 г. в 1,26; в России это соотношение в 1913 г. составляло 1,01, в СССР в 1927/28 г. 1,26. В последующие годы, вследствие исчерпания запасов военного лома и вследствие ряда других факторов, как рост удельного веса выплавки литейного чугуна и т. д., это соотношение не удержалось в СССР на таком высоком уровне и составило в 1929 г. 1,14, в 1930 г. 1,13, в 1931 г. 1,09, в 1932 г. 0,95. Уже до начала пятилетки происходило укрупнение и концентрация предприятий черной металлургии; так, к началу пятилетки в СССР работало 39 доменных заводов против 70 з-дов, работавших в 1913 г. В частности по Югу вместо 17 з-дов работало 10, на Урале вместо 40 доменных з-дов—23 з-да. Средняя годовая выплавка чугуна на один з-д повысилась с 60 тыс. т в 1913 г. до 82 тыс. т. Выросла также суточная производительность 1 доменной печи благодаря тому, что восстанавливались в первую очередь более мощные агрегаты, а также в результате реконструктивных мероприятий, перестройки на больший тоннаж и т. д. Среднее годовое количество действующих агрегатов составило в 1927/28 г.: 66 доменных печей, 15 бессемеровских конвертеров и 182 мартеновские печи против 136 доменных печей и 204 мартеновских печей в 1913 г. Средняя суточная выплавка одной доменной печи составила 136 т против 88 т в 1913 г. (+55%). Средняя суточная выплавка по Югу составила в 1927/28 г. 200 т на 1 печь против 173 т в 1913 г., т. е. выросла на 15%. Сырьевая база металлургии оставалась в начале пятилетия в основном той же, что и до войны, с неким усилением роли криворожской руды (в виду полного прекращения добычи керченской руды, к-рая до войны переплавлялась на 3 з-дах: Керченском, Таганрогском, «Провиданс» в Мариуполе). Уд. в. чугуна, выплавленного на криворожской руде, вырос с 66% в 1913 г. до 72,9% в 1927/28 г. Древесный уголь продолжал оставаться основным топливом уральской металлургии, однако с 1925 года начинает внедряться на Урале в качестве доменного топлива кокс из кузнецких углей. К началу пятилетки в основном сохранились отличительные черты металлургии главных районов, в частности резкое различие Юга и Урала по масштабу и технич. структуре з-дов. На Юге преобладали мощные з-ды с полным циклом производства (чугун—сталь—прокат), имеющие не-

редко собственные коксовые печи, а также цехи дальнейшего передела (труболитейные, трубопрокатные, котельно-мостовые и т. д.). Урал к началу пятилетки сохранил большинство своих черт технич. отсталости: мелкие з-ды (средняя годовая выплавка одного з-да—40 тыс. т), маломощные немеханизированные домы, работающие на древесном угле, часто с конным подъемом сырья и топлива на колошник, отсутствие использования доменного газа и т. д. Ценный древесноугольный чугун переделывался на обыкновенное железо и шел на рядовые изделия, вместо того чтобы служить исходным материалом для производства качественных сталей. Металлургия центральных районов, к которым мы относим и Ленинград и Сталинград, представлена, с одной стороны, чисто доменными заводами, выплавляющими литейный чугун, например «Свободный сокол» в Липецке, с другой стороны, переделными металлургич. з-дами, по б. ч. входящими в виде цехов в состав машиностроительных заводов (т. н. малая металлургия). При осуществлении первой пятилетки основные усилия были направлены в сторону: а) создания второй металлургич. базы на Востоке на основе сочетания уральских руд и сибирского угля, б) создания на Урале основной базы снабжения СССР качественным металлом, в) более тщательного отбора лучших предприятий для реконструкции и г) более полного использования и перенесения на заводы СССР последних достижений мировой техники. В соответствии с этим измененным планом и развивалось строительство в черной металлургии за пятилетие. Всего было вложено средств 2 734,1 млн. р., причем темпы роста и направление этих затрат в черной металлургии показаны в табл. 57.

Табл. 57.—Строительство в черной металлургии.

Вложения	1928/29	1929/30	1930 *1	1931	1932 *2
Всего в млн. р.	174,4	307,0	110,2	783,7	1 359,0
В % к 1928/29 г.	100	176,0	—	449,4	781,0
В том числе на новое строит. в млн. р.	37,4	109,0	42,7	110,9	786,3
в %	21,4	35,5	38,8	52,4	58,8

*1 Особый квартал. *2 По предварительным данным.

В области нового строительства развернуто большое строительство новых заводов. Самыми крупными являются: Магнитогорский, Кузнецкий и Ново-Тагильский—на Востоке и Запорожский и Азовсталь—на Юге. На всех этих з-дах строятся крупные доменные печи, причем самые крупные, по 1 180 м³, строятся на Магнитогорском з-де (первые две пущены в первом полугодии 1932 г.); 150-т стационарные мартеновские печи, 250-т качающиеся мартены (Азовсталь), мощные блюминги и слабинги с пропускной способностью до 1 млн. т слитков в год. Самый крупный, Магнитогорский, завод будет иметь 8 доменных печей, 28 мартеновских печей, 3 блюминга и будет выплавлять 2 800 тыс. т чугуна в год; следующий по мощности Ново-Тагильский з-д проектируется на 6 доменных печей и 1 800 тыс. т чугуна в год. Особое место занимает Запорожский з-д как производитель качественной стали. Для технич. характеристики прокатного оборудо-

вания, устанавливаемого на новых и крупных реконструируемых заводах, приводим данные о производительности прокатных станков на действующих з-дах Юга и Урала и новых станков (табл. 58).

Табл. 58.—Годовая производительность прокатных станков (в тыс. т).

Оборудование	Урал, 1928/29	Юг, 1929/30	Новые устанавливаемые станки
Рельсобалочные	73,1	143	650
Крупносортные	29,4	21—82	100—175
Среднесортные	22,1		
Мелкосортные	12,3		
Проволочные	—	62	120
Листовые	11,9	28	100—200
Сутуночные	45,2		240—360

Из менее крупных з-дов отметим Тульский и Ново-Липецкий з-ды литейного чугуна, а также з-ды ферросплавов (помимо Запорожского): Зестафонский (в Грузии) на 40 тыс. т ферромарганца и Челябинский завод, первая очередь которого (на 10 тыс. т ферросилиция и феррохрома) уже работает. В области реконструкции основные работы сосредоточены на трех з-дах (им. Дзержинского, Томского и Ворошилова) на Юге и шести з-дах на Урале. Из з-дов, расположенных в центре, крупной реконструкции подвергаются «Красный октябрь» и Электросталь. Реконструкция уральских заводов и заводов центра имеет основной целью расширение до необходимых размеров производства высококачественных и специальных сортов стали.

На южных з-дах реконструкция продвинулась далеко вперед и д. б. закончена в 1933/34 г.

Большой разворот и крупные масштабы строительства в черной металлургии являются причиной медленного окончания и ввода в эксплуатацию работ, особенно в первые годы пятилетки. В 1928/29 г. введено в эксплуатацию работ на 133 млн. р., в 1931 г. на 330 млн. р. и в 1932 г. (по предварительным данным) не менее 700—750 млн. р. На новых з-дах, кроме уже упомянутого Челябинского завода ферросплавов, уже вступили в работу; на Магнитогорском з-де—ковсовые батареи, 2 доменные печи, монтируется третья; в 1-м полугодии 1933 г. предстоит пуск первых двух мартеновских печей; на Кузнецком з-де—ковсовые печи, две доменные печи по 826 м³, три первые мартеновские печи, блюминг и рельсобалочный стан; предстоит в 1-м полугодии 1933 г. пуск еще двух мартеновских печей; на Запорожском з-де закончен монтаж цехов инструментальной стали и близки к окончанию первая очередь доменного цеха и цех ферросплавов. Значительно продвинуты работы по доменному цеху Азовстали и по Зестафонскому заводу ферромарганца. В результате строительства за первое пятилетие действующий основной капитал черной металлургии вырос с 623 млн. р. на 1/X 1928 г. и 753 млн. р. на 1/X 1928 г. до 1 800 млн. р. на 1/I 1933 г., показывая следующий рост по годам:

1/X 1928	753	100 %
1/X 1929	846	112,1 »
1/I 1931	979	130 »
1/I 1932	1 175	154,7 »
1/I 1933	1 800 *	239 »

Количество доменных печей увеличилось с 62 на 1/X 1928 г. до 94 (а по всей металлургии

* По предварительным данным.

до 102) и объем их вырос с 20,0 тысяч м³ до 36,8 тыс. м³, т. е. на 84%; другими словами, мощность металлургии по чугуну удвоилась. Средний полезный объем одной доменной печи вырос с начала пятилетки с 302 до 381 м³, в частности по печам коксового чугуна с 393 м³ до 500 м³, т. е. он выше среднего по Германии и уступает только американскому (средний объем 1 доменной печи в 1927 г. достиг в США 612 м³). В то время как в Германии имеются только 2 печи объемом выше 900 м³ и ни одной выше 1 000 м³, в СССР имеются 3 печи выше 900 м³, из них две объемом 1 180 м³. Количество мартенов возросло с 202 на 1/X 1928 г. до 265 на 1/I 1933 г., а общая площадь пода с 4 639 м² до 6 417 м². Средняя площадь пода одного мартена увеличилась с 230 м² на 1/X 1928 г. до 243 м² на 1/I 1933 г. Динамика производства черных металлов за последние годы видна из табл. 59.

Табл. 59.—Производство черных металлов (в тыс. т).

Вид продукции	1928/29	1929/30	Особый кварт.	1931	1932
Чугун	4 011	4 969	1 231	4 872	6 200
Сталь	4 708	5 552	1 464	5 309	5 900
Прокат	3 827	4 461	1 175	4 020	4 250

После значительного роста в первые два года пятилетки выплавка металла в 1931 г. сокращается вследствие значительного ухудшения работы металлургии (ослабление технического руководства, текучесть рабочей силы, обезличка, уравниловка) и начинает расти в конце 1931 г. и в 1932 г., причем однако по стали и прокату налицо значительное отставание от роста выплавки чугуна. Это только частично объясняется увеличением доли качественной стали и проката в общем выпуске металла (переход на качественную сталь влияет на сокращение процента выхода годного металла, удлиняет время плавок и сокращает производительность станков); в основном причины сокращения выпуска заключаются в ухудшении работы сталелитейных цехов. Создано заново производство ценных ферросплавов из электропечей. В 1932 г. выплавлено на Челябинском заводе 14 тыс. т ферросилиция и около 2 тыс. т феррохрома. Сортамент металла претерпел значительные изменения. В выплавке чугуна вырос удельный вес литейного чугуна с 21,5% в 1927/28 г. до 30,0% в 1932 г. В производстве стали удельный вес электростали вырос с 0,3% в 1927/28 г. до 1,95% в 1932 г., в абсолютных цифрах—с 13 тыс. т до 115 тыс. т. В сортаменте проката удельный вес ж.-д. рельсов остался стабильным: 10,8% в 1927/28 г., 11,1% в 1931 г. Сильно вырос уд. в листового железа—с 10,2 до 14%; однако и поныне лист является одним из самых дефицитных видов металла. Резко упал уд. в кровельного железа—с 11,7% в 1927/28 г. до 4,1% в 1931 г., в абсолютных цифрах—с 380 тыс. т до 165 тыс. т. Это объясняется переводом ряда кровельных станков на производство жести, декапированного железа, тонкого автомобильного листа и жестким ограничением применения кровельного железа в строительстве. Значительно выросло производство железных труб: с 171 тыс. т в 1927/28 г. до 309 тыс. т в 1931 г. По отношению к прокату выпуск их составил 4,7% в 1927/28 г. и 7,25% в 1932 г. Особенно круп-

ный рост показывает производство качественных и высококачественных сталей, которое в 1927/28 г. играло ничтожную роль, сводясь главным образом к выпуску углеродистой инструментальной стали. Создание собственной автогравитационной пром-сти, авиастроения, ответственного турбо- и котлостроения, станко- и инструментостроения, развитие электропромышленности и т. д. поставили перед металлургией задачу организации массового производства конструкционных сталей, в том числе легированных, и выпуск новых видов высококачественных инструментальных сталей. Выпуск качественного проката составил в 1931 г. 263 тыс. т, т. е. 6,5% от всего проката против 2% в 1930 г. и ок. 1% в 1929 г. Параллельно расширению производственной базы черной металлургии усиленно шло также развитие сырьевой базы. По запасам железной руды СССР вышел на первое место в мире. Не говоря уже о Курской магнитной аномалии (КМА), вероятные и возможные запасы к-рой исчисляются 243 млрд. т, ряд других месторождений, вновь открытых и разведанных за последние годы (Халилово, Камыш-Бурун, Горная Шория, Кольский полуостров, В. Сибирь, Дашкесан, Казакстан, Бурыято-Монголия и др.), во много раз увеличили наличные запасы руды. Промышленные запасы руды увеличились с начала пятилетия до 1 января 1932 г. более чем в 2,5 раза. За годы пятилетия приступлено вновь к разработке керченских руд, магнитогорских, халиловских и в Горной Шории. Первые два месторождения вовлечены в нормальную эксплуатацию. Для улучшения качества руды построены агломерационные ф-ки на Керченском заводе и на горе Високой (на Урале), строятся на з-дах им. Дзержинского и Томского. Общая сумма вложений за пятилетие в железорудную пром-сть составила 235 млн. р. Успехи, достигнутые черной металлургией, несмотря на трудности ее развития, особенно показательны в сравнении с падающим производством черных металлов в Зап. Европе и в США. Динамика производства черных металлов за последние годы характеризуется данными табл. 60.

Табл. 60.—Производство черных металлов (в млн. т).

Страны	1928	1929	1930	1931	1932
Чугун					
США	38,6	42,9	32,3	18,7	9,0
Германия	11,7	13,4	9,7	6,1	3,9
Франция	10,1	10,4	10,1	8,2	5,5
Англия	6,7	7,1	6,4	3,8	3,65
СССР	3,4	4,3	6,0	4,09	6,2
Весь мир	88,3	98,5	79,9	51,7	39,0
Сталь					
США	50,9	57,8	41,7	27,0	11,7
Германия	14,5	16,2	11,5	8,3	5,7
Франция	9,5	9,8	9,4	7,8	5,5
Англия	8,7	10,1	7,7	5,5	5,3
СССР	4,3	4,9	5,7	5,3	5,9
Весь мир	111,5	121,8	95,5	70,2	50,0
Уд. в. СССР в мировой выплавке в %	3,85	4,36	6,27	7,13	15,9
Сталь					
США	50,9	57,8	41,7	27,0	11,7
Германия	14,5	16,2	11,5	8,3	5,7
Франция	9,5	9,8	9,4	7,8	5,5
Англия	8,7	10,1	7,7	5,5	5,3
СССР	4,3	4,9	5,7	5,3	5,9
Весь мир	111,5	121,8	95,5	70,2	50,0
Уд. в. СССР в мировой выплавке в %	3,86	3,94	5,97	7,56	11,8

К середине 1932 г. СССР опередил Францию, Англию и Германию и вышел по выплавке чугуна и стали на первое место в Европе и второе место в мире после США. Основная задача второй пятилетки — в дальнейшем форсировать строительство и производство черных металлов. Большое развитие должно получить производство всех видов качественной стали для нужд машиностроения и строительства и повышение качества всего производимого металла. С этой целью сильно должен возрасти уд. в. электроплавки. Для этой же цели большое внимание д. б. уделено вопросам подготовки сырья (агломерация, обогащение, улучшение качества топлива), а также дальнейшей реконструкции энергетич. хозяйства и механизации всех процессов на действующих заводах. Наконец необходимо максимально комбинировать металлургические заводы с химической промышленностью (использование водорода коксового газа для синтеза аммиака), цветной металлургией (использование пиритных огарков) и т. д. Это комбинирование еще более усилит народнохозяйственный эффект от строительства черной металлургии.

Д. Ниселев.

Цветная металлургия. В довоенной России в области цветной металлургии сколько-нибудь значительное развитие получила только выплавка меди, возросшая за последнее пятилетие до войны вдвое и составлявшая в 1913 г. 33,1 тыс. т, из к-рых 29,7 тыс. т в пределах современных границ СССР. В годы гражданской войны выплавка меди прекращается, рудники приходят в полный упадок и затопляются; металлургич. печи также подвергаются разрушениям, хотя далеко не в такой степени, как рудники. С 1922 г. начинается восстановление медной промышленности на Урале, с 1924/25 г. также в Закавказьи. Накануне периода первой пятилетки Урал (вместе с Башкирией) достиг уже довоенного уровня выплавки меди, на закавказских же предприятиях восстановительный процесс далеко еще не был закончен. Общая выплавка меди составляла в 1927/28 г. 29,6 тыс. т, из них 17,5 тыс. т из руды и свыше 12 тыс. т вторичной. Почти 90% всей выплавки первичной меди, приходилось на Урал с Башкирией, остальное количество — на Закавказье, где было получено всего 2 тыс. т против 6,9 тыс. т в 1913 г. По сравнению с довоенным временем произошла значительная концентрация и перегруппировка производства по предприятиям. Производство электролитич. меди в 1927/28 г. уже значительно превышало довоенный уровень, составив на трех з-дах: Кыштымском (Урал), «Красном выборжце» (Ленинград) и Московском ок. 22 тыс. т против 16,7 тыс. т в 1913 г. Помимо восстановления и частичной реконструкции старых з-дов к началу первой пятилетки были уже произведены значительные работы по сооружению новых медных з-дов: почти закончено было строительство Корсак-Пайского (Казакстан) на годовую мощность в 5 тыс. т меди и начата была постройка мощного Красно-Уральского медного комбината (12,5 тыс. т в год) на базе богатых Богомолловских меднорудных месторождений. Выплавка цинка и свинца накануне первой пятилетки оставалась на очень низком уровне (2,25 тыс. т цинка и 2,16 тыс. т свинца в 1927/28 г.). Цинк выплавлялся исключительно на б. Алагирском заводе; выплавка свинца началась уже и на Риддере (1,2 тыс. т в 1927/28 г.). На б. Алагирском предприятии (Сев. Кавказ)

были уже выполнены значительные восстановительные и реконструктивные работы, было также приступлено к выполнению широко задуманной программы капитальных работ по развитию Риддера (Алтай). Общий размер капитальных работ в цветной металлургии с начала ее восстановления и до периода первой пятилетки составлял свыше 60 млн. руб., из к-рых около двух третей по существующим и одной трети — по новым предприятиям.

Утвержденный V Съездом советов пятилетний план предусматривал следующий рост выплавки цветных металлов (тыс. т):

	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33
Медь . . .	26,9	37,4	41,9	58,2	70,6	84,5
Цинк . . .	3,15	6,6	15,7	27,8	52,9	77,5
Свинец . .	3,00	5,4	7,6	17,5	31,0	38,5

Кроме того к концу пятилетия предполагалось получить 5 тыс. т алюминия и 1,5 тыс. т никеля. Для осуществления этих наметок кроме реконструкции старых з-дов предполагалась постройка ряда новых: по меди—6 заводов (включая достройку Красно-Уральского и Корсак-Пайского) с годовой выплавкой свыше 60 тыс. т; по цинку и свинцу—4 комбината общей мощностью 62 тыс. т цинка и 19,5 тыс. т свинца. Общая сумма капитальных работ была определена в 382,6 млн. р., в том числе на строительство новых з-дов 220 млн. р. Фактическое развитие производства цветных металлов за первые четыре года пятилетки показано в следующей таблице (табл. 61).

Табл. 61.—Добыча руд и выплавка цветных металлов (в тыс. т).

Продукты	1928/29	1929/30	1931	1932 *2
Медная руда . .	731	868	1 168	1 428
Медные концентраты	—	12,9	45,3	82,3
Выплавка меди .	33,5	46,9	48,4	47,6
В том числе				
из руд	25,5	34,1	31,1	30,8
вторичной меди	8,0	12,8 *1	17,3	16,8
Электролитич. медь	—	32,7	30,2	41,4
Свинцово-цинк. руды	82,7	252,2	368,3	460,1
Выплавка цинка	2,97	4,28	9,20	14,7
» свинца	5,33	8,32	14,6	18,5

*1 1930 г. *2 Предварительные данные.

По отношению к 1927/28 г. выплавка возросла: меди на 61%, цинка на 553%, свинца на 900%. В гораздо больших цифрах выражаются те мощности, к-рые находились в процессе строительства, эффект к-рого однако скажется гл. обр. во втором пятилетии.

Капитальное строительство росло интенсивно из года в год и выражалось (в млн. р.): 1928/29 г.—33,2; 1929/30 г. и окт.—дек. 1930 г.—106,7; 1931 г.—197,6; 1932 г.—314,0 (предварит. данные), всего 651,5 млн. р. Особенно крупные размеры строительство приняло в последние 2 года. Из общей суммы затрат ок. 235 млн. р. падает на медное дело, ок. 175 млн. р.—на свинец и цинк, св. 150 млн. р.—на алюминий, включая сплавы и обработку, св. 50 млн. р.—на металлообработку. На строительство новых предприятий из указанного общего объема приходится ок. 315 млн. р. В строительстве пром-сти цветных металлов на первом плане стояла задача подготовки рудной базы, разведанность к-рой совершенно не соответствовала предусмотрен-

ном планом масштабам роста производства. В течение первой пятилетки геологоразведочные работы были развернуты широким фронтом, в особенности, правда, только в последние годы. О достигнутых результатах свидетельствуют следующие данные о движении разведанных запасов (в тыс. т) по категориям А, В и С.

	1927 г. (начало)			1932 г. (начало)		
	А+В	С	Всего	А+В	С	Всего
Медь . . .	459,1	261,4	720,5	3 452,9	10 192,7	13 645,6
Свинец . .	508,2	190,3	698,5	944,8	2 209,3	3 154,1
Цинк . . .	884,2	132,3	1 016,5	1 964,4	4 620,2	6 584,6

Разведочные работы значительно расширили запасы старых районов и установили наличие огромных запасов медных и полиметаллич. руд прежде всего в Казакстане и Ср. Азии. Помимо разведок основная масса капитальных работ направлялась на строительство новых предприятий и реконструкцию старых. По медной пром-сти реконструкция действующих предприятий ориентировалась на доведение общей мощности (в первой очереди) всех существующих предприятий до 65—75 тыс. т, новое же строительство сводилось к следующему: начатый строительством еще до первой пятилетки Красно-Уральский комбинат введен в эксплуатацию в 1931 г., причем его проектная мощность была увеличена до 20 тысяч т меди. На Урале же приступлено к строительству мощного Среднеуральского медного комбината (Чусовая) на базе установленных богатых запасов Дегтяринского и ряда других медных месторождений Урала (мощность в первую очередь 50 тыс. т), наконец приступлено также к строительству Прибалхашского медного гиганта. Наиболее узким местом в медных комбинатах, как вообще в промышленности цветных металлов, в общем являлось горное хозяйство, на реконструкцию которого должное внимание было обращено только в последние годы. В области свинцово-цинкового дела в эксплуатацию передан Беловский (дистилляционный) цинковый з-д (Кузбасс) мощностью 13 тыс. т и Константиновский цинковый завод на Украине (также дистилляционный). Заканчиваются строительством и первые в СССР электролитные цинковые заводы: в г. Орджоникидзе (Северный Кавказ) на базе Садонского месторождения (20 тыс. т) и Челябинский (также 20 тыс. т). На Риддере (Алтай) строительство шло гл. обр. по линии рудничного х-ва, расширения обогатительных ф-к и свинцового з-да (проектная мощность 18 тыс. т свинца); к строительству же электролитного цинкового з-да приступлено не было. На б. Алагирском предприятии (Сев. Кавказ) помимо упомянутого нового цинкового з-да велась реконструкция старых заводов, расширение обогатительных фабрик и горного хозяйства. В результате выплавка свинца и цинка здесь значительно выросла, достигнув в 1931 г.: свинца 3,7 тыс. т и цинка 4,8 тыс. т. Из числа новых з-дов наконец близится к окончанию строительство мощного свинцового завода в Чимкенте на базе Турланской группы месторождений Юж. Казакстана (проектная мощность первой очереди 60 тыс. т). В последние годы положена также основа совершенно новой для нас отрасли—алюминевой пром-сти. К концу первой и началу второй пятилетки вступают в эксплуатацию первые очереди алюминиевых заводов: Волховского мощностью в 6 тыс. т и Днепровского в 20 тыс. т. Наконец заканчивается и первый в СССР никелевый з-д (Уфалейский на Урале).

Прокат цветных металлов был сосредоточен на трех з-дах Московской обл. и одном в Ленинграде. Мощность этих з-дов в результате ряда реконструктивных работ была весьма значительно расширена.

Технические достижения первой пятилетки заключаются прежде всего в переходе к освоению новой обогатительной техники на основе селективной флотации, дающей возможность вовлекать в переработку бедные руды и разрешающей задачу разделения сложных полиметаллич. руд. Строительство обогатительных фабрик развернулось широким фронтом. Достаточно указать, что если наши медные комбинаты к началу пятилетки не имели ни одной обогатительной ф-ки, то к концу 1932 г. их было в эксплуатации уже 5 с годовой производительностью в 1,4 млн. т руды в год. С применением флотационного обогащения в медной промышленности связан переход от практиковавшейся раньше плавки в шахтных печах (ватер-жакетах) к плавке в отражательных печах, которыми исключительно и оборудованы новые з-ды и к-рые вводятся также и на старых з-дах. В 1931 г. в отражательных печах было выплавлено 13% всей меди; по плану 1932 г. они д. б. дать уже большую часть всей выплавки. Прочие достижения металлургич. техники заключаются в овладении стандартной плавкой свинца в крупных ватер-жакетах, в ряде существенных усовершенствований на вновь построенных дистилляционных цинковых з-дах, в овладении производством электролитич. цинка и алюминия в опытном масштабе и постройке крупных электролитических цинковых з-дов и алюминиевых комбинатов, в укрупнении ряда агрегатов металлургического цеха (конвертеров, ватержакетов, дистилляционных реторт) и т. д. В горной части технические достижения заключаются прежде всего в механизации бурения и других производственных процессов и в переходе к более совершенным системам горных разработок.

Потребление цветных металлов в связи с интенсивным ростом всего народного хозяйства и электростроительства в особенности развивалось значительно быстрее, чем производство. Несмотря на это благодаря мобилизации всех внутренних ресурсов, в частности форсированному сбору и использованию старого металла, импорт цветных металлов за исключением алюминия и никеля по своему абсолютному размеру оставался в общем на стабильном уровне. Доля же импорта в валовом потреблении металла заметно сокращается за эти годы: по меди с 43,3% в 1927/28 г. до 21,1% в 1931 г., по цинку с 80,5 до 48,7%, по свинцу с 91,1 до 56,2%. Результаты истекшего периода в области капитального строительства, геологоразведочных и научно-исследовательских работ обеспечивают высокие темпы развития промышленности цветных металлов во втором пятилетии. Мощный подъем производства цветных металлов в значительной степени будет обеспечен полным освоением законченных и заканчиваемых капитальных работ как по старым з-дам, так и по строительству новых заводов. Наряду с этим необходимо будет развешивать строительство и ввести в эксплуатацию ряд новых з-дов. В области медной пром-сти наиболее определенными объектами являются: Среднеуральский медеплавильный з-д, подготовительные работы по к-рому уже ведутся, начатый также уже строительством Прибалхаш-

ский комбинат, наконец медеплавильные комбинаты на базе Алмалыкского месторождения (Ср. Азия), Джекзаканг (Казакстан) и Бьявья (Ср.-Волжская обл.). Выплавка свинца м. б. обеспечена действующими уже з-дами с расширением некоторых из них; вступающим в ближайшее время в работу Чимкентским з-дом и в следующую очередь Нерчинским свинцово-цинковым комбинатом; выплавка цинка помимо действующих з-дов и заканчиваемых Челябинского и в г. Орджоникидзе—прежде всего постройкой новых з-дов для переработки алтайских цинковых концентратов, отчасти на Риддере, отчасти в Кемерове (Кузбасс), а затем также уже упомянутым Нерчинским комбинатом. Алюминиевое производство будет развиваться прежде всего за счет расширения мощности з-дов Волковского и Днепровского, а в следующую очередь за счет комбината на базе уральских бокситов.

Ю. Лурье.

Машиностроение. Состояние машиностроительной пром-сти к началу реконструктивного периода в значительной мере определялось наследством, полученным от бывшей царской России, т. к. капитальные вложения в новые предприятия в период до 1928/29 г. были незначительными, ибо главные затраты шли по линии капитального ремонта и лишь отчасти по линии расширительно-реконструктивных работ. Полученное же наследство было неудовлетворительным, ибо: 1) номенклатура изделий машиностроительной промышленности не включала ряда важнейших видов оборудования и машин, а производившиеся машины не только уступали иностранным образцам, но нередко носили все признаки моральной износа; оба эти момента ставили б. Россию в положение полукOLONиальной зависимости от передовых стран Зап. Европы: в период 1909—1913 гг. из общего количества нового промышленного оборудования 53% приходилось на импорт; 2) технич. уровень большей части машиностроительных заводов сильно отставал от среднего западноевроп. уровня как по структуре основного капитала, так и по организации производства; довоенная машиностроительная пром-сть отличалась наличием крупных, но плохо расположенных и плохо организованных заводов универсального типа с нерационально расположенными цехами, с устаревшим оборудованием, со слабо развитым внутризаводским транспортом, с плохим инструментальным хозяйством и т. п.; 3) длительный амортизационный провал, к-рый получился в результате империалистической и гражданской войн, привел к значительному технич. износу з-дов, что в совокупности с отсутствием крупных капитальных вложений в новые з-ды поставило нашу машиностроительную пром-сть на одно из самых последних мест в среде технически вооруженных передовых стран. В период империалистич. войны капитальные затраты шли гл. обр. по линии военных производств, новые гражданские предприятия не строились, старые же очень слабо поддерживались; кроме того в период империалистической и особенно гражданской войны многие предприятия подверглись полному или частичному разрушению; 4) размещение предприятий машиностроительной пром-сти по территории страны не соответствовало самым элементарным требованиям экономич. целесообразности в силу разрыва между центрами производства и потребления. Географическое размещение машиностроительной промышленности

по данным за 1925/26 г. и за 1930 г. характеризуется след. обр. (уд. в. в процентах к итогу по СССР): Ленинградская область—24,5% в 1925/26 г. и 18,9% в 1930 г., Московская область—21,7% и 19,4%, Горьковский край—4,5% и 6,8%, Урал—3,9% и 4,8%, Украина—28,1% и 30,0%; роль прочих районов ничтожна. Неудовлетворительность приведенного размещения машиностроительной промышленности в отношении основных баз снабжения характеризуется след. данными о размещении черной металлургии: Урал—27,3% и 24,8%, Украина—54,2% и 50,9%; 5) выпуск продукции довоенной машиностроительной промышленности систематически сильно отставал от потребности, что создавало в стране состояние хронич. голода и вызывало необходимость в постоянно возрастающем импорте машин и оборудования. При таких условиях, мало изменившихся в течение восстановительного периода, был выдвинут план первой пятилетки машиностроения, имевший основной целью сделать решительный сдвиг в направлении индустриализации и укрепления обороноспособности страны с возможным освобождением от импортной зависимости путем реконструкции и развития существующих и постановки новых производств на базе современной техники. Основные показатели пятилетки машиностроения характеризуются данными табл. 62 (в млн. р.).

Табл. 62.—План первой пятилетки машиностроения (в млн. руб. по ценам 1926/27 г.).

Показатели	1927/28	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33	Рост за 5 лет в %
Валовая продукция							
Общее машиностроение							
отпр. вариант	583	737	887	1 056	1 235	1 435	243,0
оптим. »	—	—	959	1 159	1 497	2 053	353,2
С.-х. машиностроение							
отпр. вариант	153	200	250	305	440	525	343,1
оптим. »	—	—	262	341	455	610	398,7
Капит. затраты							
Общее машиностроение							
отпр. вариант	90,3	123,2	175,6	240,5	277,0	343,9	379,7
оптим. »	—	—	194,0	276,3	391,3	451,0	499,4
С.-х. машиностроение							
отпр. вариант	20,3	—	—	—	—	—	—
оптим. »	—	—	—	—	—	—	—

Запроектированные в первой пятилетке количественные показатели, как оказалось в дальнейшем, были недостаточными. Действительное движение валовой продукции, капитальных вложений и основного капитала машиностроительной промышленности характеризуется следующими данными (в млн. р.):

	1928/29	1930	1931	1932
Вал. продукция	1 670	2 498	4 700	5 252,9
Капит. вложения	—	636,0	1 207,1	5 852,5
Основной капитал	1 127,0	—	1 508,8	—

Для характеристики качественных сдвигов следует отметить, что из общей массы продукции приходилось на новые виды продукции, на новые сложные типы машин и оборудования в 1930 г.—325 млн. р., или 9,2% по отношению ко всей продукции машиностроения; в 1931 г.—1 220 млн. р., или 25,5%; в 1932 г.—3 075 млн. р., или 42,3%. Быстрый темп развития машиностроения, сопряженный с внедрением новых производств, позволил значительно сократить импорт машин, составивший в 1909—1913 гг. свыше 53% по отношению к общему потреблению машин, а в 1931 г.—всего лишь 14,7%. Рост количества рабочих сопровождался систе-

матическим увеличением производительности труда: 1927/28 г. 100%, 1928/29 г. 118,5%, 1929/30 г. 133,7% и ростом энергооборуженности рабочего: 1927/28 г. 100%, 1928/29 г. 117,2%, 1929/30 г. 130,9%. Капитальные вложения шли гл. обр. на новые з-ды и на реконструктивно-расширительные работы. Состояние отдельных отраслей машиностроительной промышленности характеризуется след. обр.

1. Д в и г а т е л и. 1) Д и з е л и и н е ф т я н к и, строившиеся в прошлом, обычно относились к устаревшим и тяжелым типам: 100—150 кг веса на 1 HP против 70—80 кг, принятых ныне. Производство двигателей, прежде распыленное среди большого количества з-дов, выпускавших двигатели мелкими сериями, ныне сосредоточено на таких крупных заводах, как Коломенский с проектной мощностью в 250 тыс. HP, Русский дизель—150 тыс. HP, Соромовский—40 тыс. HP, Харьковский—80 тыс. HP. Производство дизелей с 35 тыс. HP в 1913 г. возросло до 140 тыс. HP в 1928 г. и до 147 тыс. HP в 1932 г. Значительные качественные достижения характеризуются включением в производство дизелей больших мощностей до 9—12 тысяч HP.

2) Паровые котлы и турбины. Паровые котлы. Производство котлов показывает рост: 1913 г.—28 тыс. м², 1926 г.—37 тыс. м² поверхности нагрева, 1929 г.—193 тыс. м², 1932 г.—206 тыс. м². Производство паротурбин представляет за последние годы картину также огромного роста. Действительно, в 1913 г. выпуск составлял 6 тысяч kW, в 1926 г.—20 тыс. kW, в 1929 г.—103 тыс. kW, в 1930 г.—283 тыс. kW, в 1932 г.—702 тыс. kW. С 1907 по 1926 гг. в России было построено 24 турбины общей мощностью в 8 тыс. kW, а в 1931 г. общая мощность выпущенных в СССР турбин составляла 700 тыс. kW. Качественные сдвиги в области турбостроения характеризуются следующими данными: в дореволюционные годы мощность выпускаемых турбин не превышала 2—5 тыс. kW с низким давлением 16—17 atm, а в 1932 г. строятся турбины в 24 тыс. kW и сверхмощные турбины в 50 тыс. kW. В 1932 г. должно быть выпущено 8 теплофикационных турбин мощностью в 25 тыс. kW каждая. В наст. время имеются турбины в 50 тыс. kW с давлением до 55 atm, а также в 100 тыс. kW; успешно развивается производство гидротурбин. Советские гидротурбины устанавливаются на Рионгэс'е, Загэс'е, Дворагэс'е и т. п.

II. С т а н к и. Станкостроение представляет один из наиболее отсталых участков машиностроительной промышленности. Довоенная промышленность пользовалась преимущественно станками иностранного происхождения, так как российские промышленники не считали целесообразным вкладывать сколько-нибудь значительные средства в станкостроение, не будучи уверены в рентабельности заводов и в возможности конкурировать с импортными станками. В результате такого положения основой российского станкостроения были в сущности три завода,

основанные в 70-х гг. прошлого столетия, причем и эти заводы лишь частично производили станки. Так например, в 1913 г. стоимость станков, выпущенных з-дом Бромлей, составляла 28% по отношению к стоимости всей продукции завода; изготовленные заводом в 1923 г. 92 станка включали станки 12 наименований. В целях подготовки пром-сти к обороне страны правительством было издано распоряжение, запрещавшее государственным з-дам приобретать станки за границей, что заставило ж.-д. мастерские и военное и морское ведомства заказывать станки на отечественных заводах. Наличие некоторых резервов станков в стране и сложность станкостроения задержали развитие станкостроительной пром-сти в течение восстановительного периода. Существующие заводы не могли удовлетворить быстро нарастающий спрос на станки со стороны пром-сти, что сделало необходимым привлечение к производству станков ряда з-дов, ранее занимавшихся производством различных машин и оборудования, напр. з-д им. Ленина, з-д им. ЦК союза машиностроения. Реконструкция всей пром-сти, с одной стороны, и необходимость ликвидации зависимости от капиталистич. стран, с другой, делают необходимым создание мощной производственной базы для производства станков всех необходимых типов, т. к. 52 типа станков, производившихся в 1932 г. станкостроительными заводами, далеко не покрывают ни качественно ни количественно имеющейся потребности в станках. Требуемое количество моделей достигает 200 единиц. Общая стоимость выпущенных станков, составлявшая в 1913 г. 3,7 млн. р., составила в 1931 г. 65 млн. р.: ничтожная цифра выпуска 1913 г. выросла до 7 тыс. станков в 1930 г. и до 16 тыс. станков в 1931 г. Разрыв между потребностью и реальными возможностями производства в 1932 г. характеризуется следующими данными: потребность—90 тыс. станков, производство—22 тыс. станков, т. е. удовлетворение потребности внутренним производством составит всего 28,7%.

III. Транспортное машиностроение. В области транспортного машиностроения в СССР произошли огромные сдвиги, состоящие в развитии мощного паровозостроения, тепловозостроения и электровозостроения, а также в развитии крупной автомобильной и тракторной пром-сти. Все указанные виды машиностроительной продукции относятся к новым производствам: а) Паровозы. Основное паровозостроение сосредоточено на 4 з-дах: «Красное Сормово», Коломенском, Харьковском и Луганском. Производство паровозов составило в 1913 г.—654 шт., в 1921 г.—78 шт., в 1928 г.—604 шт., в 1929 г.—760 шт., в 1930 г.—784 шт., в 1931 г.—970 шт., в 1932 г. план—1110 шт. В СССР строятся мощные паровозы серии «ИС» и «ФД». б) Тепловозы и электровозы. Электровозы строятся на заводах Коломенском и «Динамо», тепловозы—на Подольском крекинговом (до 25 т). в) Вагоны. Производство вагонов составило в 1913 г.—14,8 тыс. шт., 1929 г.—13,8 т. шт., 1930 г.—16,3 тыс. шт., 1931 г.—20,0 тыс. шт., 1932 г. план—23,7 тыс. шт. Вагоностроение в СССР направлено по линии постройки большегрузных (от 20 до 50—70 т) грузовых вагонов, специальных грузовых вагонов и улучшенных вагонов для пассажирских поездов. г) Автомобили. К началу реконструктивного периода автомобильная пром-сть СССР располагала тре-

мя автомобильными з-дами: 1) з-д АМО, выпускавший с 1924 г. 1,5-т грузовики типа Фиат—АМО-Ф-15, 2) Ярославский автозавод, выпускавший с 1925/26 г. 3-т грузовики с двигателем АМО-Ф-15, 3) 4-й автозавод (Спартак), выпускавший с 1927 г. легковые автомобили типа НАМИ. Выпуск автомобилей составил в 1924 г. 10 шт., в 1924/25 г. 100 шт., в 1925/26 г. 300 шт., в 1926/27 г. 480 шт., в 1927/28 г.—677 шт., в том числе 586 шт. АМО-Ф-15 и 91 шт. Я-3 и Я-4. Столь слабая производственная мощность автопромышленности СССР зависела от причин исторического порядка, поскольку единственной неполноценной базой российской автостроения был Автомобильный отдел Русско-Балтийского вагонного з-да в Риге, выпустивший за время своей деятельности, т. е. с 1910 по 1915 гг., всего лишь ок. 450 шт. легковых и 10 шт. грузовых автомобилей (хромоникелевые стали, стальное литье, коленчатые валы, магнето и радиаторы получались из-за границы). Договоры, заключенные правительством в 1916 г. на постройку пяти заводов: 1) АМО в Москве с проектной мощностью—750 легковых и 750 грузовых машин, 2) РЕНО в Рыбинске—1 500 грузовых машин, 3) завод Лебедева в Ярославле—750 легковых машин и 750 санитарных машин, 4) завод Аксай в Ростове—1 500 легковых машин, 5) завод военных самолетов в Мытищах—3 000 машин, до революции никаких практических результатов не дали. Однако к Октябрьской революции заводы оказались недостроенными и могли быть лишь частично использованы для кустарного ремонта автомобилей. С 1922 г. был организован серийный ремонт: грузовых автомобилей типа Уайт на АМО, грузовых автомобилей Паккард на «Автомоторе». АМО изготовлял двигатели, шестерни, радиаторы и т. п. «Автомотор» изготовлял запасные части. Завод АМО, имея относительно значительные производственные площади, отличался большой комплектностью оборудования, Ярославский з-д располагал станками, непригодными для автостроения. Перспективы з-дов АМО и Ярославского по проекткам 1927—1928 гг. были весьма скромными: при вложениях 5—6 млн. р. выпускать 2 100 автомобилей в год при одной смене или 5 000—5 500 автомобилей в год при 2—3 сменах. Предполагалось также увеличить выпуск автомобилей НАМИ до 500 шт. в год на «Автомоторе» и до 2 000—2 500 шт. путем кооперации «Автомотора» с другими з-дами, а также построить один новый з-д с выпуском в 10—12 тыс. автомобилей в год. Т. о. ни фактич. положение автостроения в СССР в 1927/28 г. ни намечаемые перспективы ни в малой степени не соответствовали потребностям Союза в автомобилях и тому огромному размаху автостроения, к-рое в действительности имело место в течение первой пятилетки. В пятилетнем плане, утвержденном V Съездом советов, выпуск автомобилей в СССР был намечен в размере 130 тыс. единиц, из к-рых производство 100 тыс. единиц должно быть развернуто на новом з-де в Н.-Новгороде. В течение трех первых лет пятилетки: а) была произведена реконструкция завода им. Сталина (б. АМО) с доведением мощности з-да до 50 тыс. грузовых автомашин новой модели АМО-3 в 2,5 т; в состав завода им. Сталина были включены з-д Спартак и з-д автопринадлежностей; б) был построен и пущен Нижегородский (Горьковский) автозавод мощностью в 140 тыс. грузовых и легковых авто-

мобилей в год при двухсменной работе; в) были оборудованы 2 автосборочных з-да «Гудок Октября» в Н.-Новгороде и з-д им. КИМ в Москве; г) реконструирован Миусский з-д пожарных автомобилей в Москве. За четыре года в СССР было выпущено 33,2 тыс. автомобилей, в 1932 г. было выпущено 24,1 тыс. автомобилей (в том числе грузовых около 86%, легковых около 14%). Полная стоимость постройки и реконструкции отдельных з-дов: АМО—165 млн. р., Нижегородского з-да—280 млн. р., Ярославского—8,2 млн. р., Московского сборочного—6,3 млн. р.

IV. Т р а к т о р ы. Дореволюционная Россия не имела тракторной пром-сти. Ничтожный тракторный парк состоял из нескольких сот разногруппных тракторов, ввезенных из-за границы гл. обр. во время войны 1914—1918 гг. Производство тракторов впервые было организовано на з-де «Красный путиловец» в 1923 г.; к производству была принята машина типа Фордзон—Ф. П. 10/20, мощность реконструированного з-да была рассчитана на 30 тыс. единиц в год. Однако требования, предъявляемые быстро растущим общественным сектором с. х-ва, а также современной агротехникой, привели к необходимости снятия с производства маломощного и недостаточно экономичного трактора Ф. П. 10/20. В 1930 г. был пущен Сталинградский тракторный з-д, а в 1931 г.—Харьковский тракторный з-д; оба з-да были построены для выпуска колесных тракторов типа Интернационал 15/30. Однако в процессе модернизации тракторов и в целях максимального их приспособления к социально-экономич. и технико-производственным условиям основных народнохозяйственных районов СССР колесные тракторы типа Интернационал 15/30 будут заменены на СТЗ гусеничным трактором мощностью в 22/36 НР, а на ХТЗ—трактором большей мощности с колесным или гусеничным ходом. Строящийся Челябинский тракторный завод будет выпускать мощный трактор типа Катерпиллер 50/60; мощность заводов рассчитана: Сталинградский на 70 тыс. единиц, Харьковский—70 тыс. ед., Челябинский—40 тыс. ед. Выпуск тракторов в СССР составил в тыс.: в 1923 г.—0,002; 1928—1,5; 1929—4,6; 1930—12,7; 1931—39,9; 1932 (план)—73,9.

V. С е л ь с к о х о з я й с т в е н н о е м а ш и н о с т р о е н и е. Успехи колхозного и совхозного строительства, определяющие потребности общественного сектора с. х-ва в с.х. машинах и инвентаре, сделали необходимым быстрое развитие производства с.х. машиностроения вообще и тракторного инвентаря в особенности. Продукция с.х. машиностроения составила (в млн. р.): в 1913 г.—60,5; в 1929 г.—284,6; в 1930 г.—396,5; в 1931 г.—441,0.

Стоимость выпущенного тракторного инвентаря составила за три первых года первой пятилетки 378 млн. руб. В 1928/29 г. уд. в тракторного инвентаря во всей продукции с.х. машиностроения составлял 4,4%; в 1929/30 г.—21%; в 1931 г.—61%. Производство с.х. тракторного и конного инвентаря характеризуется следующими данными (в тыс. шт.):

Виды инвентаря	1930	1931	1931 в % к 1930
Плуги тракторные	41,1	138,0	333,3
» конные . .	1 851,8	431,0	23,4
Сейлки тракторные	35,5	108,0	304,2
» конные . .	269,1	98,7	31,8

Развитие комбайностроения характеризуется следующими данными: в 1930 г.—300 штук; в 1931 г. (план)—5 тыс. шт. Перспективы развития машиностроения были определены XVII партконференцией сл. образом: «Ведущая роль в завершении технич. реконструкции принадлежит советскому машиностроению». Т. о. на советское машиностроение возлагается сложная и ответственной задачей обеспечить всю огромную работу по индустриализации СССР, ведущуюся в течение первого и второго пятилетий реконструктивного периода, ибо успешное завершение первого десятилетия советского машиностроения и дальнейшее развертывание народного х-ва мыслимы лишь при наличии собственной мощной машиностроительной пром-сти, независимой от капиталистич. стран. Разрешение указанных задач связано: 1) с модернизацией существующих и с постановкой ряда новых производств, 2) с внедрением новых и улучшенных видов производственных процессов, 3) с реконструкцией ряда заводов как в линии их преобразования, так и в линии их реорганизации на базе специализации и кооперирования заводов и цехов, 4) с постройкой ряда новых заводов, 5) с рациональным размещением новых заводов по территории СССР.

П. Илбер.

Электротехническая промышленность. Роль электротехнич. пром-сти, призванной обслуживать электростроительство страны, целиком и полностью определяется значением, придаваемым электрификации СССР на протяжении последних 12 лет, начиная с плана Гозэро. В основном электротехнич. пром-сть, ныне существующая, создана при советской власти заново. До войны вся продукция электротехнич. пром-сти составляла не более 50 млн. руб. в год, удовлетворяя потребности страны менее, чем наполовину. Остальная часть покрывалась путем импорта. Но и та продукция, к-рая выпускалась внутри страны, в действительности в своей значительной части производилась за границей, ввозилась в Россию в виде полуфабрикатов и здесь подвергалась только окончательной обработке и сборке. Это вполне соответствовало интересам владельцев электротехнич. пром-сти, гл. обр. немцев, к-рые ставили в России производство только тех изделий, к-рые из-за таможенных пошлин невыгодно было ввозить в готовом виде. Точно так же и сырье ввозилось из-за границы. Так напр., при наличии в стране пяти ламповых ф-к, все составляющие части лампы, как то: доколи, колбы, нити ввозились из-за границы. В 1913 г. импорт оборудования составлял 52% от всей реализации его внутри страны, а измерительных приборов—даже 93%. Из основного капитала электротехнич. пром-сти, составлявшего до войны 72,5 млн. р., не менее 51 млн. р. принадлежало иностранцам: немцам, шведам и др. Такое положение, терпимое в капиталистической России при ничтожной мощности всех станций в 1 100 тыс. kW и среднем потреблении электроэнергии на душу населения в 12 kWh (против 185 kWh на душу населения в США и 100 kWh в Германии), конечно абсолютно неприемлемо для СССР, в котором электрификация должна развиваться на базе независимой от капиталистического Запада электротехнической промышленности. Поэтому электротехнич. промышленность СССР стала быстро восстанавливаться, и продукция ее с 9,7 млн. р. в 1921 г. быстро стала расти (19,2 млн. р.

в 1922 г., 37,8 млн. р. в 1923/24 г.) и уже в 1924/25 г. превысила довоенный уровень, достигнув 72 млн. р. Не останавливаясь на этом уровне, обозначающем завершение восстановительного периода, электротехническая промышленность продолжала расти, увеличивая свою продукцию до 98,8 млн. р. в 1925/26 г., 131,4 млн. р. в 1926/27 г. и 180,2 млн. р. в 1927/28 г. Развитие электротехнич. промышленности заключалось однако не только в количественном росте выпуска продукции, но и в качественных технич. достижениях, вытекавших из необходимости ставить у себя собственными силами производство ранее импортируемых изделий. Уже в 1924/25 г. производились собственными силами лампы, стекло, изоляторы, а за время до начала первой пятилетки было освоено и строительство первых гидро- и турбогенераторов. Общая мощность семи построенных в 1924 г. турбогенераторов составила 10 250 kW; первый гидрогенератор для Земо-Авчальской электрической станции был построен на заводе Электросила в 1927 г. (мощность его 4 000 kW—6 600 V на 214 об/мин.). Вслед за этим были построены и гидрогенераторы для Волховской электрич. станции мощностью по 8 750 kW—11 000 V на 75 оборотов в минуту.

К началу первого пятилетия (1/X 1928 г.) основной капитал электротехнической промышленности СССР составил 137,5 млн. р., увеличившись по сравнению с 1/X 1925 г. (74 млн. р.) почти вдвое (на 87%). Однако это увеличение в значительной степени объясняется передачей старых корпусов нынешнего Электрозавода в ведение электротехнич. промышленности; что же касается оборудования, то оно увеличилось за это время всего с 33,2 млн. р. до 47,8 млн. р., т. е. менее, чем наполовину. Задачи первого пятилетия в деле обновления основного капитала электротехнической промышленности заключались прежде всего в реконструкции, постройке новых цехов и постановке новых производств на действующих предприятиях, а затем в строительстве новых заводов. Из 163,9 млн. р., намеченных на пятилетие, 84,6 млн. р., т. е. 51,6%, должно было быть направлено на новое строительство. При выполнении этого плана продукция электротехнич. промышленности должна была в последнем году пятилетки составить 895,9 млн. р. Т. о. при удвоении основного капитала продукция должна была увеличиться почти в 5 раз. Фактически электротехнич. промышленность выполнила пятилетку как по выпуску продукции, так и по строительству в три года, дав в 1931 г. продукцию на 885 млн. р. и освоив за это время 206,5 млн. р. капиталовложений. Строительство в электротехнич. промышленности развернулось не по линии, намечавшейся пятилетним планом: на новое строительство израсходовано всего 40,3 млн. р., т. е. 19,5% общей суммы; зато в несколько раз превышены сметы пятилетнего плана по реконструкции (132 млн. р. вместо 41,5 млн. р. по плану) и затрачено больше средств на капитальный ремонт (9,9 млн. р. вместо 7,8 млн. р. по плану). Превышение плана по капитальному ремонту вызвано переходом предприятий электротехнической промышленности на непрерывку и многосменную работу и связанным с этим большим износом имущества, а изменение направления затрат в сторону больших вложений в реконструкцию действующих предприятий—тем обстоятельством, что, как оказалось, действующие предприятия электротехнич. промышленности далеко

не достигли еще пределов своего развития и способны дать больший и более быстрый эффект, чем строительство новых предприятий. Выполнением пятилетки в три года электротехнич. промышленность СССР выдвинулась на третье место в мире и на второе место в Европе. Динамика производства главнейших стран за последние годы в сравнимых довоенных рублях следующая (в млн. р.):

	1928	1929	1930	1931
США	—	4 750	4 500	2 700
Германия	940	1 080	1 000	725
Англия	330	390	396	280
СССР	150	230	340	515

Принимая во внимание продолжающийся кризис на Западе и дальнейшее его углубление, можно рассчитывать, что электротехническая промышленность СССР уже в 1933 г. займет второе место в мире и первое в Европе. В ассортименте изделий электротехнич. промышленности произошли крупнейшие сдвиги за последние годы, заключающиеся в основном: 1) в приспособлении ассортимента к нуждам основных, ведущих отраслей промышленности и транспорта, 2) в освоении большого количества новых производств. Уд. в машиностроении в продукции электротехнич. промышленности возрос с 30,6% в 1925/26 г. до 42,3% в 1931 и 1932 гг. Если в 1924 году построено было 7 турбогенераторов с общей мощностью в 10 250 kW (средняя мощность 1 464 kW), а в 1930 г. общая мощность составила 137 000 kW (средняя 3 900 kW), то в 1931 г. выпущено 74 турбогенератора с общей мощностью в 747 750 kW (средняя—10 100 kW). Крупных моторов мощностью свыше 100 kW постоянного и переменного тока выпущено в 1928/29 г. на 46 000 kW, в 1931 г. на 140 000 kW. Количество трансформаторов увеличилось за это же время с 2 730 до 13 700 при росте средней мощности с 99 до 237 kVA. В 1932 г. выпускаются 7 турбогенераторов по 50 000 kW и строятся 4 гидрогенератора по 62 000 kW. З-д Электросила дает в 1932 г. два комплекта электрооборудования блюмингов для черной металлургии; каждый такой комплект представляет собой самостоятельную электростанцию, состоящую из прокатного двигателя в 7 000 HP (весом 170 т), сложного агрегата Ильгнера (весом в 180 т) и ряда возбуждательных агрегатов. Освоение такого сложного производства—крупная победа советской электротехнич. промышленности. Этим не исчерпывается однако обслуживание нужд черной металлургии. Сюда же относится и производство крановых моторов, доводимое в 1932 г. до 6,1 тыс. т. В части обслуживания каменноугольной промышленности поставлено в массовом масштабе производство закрытых моторов марки VT, безопасных при взрывах рудничных газов, рудничных электровозов и т. д. Транспорт получает уже электровозы; кроме того ставится производство мощных моторгенераторов и ртутных выпрямителей тока. Автотракторная промышленность обеспечивается производимыми Электрозаводом электрооборудованием и магнето и т. д. В области высоковольтной аппаратуры уже поставлено производство масляных выключателей для напряжения в 115 000 V с разрывной мощностью в 1 500 000 kVA. Ставится производство выключателей с разрывной мощностью до 2 500 000 kVA, также для напряжения 220 000 V. К технич. новшествам, освоенным электротехнич. промышленностью, относится также производство электротечей, имеющих большое значение для

развивающейся электрометаллургии, и производство электродов. В области телеграфии и телефонии особый интерес представляют сильный рост производства автоматич. телефонных станций, разрешение вопроса о многократном телефонировании и телеграфировании, телефонные усилители (для разговоров на дальние расстояния), ж.-д. и пожарная сигнализация. Советская радиотехника успешно справляется с постройкой мощнейших передаточных станций (до 500 kW), коротковолновых станций; решены вопросы звукового кино, телевидения и передачи изображений на расстояние. Таков далеко неполный перечень технич. новшеств электротехнич. пром-сти за первое пятилетие. Все перечисленные выше новыя производства являются заменой импорта и следовательно освобождают нас от иностранной зависимости. В то же время и по линии других отраслей промышленности (освоением производства динамного и трансформаторного железа, добычей слюды, вольфрама и др.) мы все больше и больше освобождаемся от необходимости ввоза сырья и материалов для электротехнич. пром-сти, расширяя тем самым возможности ее развития во второй пятилетке. Задачи электротехнич. промышленности во втором пятилетии точно так же, как и в первом, в первую очередь определяются перспективами развития электростроительства. С 1931 г. приступлено к строительству новых крупных з-дов. Турбинстрой в Харькове, рассчитанный на мощность в 1 600 000 kW, Уральский электромашиностроительный комбинат (в составе з-дов: турбогенераторного на 2 500 000 kW, машиностроительного для крупных и нормальных машин, трансформаторного и аппаратного), Каширский электровозный, Уфимский моторный и ряд более мелких—таков перечень предприятий, начатых в 1932 г. или начинаемых в 1933 г. строительством. Они должны обеспечить выполнение электропромышленностью задачи второго пятилетия, заключающейся в полном и технически совершенном обслуживании развертывающихся электростроительства и связи.

Основная химическая промышленность. Уже перед началом первой пятилетки довоенный уровень производства по важнейшим продуктам основной химич. пром-сти в СССР был превзойден, что видно из нижеследующих цифр:

	в тыс. т		%		
	1913	1921/25	1927/28	к 1913	к 1921/25
Серная к-та . . .	165	100,1	188,2	111,0	188,0
Сода кальцинир. . .	151	99,4	217,3	141,2	220,9
Сода каустич. . .	51	35,7	55,8	103,3	156,3
Суперфосфат . . .	62	56,0	151,7	241,7	271,0

Такое увеличение производства стало возможным только благодаря тому, что с первых же шагов на пути к восстановлению пром-сти СССР в химич. пром-сти было приступлено к строительству новых заводов и к коренному расширению и строительству новых цехов на действующих предприятиях. И действительно основной капитал основной химич. пром-сти, составивший на 1/X 1925 г. всего 64,8 млн. р., возрос уже к 1/X 1928 г. до 94,1 млн. р., т. е. увеличился почти наполовину. Кроме того к этому же времени в незаконченном строительстве основной химич. пром-сти было вложено 28,8 млн. р., из к-рых 18,4 млн. р. на строительство новых з-дов. Физич. износ оборудования, составивший в химич. заводах на 1/X 1925 г. 45,6% по оборудованию, к 1/X 1928 г. в основном был ликвидирован. Этого однако

нельзя сказать про моральный износ, к-рый распространялся не только на отдельные виды оборудования, но и на всю систему работы нашей основной химич. пром-сти. За годы войны на Западе произошли огромные сдвиги в деле внедрения новых, технически более совершенных методов производства, приведшие к бурному развитию всей химич. пром-сти на Западе и к обновлению ее основного капитала. Это еще усугубило тот разрыв, к-рый существовал уже до войны между полукустарной химич. пром-стью и требованиями, к ней предъявлявшимися. Значение химич. пром-сти в деле укрепления народного хозяйства страны делает абсолютно необходимым сокращение до минимальных размеров ввоза из-за границы и по возможности полное освобождение от иностранной зависимости. К этому присоединяется огромная потребность в продуктах основной химической пром-сти со стороны других отраслей пром-сти индустриализирующейся страны, в частности нефтяной, металлургической, текстильной и других отраслей химич. пром-сти, а также индустриализирующегося на новых коллективных началах земледелия с х-ва. Новые методы получения химич. продуктов, как то: синтез аммиака с использованием водорода коксового газа, получение серной кислоты из отходящих газов цветной металлургии или при помощи сжигания флотационных отходов от обогащения цветных руд (ширпитных огарков), электрохимич. способы производства и т. д. дают достаточное экономическое обоснование той большой программе строительства основной химич. пром-сти, к-рая была намечена и в действительности осуществлялась на протяжении первой пятилетки. Большое место в этом строительстве занимало также развитие собственной сырьевой базы, к-рая в царской России была до того слабо развита, что не могла даже удовлетворить потребностей ничтожной по своим размерам отечественной химич. пром-сти. Так напр., в 1913 г. из 213 с лишним тыс. т потребленного серного колчедана 147 тыс. т, т. е. 68,9%, было импортировано и только 66,2 тыс. т было добыто в стране. Такая добыча соответствовала примерно 1,1% мировой добычи колчедана (5 952 тыс. т). Фосфоритов было добыто 25 тыс. т, что составляло 0,35% мировой добычи (7 197 тыс. т) и 32% потребленного в этом году в России количества (7,3 тыс. т). Такое положение с сырьем не может быть объяснено отсутствием сырья в стране; наоборот, запасы сырья в СССР, как показали более поздние разведки и исследовательские работы, поистине неисчерпаемы. Карабугазский сульфат, тенардит и мирабилит в Ср. Азии, фосфориты в районе Актюбинска и в многочисленных местах в центре страны, содовые озера в Сибири, наконец вновь открытые соликамский калий и хибинские апатиты—таков далеко неполный перечень сырьевых химич. ресурсов, к-рые могут не только покрыть потребности страны, но и служить ценным предметом экспорта. Капиталовложения в основную химич. промышленность за первое пятилетие составили сумму в 1 030,5 млн. р., т. е. почти в 11 раз превывавшего к началу пятилетки. Развитие строительства по годам видно из табл. 63 (в млн. р.). Как видим, 72,5% всех затрат направлено на новое строительство, что является вполне понятным, если учесть незначительность существовавшей производственной базы по сравне-

Табл. 63.—Развитие строительства (в млн. р.).

Виды строительства	1928/29	1929/30	Особ. кв. 1930	1931	1932	Всего
Новое строительство . . .	19,5	108,2	30,0	288,0	301,0	746,7
Расширение и реконструкция и реконструкция . . .	18,0	46,5	13,1	58,5	51,2	187,3
Капитальный ремонт . . .	2,6	4,7	1,2	7,1	7,5	23,1
Прочие . . .	3,0	11,1	3,7	21,9	27,4	73,4
Итого . . .	43,1	173,8	48,0	378,5	387,1	1 030,5

нию с задачами, поставленными пятилеткой. Из 746,7 млн. р., направленных на это строительство, ок. 450 млн. р. пошло на строительство трех громадных азототуковых комбинатов: в Березниках на Урале, в Бобриках и в Горловке. Создание этих трех комбинатов, с постройкой в их составе соответствующих сернокислотных з-дов и з-дов удобрений, обозначает крупнейший шаг в деле создания собственной азотной пром-сти. В пром-сти фосфатных удобрений выстроены: Воскресенский, Невский и Актюбинский комбинаты мощностью соответственно в 100, 200 тыс. т суперфосфата и 40 тыс. т преципитата, а также большое количество фосфоритных мельниц. На строительство этих комбинатов и фосфоритных мельниц затрачено 120—130 млн. р. Свыше 100 млн. р. затрачено на строительство первого калийного рудника в Соликамске и апатитовое строительство в Хибиных, где кроме рудничного х-ва выстроены мощные обогатительные фабрики, причем Хибинская фабрика частично уже работает (но строятся новые секции ее, к-рые вступят в эксплуатацию в 1933 г.), а Соликамская

вступит в работу в 1933 г. Кроме перечисленных выше крупных строит. объектов за пятилетие выстроен ряд з-дов, дающих экспортную продукцию (сернистый натр, натровый и калиевый хромик и др.), организованы сульфатные разработки в Карагазге, строились з-ды газовой серы на Урале (опытный завод уже работает) и т. д. Расширению и реконструкции подверглись на протяжении пятилетия почти все существующие з-ды основной химич. пром-сти, причем реконструкция эта в основном состояла из постройки новых цехов и постановки новых производств. Дополнительные сернокислотные установки, расширение суперфосфатных цехов, постановка производства мышьяковых и мышьяковистых солей, фтористого натра, красного фосфора и многих других—все это способствовало укрупнению предприятий, обогащению их производственного ассортимента, лучшей цикличности процессов и использованию отходов. Расширению подвергались также все три действующих содовых з-да: Березниковский, Славянский, Донецкий, что имеет тем большее значение, что новое строительство содовых заводов в первой пятилетке не производилось (только в 1932 г. приступлено к строительству нового содового з-да в Славянске). Трудности, связанные со строительством именно в химич. пром-сти, при сложности и новизне технологич. процессов и отсутствии опыта, привели к не-

сколькo более медленному, чем по всей промышленности, окончанию и вводу в эксплуатацию объектов строительства. Однако к концу 1932 г. и в начале 1933 г. весь круг крупнейших предприятий первого пятилетия (Березники, Горловка, Бобрики, Апатиты, ряд мест производства калия, Воскресенск, Ленинград, Актюбинск) будет находиться в работе. Действующий основной капитал составит не менее 700 млн. р. Количество действующего оборудования с 48,2 млн. р. на 1/X 1928 г. возрастает до 330—340 млн. р., т. е. увеличивается больше, чем в 7,5 раз. Для характеристики технич. уровня современной основной химич. промышленности можно указать, что мощность электромоторов на предприятиях основной химич. пром-сти возросла с 20 тыс. HP в 1916 г. до 370 тыс. HP в 1932 г., т. е. в 18,5 раз. Количество транспортных механизмов, элеваторов, подъемников и т. п. возросло в неменьших размерах. Имеется в наличии 50 мощных компрессоров производительностью до 10 000 м³/ч, из них 30 с давлением от 300 до 800 atm и т. д. Валовая продукция основной химической промышленности показывает исключительно высокие темпы прироста: с 22,6 млн. р. в 1924/25 г. она возрастает до 49,5 млн. р. в 1927/28 г.; в 1928/29 г. она составляет уже 114,5 млн. р.; в 1932 г.—не менее 226 млн. р. и на 1933 г. проектируется в размере 320 млн. р. Динамика производства важнейших продуктов основной химической промышленности по годам видна из приводимой ниже табл. 64.

Табл. 64.—Динамика продукции основной химической промышленности (в тыс. т.).

Продукты	1924/25	1927/28	1928/29	1929/30	1931	1932	1933 (план)
Серная кислота	100,1	188,2	242,7	341,1	421,9	495	700
Суперфосфат	56,0	151,7	186,1	351,0	521,6	612	700
Сода кальцинир.	98,1	217,3	230,0	252,7	283,0	288,1	360
Сода каустическая	35,7	55,8	63,8	68,1	77,9	77,2	120
Сильвинит	—	—	—	—	120	85	500

Еще более крупное значение, чем этот количественный рост производства, имеют качественные сдвиги в ассортименте продукции основной химич. пром-сти, появление продуктов, ранее никогда в стране не производившихся. Сюда относятся прежде всего производство синтетич. аммиака и всех производных, в том числе конц. азотных удобрений, производство преципитата, добыча калия, апатита, производство большого количества солей (фтористый натр, мышьяковистые соединения), красного фосфора и т. д. По важнейшему продукту—серной к-те—заметен значительно более сильный рост контактных (для выработки крепкой серной кислоты) и башенных установок, чем камерных. При росте числа сернокислотных з-дов—с 29 в 1928/29 г. до 38 в 1932 г.—количество камерных установок выросло всего с 33 до 34, контактных с 29 до 34, а башенных (к-рых до 1928/29 г. совсем в СССР не было)—с 2 до 10. На 1933 г. намечен дальнейший рост контактных и башенных установок. Мощность отдельных сернокислотных установок также неуклонно увеличивается: в 1913 г. общая мощность 63 установок составляла 212 тыс. т; т. е. в среднем 3,4 тыс. т на установку; в 1928/29 г. соответственно: 64 установки, мощность 349,3 тыс. т, средняя мощность 5,5 тыс. т; в 1932 г.—78 установок, мощность 668,3 тыс. т, средняя мощность 8,6 тыс. т. Усиле-

ние мощности происходит не только вследствие строительства новых, более мощных установок, но и вследствие интенсификации процесса на действующих установках. Основной результат строительства в основной химической промышленности за первое пятилетие—это создание собственной, технической совершенной производственной базы, создание всех предпосылок для дальнейшего ее развития, облегченного накопленным и накапливаемым опытом и наличием крупных разведанных и разрабатываемых сырьевых месторождений.

Уже в конце первого пятилетия доля СССР в мировом производстве основной химической промышленности поднялась: если в 1925 г. производство серной кислоты в СССР (111,7 тыс. т) едва достигало 1,1% от мирового производства (около 10,5 млн. т), а в 1928/29 г.—1,8% (242 тыс. т при мировом производстве в 12,8 млн. т), то в 1932 г. доля СССР уже составляет не менее 4% мирового производства. Однако уд. в. СССР в мировом химическом производстве далеко еще недостаточен по сравнению с ролью, которая ему по праву д. б. отведена. По азоту СССР уступает даже таким странам, как Япония, Франция и Польша (не говоря уже о Германии, США и Англии). Норма потребления серной кислоты в СССР составляет в 1932 г. немногим свыше 3 кг на душу населения, в то время как в США потребление на душу населения достигло в 1930 г. 56,7 кг, в Англии в 1930 г.—17,8 кг, в Германии в 1929 г.—23,5 кг и т. д. Отсюда вытекают те огромные задачи, которые д. б. разрешены основной химической промышленностью в течение второго пятилетия, особенно под углом зрения развития производства удобрений для с. х-ва. Перестройка последнего на началах коллективного землепользования и механизация обработки земли создали все предпосылки для более интенсивного земледелия не только в области хлебных, но и гл. обр. в области технич. культур. Если в довоенное время, да и в первые годы восстановительного периода, удобрения (только фосфатные) ввозились из-за границы, то уже в последние годы благодаря развитию суперфосфатного производства импорт их прекращен полностью. Во втором же пятилетии в связи с развитием калийной и азотной промышленности СССР будет в состоянии значительно полнее удовлетворить с. х-во всеми видами смешанных и концентрированных удобрений. Необходимо прежде всего всемерно форсировать дальнейшее строительство сернокислотных установок как основы всех остальных химических производств.

Из объектов строительства азотной промышленности помимо заводов, комбинируемых с заводами черной металлургии, следует указать на Чирчикский з-д (с использованием дешевой энергии Чирчикской станции для получения водорода), имеющий колоссальное значение для снабжения хлопководства Ср. Азии дешевыми азотными удобрениями. Необходимо продолжать развернутую разработку калийных месторождений. Точно так же надо продолжать разработку апатитово-нефелинового месторождения в Хибинах, имея в виду не только ценнейшие химические и физич. свойства апатита как сырья для суперфосфата, но и возможность использования нефелина для целого ряда производств. Во втором пятилетии должны быть предусмотрены и использование естественных газов на Кавказе для постановки ряда химич. производств, дальнейшая разра-

ботка карабугазского сульфата (добыча которого уже в 1932 г. достигла 100 тыс. т) и начало разработки других естественных видов сульфата. Наконец должно быть осуществлено строительство нескольких новых содовых заводов, которые должны обеспечить удовлетворение потребности страны в этом продукте. Выполнение такой программы даст возможность поднять основную химическую промышленность до уровня соответствующего ее значению для Социалистического Союза республик, и по развитию химической промышленности выдвинет СССР на одно из первых мест в мире.

Д. Ниселев.

Строительные материалы. При поступательном развитии всего народного хозяйства промышленность стройматериалов должна опережать в своем развитии другие отрасли народного хозяйства. Выявившийся у нас дефицит по основным видам строительных материалов вызвал большие перебои в строительстве, задержал окончание многих из чрезвычайно важных строительных объектов, способствовал удорожанию самого строительства и потому заставил обратить особое внимание на развитие всех отраслей промышленности стройматериалов, включая и местную промышленность. Производство строительных материалов было в СССР одной из наименее организованных и упорядоченных отраслей народного х-ва. Постановлением СНК СССР от 26/XII 1929 г. Госплану СССР и ВСНХ СССР было предложено пересмотреть пятилетний план развития промышленности строительных материалов при обязательном условии не только изжития дефицита, но и создания к концу 1931—32 гг. маневренного резерва. Тем же постановлением СНК СССР обязал ВСНХ выделить для промышленности стройматериалов необходимое оборудование. Производство строительных материалов должно развиваться при правильном сочетании крупных заводов, для крупных центров строительства, с максимально возможным использованием богатейших возможностей кустарного производства для распыленного строительства.

1929/30 г. является переломным годом для промышленности стройматериалов; в этом году начинается интенсивное развитие всех отраслей промышленности стройматериалов, только с этого года можно было приступить к постройке надлежащего количества новых цементных, огнеупорных кирпичных и других заводов и одновременно форсировать геологич. изыскания. Табл. 65 дает полное подтверждение нашего положения. Главной и основной задачей пятилетнего плана являлось построение бездефицитных балансов стройматериалов при таком размещении вновь возводимых заводов, чтобы отдельные районы по возможности полностью покрывали свою потребность в стройматериалах внутрирайонным производством. Для сокращения дефицита в стройматериалах, особенно дальнепривозных, намечалось максимальное развитие производства новых эффективных и местных стройматериалов, развитие производства стандартных элементов отдельных частей зданий и целых сооружений при неперменном улучшении качества выпускаемой продукции и удешевлении ее стоимости. Этой же задаче—увеличению количества стройматериалов и рациональному размещению пунктов производства—должен был содействовать и ряд организационных мероприятий (включение в орбиту планирования кустарной промышленности, создание предприятий у стройорганизаций и наркоматов, разграничение сферы деятельности между различными

Табл. 65.—Динамика капиталовложений по промышленности стройматериалов в ценах соответствующих лет (в млн. р.).

Отрасли пром-сти	1928	1929	1930	1931	1932
Цементная . . .	22	51	90	118,3	116,18
Огнеупорная . . .	13	14,2	32	99,0	121
Кирпичная . . .	24,5	40,0	86	68,5	
Известь, мел, алебастр . . .	1,5	6,9	20	18,0	139,23
Нов. матер. . . .	—	6,0	19,5	22,5	
Кровельные . . .	0,5	6,0	12,5	18,1	
Дер. жбные	—	4,0	10,5	22,5	
Прочие	—	—	—	1,8	
Асбест, шифер	—	—	—	1,3	35,9
Всего по пром. стройматериалов	61,5	131,1	270,5	370,0	412,31

ми организациями и др.). Одной из существенных задач была замена полнотелого красного кирпича более эффективными материалами, дающими возможность перейти к утоненной стене в полтора кирпича; нужно было для ускорения строительства перейти к производству быстро схватывающих цементов; нужно было дать кровельные материалы, заменяющие кровельное железо, и т. д. Чрезвычайно тормозили развитие строительства новых з-дов и реконструкцию старых отсутствие достаточно разведенных сырьевых запасов и неподготовленность нашего машиностроения к выпуску необходимого оборудования. В результате принятых мер и капитальных затрат удалось установить ряд новых месторождений сырья, и наши заводы стали выпускать машины, к-рые раньше привозились из-за границы (цементные печи, цементные мельницы, дробилки, экскаваторы, фильтры и др.). В связи с необходимостью срочно удовлетворить потребность гигантского строительства внимание пром-сти стройматериалов было обращено до самого последнего времени главным образом на увеличение количества выпускаемой продукции.

Цементная промышленность. Роль и значение цемента как вяжущего стройматериала все более возрастают. Мировое производство цемента, составлявшее в 1913 году ок. 42 млн. т, в 1929 г. достигло 72 млн. т, т. е. возросло на 71%. Особенно быстрый рост производства цемента наблюдался в Америке, где цемент вытеснил другие вяжущие материалы. Так например, производство извести в США возросло с 3,2 млн. т в 1912 году до 4,5 млн. т в 1923 году.

Ниже приведено развитие производства цемента по годам в целом по Союзу (в млн. бочек).

1927/28	1928/29	1929/30	Особ. кв.	1931	1932
11,0	14,3	19,39	5,01	21,5	22,5

За первые два года фактическое производство цемента превысило пятилетний план—в 1928/29 году дало 102,8% и в 1929/30 г.—107,5%. Принятый пятилетним планом ассортимент цемента при фактик. выполнении был значительно изменен в сторону выпуска более эффективных сортов, что видно из следующих данных: доля портланд-цемента марки «0» от общего выпуска цемента в 1928/29 г. равнялась 95% и в 1932 г. она составляла 35,0%. Взамен этого сильно увеличивается выпуск более эффективных сортов. Цемент повышенных сортов «00» и «000»,

каковые в 1928 г. совершенно не производились в СССР, в 1932 г. дали около 65% от годового производства, т. е. ок. 14 млн. бочек. Общее производство цементов в 1932 г., включая роман-цемент, глинист-цемент и др., составит около 25 000 000 бочек.

Табл. 66.—Капиталовложения по цементной промышленности (в млн. руб.).

На новое строительство		На расширение реконструкции		Всего	
по плану	факт.	по плану	факт.	по плану	факт.
12,9	3,08	15,83	9,9	32,26	17,9
38,77	29,7	12,92	29,3	58,56	70,7
42,97	11,2	5,32	10,6	54,43	25,7
29,31	58,7	2,47	29,5	37,80	111,3
48,17	65,9	0,88	23,8	57,20	116,7
172,2	168,5	37,70	105,2	240,50	342,3

Общее фактик. капиталовложение за пятилетие увеличилось против пятилетнего плана на 42,5%, как видно из табл. 66. В 1929/30, 1930/31 и 1931/32 гг. мы пустили 7 з-дов и предполагаем пустить в 1933 г. еще 6 з-дов. По расширению и реконструкции существующих з-дов проведено расширение почти всех действующих з-дов, введенные уже в эксплуатацию 13 з-дов. закончены к концу 1932 г. 4 з-да и перешли на 1933 г. 2 з-да. Работы по расширению и реконструкции проводились в первые годы б. ч. на импортном оборудовании. При постройке новых з-дов была принята установка добитых освобождения импорта оборудования, заменив его механизмами собственного производства. Основной капитал цементной промышленности в результате работ, проведенных в течение первой пятилетки, увеличился по сравнению с 1925 г. почти в 2,9 раза:

На 1/X 1925 основной капитал равнялся	57 006 тыс. р.
» 1/X 1928	85 295 »
» 1/I 1932	162 690 »

Если мы сравним рост цементной пром-сти у нас с динамикой ее в США, то увидим, что у нас из года в год идет увеличение производства цемента, в то время как в США, начиная с 1928/29 г., идет постепенное падение производства. Мы строим новые з-ды, в то время как в Америке загрузка цементных з-дов в 1931 г. была ок. 58% их производительности (табл. 67).

Табл. 67.—Производство цемента в США.

Годы	Общая произв.-лит. за-водов *	Число з-дов	Произведено про-дукции*	% за-грузки	Отправл. с з-дов*
1927	227 080	153	173 207	76,2	—
1928	243 702	156	176 290	72,3	—
1929	259 314	165	170 616	65,7	—
1930	262 000	165	160 905	61,8	158 744
1931	262 000	165	152 700	58,0	—

* В тыс. бочек (1 бочка цемента=376 англ. фп.=170,6 кг).

Приблизительно то же самое наблюдается в других капиталистических странах.

Огнеупорная промышленность. Быстрый рост постройки новых гигантов, в особенности по металлургии, и больших заводов

по всем отраслям народного х-ва, ежегодный рост ж.-д. транспорта, проводившиеся быстрым темпом реконструкция и расширение существующих з-дов вызывают быстрый рост потребности огнеупорных материалов, без к-рых не может обойтись ни одно теплосиловое х-во. Потребность 1926/27 г. уже обогнала потребность 1913 г. В 1913 г. потребность в огнеупорах равнялась 589 тыс. т, 1926/27 г.—665 тыс. т, 1927/28 г.—727 тыс. т и 1932 г.—1 400 тыс. т. По пятилетнему плану принята была установка на укрупнение группы специальных з-дов и сооружение новых с более рациональной техникой производства, сокращение значения цеховых з-дов, ведомственных и пр.

Развитие производства огнеупорной промышленности за годы пятилетки видно из следующих данных: производство шамота с 430 тыс. т, произведенных в 1927/28 г., возросло до 808 тыс. т в 1932 г.; производство динасы с 94,9 тыс. т, выработанных в 1927/28 году, увеличилось до 180 тыс. т в 1932 г., т. е. почти удвоилось. Одновременно с развитием производства шамота и динасы было значительно развернуто производство кварцеглинистого огнеупорного кирпича и гжельского огнеупорного кирпича, производство к-рого увеличилось за первую пятилетку почти в десять раз. Рост производства этого специального кирпича вызывала необходимость замены шамота на менее ответственных местах и участках стройработы. Для сокращения дефицита по шамоту и динасу приступлено было срочно к расширению цеховых з-дов огнеупорных материалов.

В 1930 г. производство всех огнеупорных материалов составило 1 098,6 тыс. т, в том числе шамота 710,1 тыс. т, динасы 172,2 тыс. т; спрос был покрыт в размере только ок. 70% внутренним производством и ок. 30% импортом. Для изжития такого ненормального положения было приступлено к форсированному переоборудованию промышленности огнеупоров как по линии строительства новых з-дов, так и по реконструкции существующих. В 1932 г. импорт огнеупорных припасов уже не производился. Одновременно велись в большом масштабе геологич. работы по выявлению запасов сырья. Предполагалось за пятилетие затратить на капитальные работы 96,7 млн. р., фактически же затрачено 227 млн. р., в том числе на новое строительство

46,9%, расширение и реконструкцию 42,8% и капитальный ремонт всего 2,4%, в то время как по пятилетнему плану на капитальный ремонт намечалось вложить 10,1%. Самый план строительства был изменен; взамен намечавшихся з-дов были построены другие, мощность фактически строившихся уже з-дов значительно увеличена; так например, включены новые динасовые з-ды Запорожский и Н.-Тагильский и шамотные з-ды Н.-Тагильский, Мариупольский и др. Шамотный з-д в Семилуках 2-й очереди вместо 70 тыс. т строится на 110 тыс. т производства, динасовые з-ды в Гришино вместо 70 000 т строятся на 105 000 т и т. д. В результате произведенных капитальных ра-

бот производство огнеупорных изделий дало значительный рост: в 1928/29 г. было выработано продукции на 40,1 млн. р., в 1929/30 г.—на 48,7 млн. р., в 1931/32 г.—на 71,9 млн. р. против 71,6 млн. р., предполагавшихся по плану на этот год. Таким образом огнеупорная промышленность перевыполнила пятилетний план как в денежном выражении, так и в натуральном, давши в 1932 г. вместо 1 330,6 тыс. т всех огнеупоров по плану, всех видов огнеупоров фактически около 1 400 тыс. т.

Новые строительные материалы. Обнаружившийся дефицит в строительных материалах выдвинул перед техникой задачу найти и срочно организовать производство т. н. новых строительных материалов, предназначенных в помощь основным материалам, заменяющих их в соответствующих частях строений, где это является технически возможным и экономически целесообразным. Новые стройматериалы дают нам возможность перейти от старой толстой стены в 2½—4 кирпича на толщину стены в полтора кирпича (табл. 68). Поэтому роль новых строительных материалов в строительстве д. б. очень значительна. Новые стройматериалы д. б. к концу 1932/33 г. заменить основные материалы в количествах, приведенных в табл. 69. Наметки пятилетнего плана уже в 1931 г. были перевыполнены. 1932 год дал нам еще дальнейшее изменение ассортимента по плану производства стеновых материалов и замены их эффективными новыми. В перерасчете на полный кирпич новые эффективные материалы в 1930 г. заменили около 329 млн. шт. кирпича, в 1931 г. ок. 1,5 млрд. шт. и в 1932 г. ок. 2,0 млрд. шт. как непосредственно самими новыми стройматериалами, так и другими видами нового конструктивного строительства, в то время как по пятилетнему плану предполагалось в 1932 г. заменить

Табл. 68.—Эффективность некоторых видов новых строительных материалов на квадратный метр (м²) кладки стены.

Материалы	Толщина стены в кирпичах	Вес 1 м ² стены без каркаса				Расход рабочей силы, включая приготовление раствора в чв.-д.	Потребность в грузом транспорте в конв.-д.
		Вес раствора на 1 м ² кладки в %	Вес материала на 1 м ² кладки в %	Вес штукатурки	Общий вес 1 м ² стены без веса кирпича		
Кирпич обыкновенный	2½	322	869	—	1 191	0,82	0,58
Кирпич обыкновенный	2	210	698	—	910	0,84	0,46
Кирпич об. пористый	1½	152	348	21	521	0,77	
Кирпич трепельный	1	98	294	21	313	0,63	0,25
Кладка из камней «Крестыни»		36,3	300	21	357	0,67	0,15
Кладка из силикат-органчиков		28,0	187	21	236	0,46	0,11

только 1,8 млрд. шт. Во второй пятилетке научно-исследовательским ин-там предстоит еще большая работа по проработке новых материалов, улучшению их качества, по скорейшей переработке термо- и звукоизоляционных материалов, основанных на простейшем сырье, и т. д., по дальнейшему упрощению производства и максимальному использованию местных сырьевых ресурсов, отбросов и отходов производств других отраслей промышленности—шлака, золы, отходов сельского и лесного хозяйства, отходов химич., кожевенной и деревообрабатывающей промышленности и т. д. Вообще нужно сказать, что те положения, к-рые были положены в основу переработки пятилетнего плана и приня-

Табл. 69. — Замена старых стройматериалов новыми по плану ВСНХ СССР.

Новые стройматериалы	Олифа в тыс. т	Кирпич в млн. шт.	Дерево в тыс. м ³	Цемент в тыс. т	Кровельное железо в тыс. т
Артиковский туф	—	630	—	351	—
Крымский ракушечник	—	350	—	—	—
Органич. изоляц.	—	—	—	—	—
Сфагнум	—	400	250	—	—
Кров. сланцы	3,5	—	—	—	7,5
Бетонит. изделия	—	300	—	160	—
Трепел	—	—	—	35	—
Трепельн. кирпич	—	200	—	100	—
Гидравл. известь	—	—	—	—	—
Пр. материалы	10	—	—	—	—
Итого	13,5	1 900	250	616	7,5

бы были для построения погодных контрольных цифр, остаются в силе и для построения плана производства стройматериалов второй пятилетки. Особо должно быть обращено внимание на ускорение геологоразведочных работ, на надлежащее изучение сырьевых баз, на составление порайонных карт по сырьевым базам и местным стройматериалам, чтобы сырьевая база не стала узким местом и не тормозила бы развития пром-сти стройматериалов. Развитие производства высокосортных цементов, огнеупоров, высокосортных сталей и металла, новых материалов, расширение применения дерева в различных конструкциях, заменяющих железные и железобетонные для сокращения потребления цемента и металла в строительстве, развитие производства заменяющих цемент материалов — глинист-цемента, ангидрит-цемента, шлаковых, трассовых, пуццолановых, зольных и др. на почве глины, гипса, трепела, магнезита и т. д. — таковы основные задачи построения плана второй пятилетки. Уд. в. пром-сти стройматериалов д. б. увеличен; необходимо добиться такого уд. в., к-рый дал бы возможность образования резервов хотя бы в количестве 10%. Борьба за качество стройматериалов д. б. в начале второй пятилетки боевой задачей. Осуществить борьбу за качество будет легче, когда удастся осуществить образование резервов, когда строительства смогут отбирать нужный им материал, а не брать то, что дается, то, что только можно получить. Проведение этих мероприятий сейчас же отзовется на удешевлении строительства. Вопрос районного размещения пром-сти стройматериалов настолько важен, что говорить об этом не приходится. Нельзя допускать больше загрузки ж.-д. и водного транспорта дальней перевозкой таких тяжелых и громоздких грузов, как стройматериалы. Районы д. б. самоснабжающимися основными стройматериалами. Удешевление стройматериалов является чрезвычайно важной задачей, и потому с начала новой пятилетки должна быть поставлена чрезвычайно остро и срочно борьба как за качество, так и за удешевление стройматериалов.

М. Рабинович.

Лесная и деревообрабатывающая пром-сть СССР. Общая лесная площадь СССР по данным произведенного в 1931 г. переучета лесного фонда составляет 949,3 млн. га, из к-рых удобной лесной площади — 622,2 млн. га, а покрытой лесом — 569,4 млн. га. До 70% покрытой лесом площади находится в Азиатской части СССР (Сибирь, Якутия, ДВК) и 10% в Северном крае, т. е. 80% всех лесов СССР расположено в районах отдаленных, слабо населенных и не имеющих достаточной и удобной ж.-д. и водной связи

с районами, потребляющими древесину. Следствием указанного географич. размещения лесов СССР является чрезвычайно неравномерное их использование. В центральных, южных и западных районах СССР фактич. размер лесозаготовок в 2—3 раза превышает возможный годичный отпуск древесины (по приросту), тогда как в Вост. Сибири используется едва 5—10% нормального прироста. К концу 1932 г. в эксплуатацию было вовлечено до 230 млн. га удобной лесной площади, или на 47% более, чем фактически эксплуатировалось в 1928 г. (157,5 млн. га). Несмотря на столь значительное увеличение в эксплуатации все же находится едва 37% лесного фонда. Остальная лесная площадь полностью далеко еще не освоена и является огромным резервом, обеспечивающим дальнейшее развитие лесной пром-сти. По сравнению с 1928 г. в 1932 г. заметно нек-рое передвижение лесозаготовок на Восток — вглубь неосвоенных лесных массивов, правда очень незначительное. Так, уд. в. лесозаготовок Зап. и Вост. Сибири, так же как и Урала, удвоился за счет небольшого снижения уд. в. лесозаготовок центральных и западных районов. Ожидаемый размер лесозаготовок деловой и дровяной древесины вместе (за основу берутся данные по вывозке, как более характерные и точные) определяется для 1932 г. в 164 883 тыс. м³. Означенная лесозаготовка почти вдвое превышает фактич. лесозаготовку и вывозку 1928/29 г. (84,4 млн. м³). Одной из основных причин, затрудняющих дальнейшее развитие лесозаготовок, является слабая обеспеченность лесной промышленности внутрилесным транспортом, особенно механизированным. Так, за 1932 г. по механизированным (узкоколейные, подвесные, деревяннорельсовые с автотракторной тягой) и рационализированным (лежневые, лежневые и другие дороги с конной тягой) дорогам вывезено всего лишь 15%, а остальные 85% заготовленной древесины вывезены крестьянским гужом по обыкновенным дорогам. Правда, указанные 15% вывозки по механизированным и рационализированным дорогам уже являются большим сдвигом в лесной пром-сти, поскольку таких дорог в 1927/28 г. вообще почти не существовало, но этого явно недостаточно, и разрешение транспортной проблемы продолжает оставаться основным вопросом в деле успешного развития лесозаготовок в перспективе второго пятилетия (1933—37 гг.).

Основным производством деревообрабатывающей пром-сти является лесопиление. По данным ЦУНХУ в 1931 г. на территории СССР насчитывается 1 386 лесопильных заводов с 2 624 лесопильными рамами. В географич. размещении лесопильных з-дов, несмотря на значительные коррективы, внесенные новым строительством, наблюдается такое же неблагоприятное положение, как и в размещении сырьевых лесных баз и связанных с ними лесозаготовок. Именно главная масса лесопильных з-дов (до 70% по числу лесорам) удобно и близко расположена к рынкам сбыта, но в районах с истощенной сырьевой базой; в районах же богатых сырьевыми ресурсами, лесопильных заводов недостает для распиловки всей могущей быть заготовленной пиловочной древесины. Из 2 624 лесопильных рам 1 325 рам (~ 50,5%) установлены до 1917 г., т. е. более срока нормальной работы и амортизационного периода лесорамы, 514 рам (19,6%) — в период с 1917 г. по 1927 г. и остальные 785 рам (29,9%)

установлены с 1928 г. по 1931 г. включительно. По сравнению с 1916 г., когда насчитывалось 2 200 рам, общее количество лесопильных рам на территории СССР увеличилось на 19%, и кроме того лесозаводы и рамы на них значительно обновились и мощность и производительность их усилились. Большое количество новых заводов, особенно за 1928—32 гг., построено гл. обр. на Севере, Урале и в Сибири, т. е. в районах расположения важнейших сырьевых баз. В 1932 г. продукция лесопильных з-дов определяется в 21,0 млн. м³ пиломатериалов, что дает почти удвоение против выработки 1927/28 г. (11,5 млн. м³) и выработки 1913 г. (11,24 млн. м³). Указанный огромный рост выработки пиломатериалов все же является недостаточным по сравнению с растущими требованиями народного хозяйства и бурно развивающегося строительства. Основными причинами некоторого отставания выработки пиломатериалов от роста потребности являются: а) замедление в осуществлении плана строительства лесопильных з-дов в слабо освоенных районах сырьевых баз (Север, Сибирь, ДВК) и б) ощущающийся недостаток сырья для полного обеспечения лесопильных заводов, работающих в районах с истощающимися лесными базами (УССР, БССР, Ср. Волга, Западная, Московская и Ивановская области). Несмотря на это, лесопиление СССР по количеству выработанных пиломатериалов в 1932 г. сравнялось с США и заняло первое место в мире. По производству фанеры деревообрабатывающая пром-сть сделала большой шаг вперед как по сравнению с отправным годом пятилетнего плана 1927/28 г., так и тем более по сравнению с уровнем выработки фанеры в довоенное время. В то время как в 1912 г. было выработано фанеры всего лишь 130 тыс. м², а в 1927/28 г. 171,8 тыс. м², выполнение выпуска фанеры в 1932 г. примерно определяется в 434 тыс. м². Т. о. выработка фанеры в 1932 г. против довоенного уровня выросла на 226%, а по сравнению с 1927/28 г. — на 147%. Всего в настоящее время имеется 33 фанерных завода с 68 прессами, причем технич. состояние большинства з-дов оставляет далеко позади уровень технич. состояния довоенного времени. Еще больший рост по выработке продукции наблюдается по т. н. прочей деревообрабатывающей пром-сти, куда относятся производство мебели, столярно-строительное, ящичное и стружечное, челночно-катушечное, ободно-экипажное и многие др. По всем вышеперечисленным видам изделий из дерева валовая продукция 1932 г. в ценностном выражении возросла по отношению к валовой продукции 1927/28 г. в 4 раза, дав увеличение на 300%, а именно: в 1927/28 г. вся продукция этих изделий оценивалась в 60 млн. р., выполнение в 1932 г. (по предварительным данным)—243 млн. р. Кроме того поставлен ряд новых производств, как то: строительных деталей, стандартных домов, силосных башен, деревянных труб, производство древесной муки путем перемолки древесины на жерновах, производство стеновых материалов из древесных отходов (фибролит) и пр., брикетирование отходов и др. По нек-рым из них в 1932 г. (по предварительным данным)—выпуск продукции уже достиг довольно крупных размеров. Строительные детали—4 274 тыс. м², стандартные дома—1 475,7 тыс. м², деревянные трубы—175 км. Обращено самое широкое внимание на использование отходов лесопиления и деревообработки, до недавнего сравни-

тельно времени сжигавшихся в топках или захламывавших территорию з-дов. Для этого при строительстве новых з-дов применяется комбинирование с предприятиями, нуждающимися в отбросном древесном топливе или в древесных отходах как сырье, а при существующих лесопильных з-дах создаются утильцехи для массового изготовления из отходов предметов ширпотреба. Деревообрабатывающие производства параллельно с государственной ценовой промышленностью имеют весьма значительное развитие и в промысловой кооперации, выработка которой по валовой продукции в производстве мебелино-столярном, бондарно-бочарном, рогоже-кулеткачком и многих других достигла в 1932 г. 480 млн. р.

Лесная пром-сть СССР за истекшее пятилетие дала огромный рост выпуска своей продукции (ожидаемая валовая продукция за 1932 г. оценивается в 3,1 млрд. р., что более чем вдвое превышает продукцию 1928 г., исчисленную в тех же сопоставимых ценах). Совершенно обратное наблюдается за тот же период в остальных странах. Так, движение выработки пиломатериалов в процентах к 1929 г. (принятому за 100%) характеризуется показателями, приведенными ниже в табл. 70.

Табл. 70.—Движение выработки пиломатериалов (1929 г.=100).

Страны	1930	1931	1932
СССР	130	142	150
США	73	41	29
Финляндия	80	65	63
Польша	83	87	} сведений нет
Германия	70	46	

Наряду с ростом лесной и деревообрабатывающей пром-сти СССР возрос и лесной экспорт. Несмотря на мировой кризис, сокращение международной торговли, усиление протекционизма и системы мероприятий, предпринятых в ряде стран против советского лесного экспорта, СССР уже в 1930 г. превысил лесной экспорт 1913 г. (с территории, занятой СССР) и по размерам своего лесозэкспорта стал на первое место среди всех лесозэкспортирующих стран, дав мировому рынку лесопродукцию на сумму ок. 170 млн. р. Отличительной чертой нашего лесного экспорта является постепенное облагораживание экспортируемой лесной продукции. Из года в год уменьшается уд. в. вывозимого круглого леса, уступая место облагороженным видам лесопродукции заводской обработки; постепенно усиливается экспорт пиломатериалов, фанеры, мебели, столярно-строительных деталей и прочих видов изделий из дерева. Капитальные вложения в лесную и деревообрабатывающую пром-сть по пятилетнему плану намечались в 1 052 млн. р., в том числе по пром-сти, планируемой быв. ВСНХ,—982 млн. р. Последняя сумма распределялась сл. обр.: новое строительство—471,4 млн. р., расширение, реконструкция и капитальный ремонт—196,4 млн. р., подготовка лесных дач к эксплуатации и механизация лесозаготовок и вывозки—294,6 млн. р., научно-исследовательские работы—19,6 млн. р. Достаточно проверенных данных о фактически произведенных вложениях за истекшую пятилетку в настоящее время еще не имеется. Но и сейчас можно с уверенностью констатировать, что они превысят проектировки пятилетнего плана. В частности по предварительным данным на одно освоение лесных массивов (подго-

товка лесных дач к эксплуатации и механизация лесозаготовок и вывозки древесины) израсходовано лишь по пром-сти, планируемой Наркомлесом (взят сопоставимый круг по сравнению с пром-стью, планируемой ранее ВСНХ), примерно 400 млн. руб. Основными задачами, стоящими перед лесной промышленностью в разрезе 2-го пятилетнего плана, являются: 1) полное использование и лучшее освоение основного капитала. 2) Осуществление дальнейшей реконструкции лесной промышленности на базе механизации производ. процессов в лесу и на сплаве, в соответствии с установками XVII партконференции о «необходимости ускоренной механизации трудоемких и тяжелых работ». 3) Правильное географическое размещение лесопромышленных предприятий и наиболее полное использование сырья-древесины посредством комбинирования лесопиления с другими видами деревообработки, внедрения новых производств (пластмассы) и кооперирования с другими родственными отраслями пром-сти, как то: лесохимия, целлюлозно-бумажное пр-во и др. **Н. Ануфриев.**

Легкая промышленность. По легкой пром-сти за 4 г. можно зарегистрировать огромные достижения, к-рые оказались возможными благодаря широкой реконструкции на основе успехов тяжелой индустрии. Только с помощью этой последней удалось создать внутреннюю базу машиностроения для легкой индустрии. Отечественным машиностроением освоены громоздкие очень сложные машины самого разнообразного назначения; для одной только текстильной пром-сти освоено свыше 125 типов машин; налажены производства ротационных машин, линотипов, специального оборудования для кожевенно-обувной пром-сти и др. Осуществление пятилетнего плана по легкой индустрии во многом зависело также от овладения новыми производственными процессами и создания новых производств и даже целых новых отраслей, от расширения сырьевой базы старых и новых видов сырья.

Текстильная промышленность. Текстильная пром-сть, закончив процесс своего восстановления еще в 1926/27 г., не остановилась на этом и продолжала свое развитие путем реконструкции старых предприятий и строительства ряда новых. В 1927/28 г. имелось в строительстве 14 новых хл.-бум. ф-к, 2 камвольные и 1 грубосуконная, 1 трикотажная, кокомоторальные и др. Началась реконструкция на 86 хл.-бум. фабриках, 14 шерстяных, 8 льняных и т. д.; намечена была программа нового строительства. В связи с этим по отдельным отраслям текстильной пром-сти намечался следующий рост их продукции по пятилетнему плану (в табл. 71 приведены данные в млн. р. по ценам 1926/27 г.).

Табл. 71.—Валовая продукция текстильной промышленности.

Виды промышленности	1927/28	1932/33	% роста
Хл.-бум.	2 654	4 624	171,2
Шерстяная	85,4	205	242
Льняная	177,8	500	281
Шелковая	11,4	39,5	345

Выполнение намеченных темпов развертывания производства вызвало необходимость коренной реконструкции текстильной пром-сти и значительный рост нового строительства, гл. обр. для шерстяной пром-сти. Из 1 415,3 млн. р. об-

щей суммы затрат по всей текстильной пром-сти 592 млн. р. должно было пойти на новое строительство. Тем не менее текстильная пром-сть далеко не использовала своих производственных возможностей: лимитирующим моментом в производстве оказалось сырье. На XVII партконференции тов. Орджоникидзе в своей речи заявил, что текстильная пром-сть могла бы переработать до 40 млн. пд. хлопка (при условии рационализации и небольшой добавки машин), а теперь, как известно, перерабатывает не больше 23—24 млн. пд. Главным лимитом является недостаток сырья. Динамика производства важнейших продуктов по текстилю, приведенная в табл. 72, подтверждает сказанное.

Табл. 72.—Динамика производства важнейших продуктов текстильной промышленности (в натуральном выражении).*

Продукты	1927	1928	1929	1930	1931
Пряжа, тыс. т					
Хл.-бум.	283,6	329,3	353,8	261,6	281,7
Шерстяная	41,3	53,1	64,2	72,8	73,3
Льняная	64,1	63,8	77,3	78,3	57,0
Ткани, п. м					
Хл.-бум.	5 180,5	5 669,1	6 250,7	4 576,3	4 525,2
Шерстяные	173,1	182,8	211,7	238,6	240,0

* Народное хозяйство СССР. Статистический справочник 1932 г.

В соответствии с количеством полученной пряжи находится и величины валовой продукции текстильной промышленности, приведенные в табл. 73.

Табл. 73.—Валовая продукция текстильной промышленности (в млн. р.).

Виды пром-сти	1927	1928	1929	1930
Вся пром-сть	3 329,8	3 907,8	4 498,6	4 090,9
В том числе:				
хл.-бум.	2 114,8	2 659,5	2 801,8	2 359,2
шерстяная	351,9	541,9	615,7	660,8
льняная	186,4	202,6	281,8	302,8

В результате реконструкции и строительства текстильная пром-сть сумела зарегистрировать ряд очень крупных успехов и достижений. За 4 года вступили в эксплуатацию: 13 хл.-бум. предприятий (1 млн. веретен), 3 трикотажные ф-ки, 3 льняные ф-ки, 3 шерстяные. Трикотажная пром-сть, которая носила явно кустарный характер или в лучшем случае полукустарный, выросла в большую отрасль текстильной пром-сти, имеющую в своем составе крупнейшие предприятия. В хл.-бум. пром-сти освоены новые производства: автокорда, полотен для сноповязалок, высоких номеров пряжи для электротехнич. и рыбной пром-стей. В шерстяной пром-сти освоено производство технич. сукон для бумажной пром-сти, налажено применение грубых и полугрубых шерстей в камвольном и тонкосуконном производствах. В шелковой пром-сти организовано очень важное и ценное производство шелковых сит, освобождающее нас от импорта иностранных сит. В льняной и пеньковой — механизирована первичная обработка льна и пеньки, поставлено производство аэроплетанного полотна и пр. Мы имеем в настоящее время свою собственную сырьевую базу, освобождающую нашу текстильную промышленность от иностранной зависимости и крупных валютных затрат. Достаточно для

иллюстрации сказанного привести следующие данные о размерах импорта хлопка и отечественного производства его за 1928—31 гг.

	1928	1929	1930	1931
Импорт в тыс. т	114,2	112,5	47,8	13,5
Отечественное производство в тыс. т	330,3	266,4	331,7	398,2

Еще более значительным покажется рост посевной площади под хлопком, к-рый говорит о полной обеспеченности нашей хл.-бум. пром-сти сырьем во втором пятилетии (в тыс.): 1928 г.—971,3 га, 1929 г.—1 055,5 га, 1930 г.—1 582,6 га, 1931 г.—2 163,6 га.

Не менее показателен рост посевной площади под льном и коноплей (в тыс. га):

	1928	1929	1930	1931
Лен	1 735,6	2 053,6	2 115,1	3 065,1
Конопля	912,6	872,5	738,4	923,6

Размерам посевной площади соответствуют и валовые сборы (в тыс. ц):

	1928	1929	1930	1931
Лен	3 238,2	3 606,3	4 100,1	5 100,1
Пенька	3 627,5	3 149,7	2 476,8	2 476,8

Из новых видов текстильного сырья у нас привился за истекшие 4 г. кенаф, разведение которого при наличии удобных для посева площадей в соответствующих темпах сделает ненужным импорт джута.

Проблема текстильного сырья заключается в себе организацию производства искусственного волокна. Новое, даже в странах промышленного Запада, производство искусственного волокна, быстро расширяющееся и постоянно совершенствующееся, требует особых производственных навыков, высококвалифицированных техни. и рабочих кадров и специального оборудования. В виду этого пришлось изменить первоначально принятый было план с передвижкой нового строительства ряда ф-к на более поздние сроки, выходящие за пределы первой пятилетки. Только во втором пятилетии мы получим от этого нового производства те дополнительные количества сырья, к-рые значительно увеличат общий баланс сырьевых ресурсов и позволят выполнить расширенные производственные по текстильной пром-сти задания. Между тем задания эти в виду решения XVII партконференции об увеличении производства предметов ширпотреба в 2—3 раза будут огромны во втором пятилетии, и для успешного выполнения их мы имеем налицо два основных элемента, обеспечивающих дальнейшее развитие текстильной пром-сти: собственное текстильное машиностроение и своя сырьевая база. Если в первом пятилетии основные мероприятия по реконструкции выразились в замене старого оборудования новым, в повышении механизации процессов производства по хл.-бум., шерстяной и льняной отраслям и в замене кустарного и полукустарного способов механизированным в перьковой, то во втором пятилетии (наряду с мероприятиями улучшения техники производства) важнейшей проблемой реконструкции текстильной пром-сти является проблема соотношения волокон: 1) между хлопком и льном, 2) между искусственным волокном и натуральным, 3) между шелком и шерстью, а также между ткачеством и трикотажем; причем самой важной частью этой проблемы является та, к-рая касается хлопка и льна, т. к. она связана с коренной реконструкцией льняного х-ва. Ряд серьезных достижений, и в особенности новейших открытий в области декортикации

прядения и ктонизации льна, даст возможность большого развития льняной промышленности со значительным увеличением удельного веса ее. Указанные проблемы реконструкции, вопросы районной специализации в соответствии с характером оборудования и размещения нового строительства в местах разведения сырья составляют наиболее существенное и наиболее характерное 2-го пятилетнего плана развития текстильной промышленности.

Кожевенно-обувная промышленность в дореволюционной России относилась к числу наиболее отсталых. Преобладало кустарное производство со всеми его недостатками. Фабричное производство обуви не превышало 8 млн. пар из общего количества выпуска того времени в 50—55 млн. пар. Выработка нек-рых наиболее дорогих видов кожи—хром, шевро—почти полностью отсутствовала. Потребность в экстрактах и дубителях удовлетворялась за счет импорта. Все необходимое специальное оборудование получалось из-за границы. Из-за границы получались готовые изделия из русской кожи и дорогая обувь. Пятилетний план развития кожевенно-обувной промышленности должен был устранить все эти недочеты, удвоить, чуть ли не утроить, продукцию, изыскать сырьевые ресурсы внутри страны, уменьшить до крайнего предела нашу зависимость от капиталистич. стран. И надо сказать, что за 4 года первой пятилетки в этом направлении сделано очень многое. Реконструкция существующих заводов и строительство новых совершенно изменили физиономию этой отрасли пром-сти. Кустарные способы производства устранены. На кожевенных заводах проведена механизация всех процессов производства. Сокобаранное дубление (вместо кустарного сыпного метода) сократило длительность производственного процесса по подошве до 25—40 дней вместо прежних 8—12 мес. Установлены машины специального оборудования: барабаны, гапшипи, мездрильные, строгальные, лошильные, тянущие и ряд других. Поставлено заново больших размеров производство шевро и хрома с пропускной способностью свыше 20 млн. шт. мелкого кожсырья для одного только хромового производства. Создана совершенно новая для нас экстрактовая пром-сть, освободившая СССР полностью от импорта иностранных экстрактов и дубителей на сумму свыше 10 млн. руб. золотом в год. Не менее значительны достижения в области фабричного производства обуви. Общая мощность государственных обувных ф-к в 1932 г. достигла 110—120 млн. пар обуви. Уже в 1931 г. было выпущено на рынок 77 млн. пар обуви вместо 23,5 млн. пар в 1927/28 г. Основным лимитом для еще более бурных темпов развития производства обуви в соответствии с только что указанной мощностью был недостаток кожевенного сырья, в особенности крупного. Пришлось изыскать новые второстепенные источники сырья, значение которых вырисовывается из приведенных данных заготовок новых видов сырья, в сопоставлении со старыми основными (табл. 74). К этому нужно еще прибавить поставленное новое производство суррогатов: резиновой подошвы, деревянных каблучков, картонных задников,—установку на облегченный тип обуви. Все эти мероприятия стремились парализовать недостаток сырья, сократить импорт его и увеличить выпуск продукции, в особенности по обуви (табл. 75). И действительно, импорт кож-

Табл. 74.—Новые второстепенные источники сырья (в тыс. шт.).

Годы	Крупное кожсырье	Мелкое кожсырье	Свиные шкуры	Собаачьи шкуры	Шкуры морских зверей	Рыбьи шкуры
1927	7 065	13 383	—	—	—	—
1928	11 454	21 368	—	217	125	—
1929	—	—	—	—	—	—
1930	—	—	—	—	—	—
1931	13 960	37 266	3 500	1 185	217	2 298

сырья (в тыс. шт.): 1 232—в 1928/29 г., 887—в 1929/30 г. и 850—в 1931 г.

Табл. 75.—Выпуск продукции кожевенно-обувной промышленности.

Продукция	1927/28	1928/29	1929/30	1931
Крупное кожсырье в тыс. шт.	10 076	13 653	16 846	16 499
Мелкое кожсырье в тыс. шт.	15 671	20 127	21 632	28 300
Обувь в млн. пар	23,5	30,0	63,0	77,0

Столь значительный рост выпуска продукции по кожевенно-обувной пром-сти не мог бы иметь места, если бы не были сделаны очень большие затраты по реконструкции и на новое строительство, сильно увеличившие стоимость основных фондов этой отрасли легкой пром-сти. За годы послереволюционного периода стоимость основных фондов кожевенно-обувной пром-сти непрерывно росла, составивши по кожевенной промышленности 153,2 млн. р. в 1931 г. против 91,8 млн. р. в 1921 г. и по обувной соответственно 72,1 млн. р. против 35,3 млн. р.

Пищевкусовая промышленность. Крайнее многообразие отраслей, входящих в состав пищевкусовой пром-сти, кустарный характер производства, низкое строение основного капитала, огромное число мелких предприятий, расположенных по всему пространству СССР, где только имеется с.-х. сырье для переработки его,—вот то, что характеризует пищевкусовую пром-сть к началу пятилетки. За истекшие годы пятилетки наблюдалась уже ранее намечавшаяся концентрация производства, выразившаяся в уменьшении числа предприятий по ряду отраслей и увеличении мощности одной единицы:

	1913	1932
Табачных ф-к	109	23
Папирос (в млрд. шт.)	23	80
Сахарных з-дов	225	175
Сахарного песка (в тыс. т)	2 000	2 150
Винокурен. з-дов	3 000	495
Спирта (млн. ведер)	120	120

Концентрация проводилась планомерно и на основе реконструкции существующих предприятий. Впервые на предприятиях пищевкусовой пром-сти была введена механика, передача грузов помощью транспортеров, конвейеров. Были проделаны удачные опыты подбора машин по типам и маркам. Была значительно повышена производительность оборудования путем реконструкции его. Эти и им подобные мероприятия сказались на возраставшем из года в год выпуске продукции пищевкусовой пром-сти, что можно усмотреть из табл. 76.

В 1931 г. внутренние ресурсы большинства отраслей пищевой пром-сти были исчерпаны и дальнейшее развитие ее осуществлялось за счет нового строительства. Это было тем более необ-

Табл. 76.—Продукция пищевкусовой промышленности в натуральном выражении.

Номенклатура	1928	1929	1930	1931	1932
Мука, тыс. т	1 655	5 910	5 980	7 012	9 400
Макароны, тыс. т	42	53	97	151	216
Консервн. банки, млн. шт.	67	101	232	313	1 000
Сах. песок, тыс. т	1 172	919	1 469	1 525	2 150
Масло растит., тыс. т	298	370	318	322	435
Кондит. изделия, тыс. т	88	124	275	530	620
Безалкогольные напитки, гл	—	622	1 537	1 605	2 750
Махорка, млн. ящ.	3,3	3,2	3,2	2,8	4,2

ходимо, что пришлось организовать ряд отраслей и производств совершенно заново или новых, ранее в СССР неизвестных.

В старых отраслях, таких, как сахарная, рыбная, табачная, следует отметить огромные технич. сдвиги. В особенности это правильно в отношении рыбной пром-сти. Мощные траулеры, механизация всех процессов, использование всех отходов и пр. делают ее настоящей отраслью крупной пром-сти. Продвижение сахарной пром-сти на Восток и создание там соответствующей сырьевой базы является несомненно очень крупным событием в жизни этой пром-сти и очень важным для более равномерного и экономичного распределения сахара по всему СССР. Но основным достижением первой пятилетки в пищевкусовой пром-сти, следует считать создание новых отраслей и производств. Мясная пром-сть, которая в Америке занимает первое место среди отраслей легкой индустрии, у нас до 1931 г. занимала самое последнее. В настоящее время организованы мясные комбинаты: Московский, Ленинградский, Бакинский и Семипалатинский. Всего организовано 11 новых предприятий. Маргаритовая промышленность уже представлена заводами, построенными по последнему слову техники. Заново создана консервная пром-сть. К началу первой пятилетки 22 з-да полукустарного типа могли дать 130—150 млн. банок; 48 предприятий к началу второй пятилетки дают свыше 1 млрд. банок. Пром-сть сгущенного молока, яично-птичья комбикормовая—создания послереволюционного периода и по преимуществу конца первой пятилетки. Т. о. за 4 года первой пятилетки пищевкусовая пром-сть встала решительно на путь превращения из отрасли крайне отсталого кустарного и полукустарного производства в крупную машинную индустрию. Во втором пятилетии этот путь д. б. завершен путем коренной реконструкции и постройки ряда фабрик и з-дов, что позволит пищевкусовой пром-сти обеспечить утроение душевого потребления. Рассмотрение трех наиболее крупных отраслей легкой индустрии позволяет сделать следующие выводы, к-рые можно распространить без риска впасть в большую ошибку на все остальные отрасли. Во-первых, производственные возможности легкой индустрии не были использованы; во-вторых, основным лимитом производства был недостаток сырья. Факт огромных реконструктивных сдвигов и нового строительства, сильный рост посевных площадей под технич. культурами создадут требуемую мощность предприятий и обеспечат значительное нарастание темпов по всей группе отраслей лег-

кой индустрии во втором пятилетии. Огромные достижения и значительный рост продукции легкой индустрии за годы первой пятилетки в целом любопытно будет противопоставить некоторым данным динамики продукции по отдельным отраслям той же легкой индустрии в странах Европы и Америки (табл. 77).

Табл. 77.—Индекс текстильной промышленности (1928 г.=100).

Годы	СССР	США	Англия	Франция	Польша
1927	85,2	105,6	106,6	89,9	96
1928	100	100	100	100	100
1929	115,1	107,5	101,2	92,9	89,1
1930	104,7	81,3	80,2	85,9	69,7
1931	104,7	87,9	78,7	71,7	65,6

Другие отрасли легкой индустрии—обувная, бумажная—поражены кризисом в меньшей степени, хотя и различно в разных странах. Общая тенденция—углубление кризиса в этих отраслях. Индекс обувной промышленности приведен в табл. 78.

Табл. 78.—Индекс обувной промышленности (1928 г.=100).

Годы	СССР	США	Германия
1928	100	100	100
1929	161,3	105	103,8
1930	250,8	88,3	100,7
1931	277,9	96,8	93,6

В это самое время в Стране Советов по всему фронту нашего х-ва и в частности нашей промышленности напряженная работа трудящихся масс под руководством коммунистической партии обеспечила стране за 4 года первой пятилетки свою машиностроительную для нужд легкой индустрии базу, создала ряд новых отраслей легкой индустрии, увеличила в несколько раз площади посевов и тем самым поставила вопрос о гораздо более интенсивном развитии легкой индустрии.—«Новое в развитии нашей промышленности,—сказал тов. Сталин,—состоит между прочим в том, что мы имеем теперь возможность развивать ускоренным темпом и тяжелую и легкую индустрию».

М. Нойлин.

СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ. Общепризнанного, авторитетного определения рационализации не имеется. Общее определение понятия «рационализация» дает профессор В. Зомбарт. Устанавливая две стороны рационализации—субъективную (формальную) и объективную (материальную), Зомбарт пишет: «В объективном (формальном) смысле рационализация означает стремление, намерение, привычку вносить возможно большую целесообразность в действия и учреждения. Противоположностью рационалистического поведения в этом смысле является верность традиции, когда поступки совершаются не потому, что они целесообразны, а потому, что так принято поступать».—Целесообразность действий зависит от тех целей, к-рые ставятся в тот или другой период деятельности. Отсюда вытекает, что в зависимости от различных целей и содержание рационализации в применении их к одному объекту будет различно. В данный период времени С. р. характеризует то, что она есть проводимая по плану, при поддержке и участии широких масс трудящихся, в целях скорейшего построения социализма, работа по

улучшению организации хозяйства и способов производства на основе последних достижений науки и техники, при обязательном улучшении труда и быта участников производства. При соблюдении этих условий основным содержанием С. р. являются устранение потерь и получение наибольших достижений (количественных и качественных) при наименьших затратах на единицу продукции. В этом определении С. р. содержатся те основные признаки, к-рые отличают ее от рационализации капиталистической. С. р. по методам, целям и результатам коренным образом отличается от капиталистической. В наших условиях С. р., имея чрезвычайно большое, иногда исключительное значение в деле индустриализации и социалистич. строительства, в то же время является одним из основных элементов культурного подъема. Капиталистич. рационализация приводит рабочего к состоянию отупения, превращая его в простой придаток машины; у нас же социалистическая рационализация, проводимая при широчайшем участии рабочего класса, является по существу формой широкого общественного творчества, широкой общественной инициативы. Капиталистич. рационализация неизменно сопровождается повышением интенсивности труда рабочего без соответствующего возмещения этой интенсификации труда повышением реальной заработной платы. У нас повышение интенсивности труда рабочих компенсируется ростом заработной платы, многочисленными мероприятиями в области охраны труда и здоровья трудящихся, сокращенным рабочим днем и т. п. Отсюда в капиталистич. мире прямым следствием рационализации является обострение противоречий, существующих между производственными силами и производственными отношениями, усиление безработицы и эксплуатации занятых на производстве рабочих, а также постоянный кризис, связанный с перепроизводством. У нас же рационализация способствует дальнейшему развертыванию социалистич. строительства со всеми вытекающими отсюда последствиями, к числу которых относятся: рост благосостояния трудящихся, ликвидация безработицы, численный рост пролетариата и т. д. Далее капиталистич. рационализация наталкивается в осуществлении отдельных рационализаторских мероприятий на рамки и препятствия в виде частнокапиталистич. собственности, конкуренции, анархии всего производства и т. д. Отсюда провал предпринятых гуверовским комитетом попыток организовать рационализацию всего народного хозяйства США или хотя бы отдельных его отраслей методами госпланирования и встречающиеся в последнее время под влиянием осознаваемой бесплодности небывалого кризиса призывы против техники и против машин вообще, к возврату к ремесленным способам производства. В СССР рационализация охватывает все народное хозяйство, проводится в общеплановом порядке и приводит к все большему и большему применению во всех областях управления и хозяйства последних достижений науки и техники. В то время как в капиталистич. странах рационализация встречает сплошь и рядом враждебное отношение или противодействие пролетариата, у нас надежнейшей массовой базой рационализации является сам пролетариат, передовые ударники, сознательные энтузиасты социалистической стройки.

В. И. Ленин еще в 1918 г. с величайшей четкостью ставил вопрос о рационализации всего

народного х-ва и народного труда, к-рую он считал коренной задачей социалистич. строительства.—«Во всякой социалистической революции,—писал он,—после того как решена задача завоевания власти пролетариатом... выдвигается необходимо на первый план коренная задача создания высшего, чем капитализм, общественного уклада, именно: повышения производительности труда, а в связи с этим (и для этого) его высшая организация».

Но эти, заключающиеся в самом социалистич. строе управления и х-ва предпосылки повышения производительности труда нуждались для полной своей реализации, как это и было отмечено В. И. Лениным, в высшей организации труда. Этим самым с первых же дней Октябрьской революции в порядок дня ставилась активная работа по рационализации народного труда и народного х-ва, а также по рационализации государственного аппарата. Первым основным методологом С. р. у нас явился В. И. Ленин. Говоря об учении Тейлора, соединяющем в себе «утонченное зверство буржуазной эксплуатации» и «ряд богатейших научных завоеваний», тов. Ленин подчеркивал, что «советская республика во что бы то ни стало должна перенять все ценное из завоеваний науки и техники в этой области». К системе Тейлора и к необходимости применения ее в Стране Советов Ленин возвращался многократно. Так, в своем докладе «Об очередных задачах советской власти» Ленин указывал, что необходимо «на очередь поставить, практически применить и испытать сдельную плату, применение многого, что есть научного и прогрессивного в системе Тейлора, соразмерение заработка с общими типами выработки продукта». В своей брошюре «Великий почин», написанной в 1919 г., Ленин пояснял, как он мыслит построение социализма на основе повышения производительности труда. Он указывал, что новая организация труда предполагает соединение «последнего слова науки и капиталистической техники с массовым объединением сознательных рабочих, творящих крупное социалистическое производство». Неоднократно на вопросе рационализации и в особенности на вопросе рационализации промышленности останавливался и тов. Сталин. Знаменитый лозунг об овладении техникой целиком относится к этой области. Широко развернутую и вполне конкретную программу рационализации тов. Сталин дал в своем историч. выступлении на совещании хозяйственников 23/VI 1931 г. В этих указаниях тт. Ленина и Сталина содержатся в концентрированной и вместе с тем ясной форме основные элементы теории и методики С. р., гл. обр. производства и в частности пром-сти. Не меньше внимания тов. Ленин и тов. Сталин уделили рационализации управления государством, улучшению государственного аппарата. В дальнейшем богатое наследство, оставленное в области теории и методологии С. р. В. И. Лениным, было развито и дополнено многочисленными директивами партии и правительства. С самого начала восстановления периода партия и рабочий класс поднимают вопрос о повышении производительности труда, об укреплении трудовой дисциплины, о борьбе с прогулами и простоями оборудования. К задаче пуска наибольшего количества бездействовавших станков присоединяется необходимость лучшего их использования, полной их рабочей загрузки, создания рациональной организации управления пром-стью,

достижения экономии расходования средств, снижения себестоимости и улучшения качества выпускаемой продукции.

Наряду с разработкой этих вопросов развертывается значительная работа в области рационализации технологии, процессов и ставится целый ряд общих, гораздо более широких вопросов рационализации (концентрация, специализация, стандартизация),—тех вопросов, преобладание к-рых характеризует рационализацию реконструктивного периода. Задачи рационализации переросли пределы ф-ки или з-да, и для лучшего использования средств производства оказалась необходимым ряд организационных мероприятий в пределах как пром-сти в целом, так и отдельных ее отраслей, а также мероприятий, касающихся связей пром-сти с транспортом, с х-вом и т. д. Сюда относятся в первую очередь мероприятия по организации управления пром-стью и предприятия по улучшению учета и отчетности, по частичной специализации предприятий и их кооперированию, целый ряд мероприятий по экономии топлива, сырья и материалов, началу работы по стандартизации и т. д. Ряд постановлений высших партийных органов [постановление ЦК от 24/II 1927 г., директивы, данные XV съездом ВКП(б) в декабре 1927 г., постановление XVI съезда ВКП(б)] поставил вопросы рационализации в ряду важнейших первоочередных задач партийных, профессиональных, советских органов. Этими постановлениями была подчеркнута необходимость вести рационализаторскую работу на базе последних достижений науки и техники, понятию «рационализация» было дано широкое толкование, исключавшее возможность противопоставления рационализации и реконструкции. Решающей предпосылкой борьбы за рационализацию ставилось «вовлечение в нее рабочих и крестьянских масс». Особое внимание предписывалось уделять борьбе «за организацию производства, повышение производительности труда, наиболее рациональное использование сырья, материалов, топлива и оборудования, по линии борьбы с потерями в производстве и обращении, что должно обеспечить выполнение плановых заданий по себестоимости при обязательном улучшении качества продукции». К середине 1931 г. «условия развития промышленности изменились в корне и создалась новая обстановка, требующая новых приемов руководства» (И. Сталин). Тогда выяснилось, что «нельзя по-старому оборачиваться на старых источниках накопления. Чтобы обеспечить дальнейшее развертывание промышленности и сельского хозяйства, нужно добиться того, чтобы пустить в дело новые источники накопления, ликвидировать бесхозяйственность, внедрить хозрасчет, снизить себестоимость...» (И. Сталин). Отсюда возникла необходимость дать работе по рационализации новое направление. Напомним, что, невыполнение количественных и качественных показателей плана работы в пром-сти в 1931 г. XVII партконференция в значительной мере поставила в зависимость от недостаточного роста работы по организации производства и управления пром-стью (слабая организация труда, недостаточно конкретное руководство предприятиями, недостаточное внедрение хозрасчета и т. д.). Поэтому в числе указаний XVII партконференции по обеспечению выполнения плана 1932 г. огромное место и внимание уделено наряду с вопросами рационализации произ-

водства также и вопросам управления промышленностью и организации производства. Не менее исчерпывающими и постоянными были указания партии также и в области рационализации сов-аппарата, его упрощения и удешевления, уничтожения в них косности, волокиты, бюрократизма и т. д. Все эти многочисленные и подробные указания о рационализации со стороны партии в общем четко наметили принципы организации рационализаторской работы и методы ее ведения; они давали также время от времени указания по поводу конкретного содержания работы по рационализации, к-рое менялось в зависимости от происходивших в самой промышленности процессов и сдвигов. Всеми этими указаниями партии были подтверждены, конкретизированы и проведены в жизнь положения, высказанные в общей форме В. И. Лениным. С. р. в результате всех решений о ней партии и правительства, оставаясь обязательной функцией всякой производственной работы, была тем не менее обособлена от этой работы, снабжена самостоятельным аппаратом, призванным организовывать и руководить рационализаторской и избирательной деятельностью широчайших слоев рабочих и ИТР, используя при этом все новейшие достижения науки и техники. Первоначально рационализация в промышленности носила на себе черты только общественного движения, руководимого общественными органами, задачей которых являлась гл. обр. пропаганда идей рационализации. Официальный аппарат С. р., взявший на себя текущее руководство всеми рационализаторскими учреждениями и организациями, сложился позднее. В первые годы Октябрьской революции рационализаторское движение, выступавшее под лозунгом научной организации труда, базировалось гл. обр. на идеях Тейлора. Вскоре рационализаторские начинания охватывают широкий круг предприятий. При этом работу по рационализации ведут или особые «Бюро НОТ», или Отделы труда, или Технико-нормировочные бюро, Распределительные бюро, Производственные комиссии и т. д. Кака-либо единая система или организационный принцип в этой области отсутствует приблизительно до 1925 г., когда в отдельных республиках и областях работа по рационализации начала получать организационное оформление. Первое время работа эта шла самотеком, без плана и без методич. руководства. Решительный поворот в деле организационного оформления рационализаторской работы в промышленности произошел лишь в результате принятой XVI партийным съездом по докладу о выполнении пятилетнего плана промышленности об укреплении органов рационализации во всей системе промышленности сверху донизу. Принятое в развитие этого решения XVI партсъезда постановление Президиума ЦКК коллегии НКРКИ СССР от 4/IX 1930 г. об организации в центральном аппарате ВСНХ самостоятельного управления по рационализации, а также об образовании отделов по рационализации, подчиненных руководителям хозорганов в объединениях, трестах, промышленных предприятиях, окончательно закрепило организационные позиции рационализации. В качестве последнего этапа в развитии организационных форм рационализаторского движения остается упомянуть еще об известном постановлении Коллегии НКТП от 20/II 1932 г., придавшем рационализаторским планам характер обяза-

тельных оперативных заданий, включаемых в техпромфинплан, и четко определившем круг и методы их деятельности. В результате длительной борьбы за рационализацию мы имеем настоящее время на подавляющем большинстве предприятий, трестов и объединений органы рационализации, являющиеся ее штабами, организующими и планирующими работу по рационализации и руководящими этой работой.

Итак, социалистической рационализации в течение 15 лет было обеспечено внимание партии и ее вождей и поддержка широчайших рабочих масс. За это время выработались четкие организационные формы рационализации и в борьбе с уклонами определились основы ее теории и методологии. Рационализация несомненно явилась одним из главных факторов грандиозных достижений всей нашей промышленности в целом.

Изумительные успехи нашей промышленности (см. *Социалистическая промышленность*) могли быть достигнуты только при условии значительно-го повышения производительности труда по сравнению с эпохой капитализма и при условии целесообразности новой организации труда в условиях пролетарской диктатуры. Они оказались возможными только при условии значительных качественных сдвигов, происшедших в промышленности, т. е. при условии ее радикальной рационализации. К сожалению состояние учета не позволяет нам произвести сколько-нибудь полный анализ происшедших в промышленности сдвигов по отдельным их элементам. Однако кое-какие имеющиеся по этому вопросу данные могут дать представление о характере и размерах этих сдвигов. За 15 лет работы сдвиги эти колоссальны. За это время в СССР фактически создана новая промышленность, по-новому организованная, с совершенно иной структурой производства, чем раньше. Так, уд. вес тяжелой промышленности в всей промышленности в целом поднялся с 44,2% в 1928 г. до 59,0% в 1931 г. Уд. вес в тяжелой промышленности таких ее отраслей, как машиностроение, электротехника, электростанции, вырос за время с 1913 по 1932 г. с 8,3 до 15,9%. Радикально изменилось географич. размещение промышленности, что получило наиболее яркое свое выражение в создании угольно-металлургич. базы на Востоке и в промышленном развитии окраин. Резко обозначился процесс концентрации промышленности (напр. в угольной промышленности в Донбассе в 1916 г. было 1816 шахт с производительностью в среднем до 20 тыс. т, а теперь окло 300 с производительностью около 200 тыс. т). Далее поставлен целый ряд новых производств и освоена новая техника в целом ряде старых отраслей промышленности. Из новых производств упомянем об автомобилях, тракторах, комбайнах, сложнейших станках, мощнейших турбинах, гигантских домах, блумингах, экскаваторах, о качественных сталях, об азотной к-те и ее продуктах и т. д. В качестве примера подведения под ранее бывшее производство новейшей технич. базы упомянем нефтяную промышленность. Вращательное бурение в этой отрасли промышленности сменило ударное; глубокие насосы и компрессоры заменили собой колонки, а трубочки—устаревшие кубовые батареи. По степени электрификации нефтяное х-во Америки уже осталось позади СССР. Огромные успехи сделала утилизация отходов в нефтяной промышленности. Из мазута, к-рый раньше сжигался в топках, сейчас крекинги извлекают бензин,

газы утилизируются на газопиловых и сажевых заводах, на масляных трубчатых вырабатываются высокосортные масла. Рационализация во всех ее формах и видах коснулась всех отраслей и производств нефтяной промышленности. Рационализация в нефти лишь за первые 4 года от начала рационализаторских работ (1924/25 г.) дала по бурению и добыче ок. 230 млн. р. экономии. За это же время производительность труда на предприятиях Азнефти выросла: по добыче нефти на 258%, по бурению на 279%, по нефтеобработке на 191% и т. д. Успехи рационализации обеспечили высокое качество продукции нефтяной промышленности, огромный рост ее добычи (пятилетка по нефтяной промышленности выполнена менее чем в 3 года) и ее конкурентоспособность на зарубежных рынках. Здесь же в качестве одного из основных достигнутых нами качественных сдвигов в промышленности надо отметить механизацию тяжелых и трудоемких процессов, достигнувшую наибольших успехов в угольной промышленности (процент механизированной добычи поднялся с 22,9 в 1927/28 г. до 62— в апреле 1932 г.), в строительстве и во внутризаводском транспорте. С достаточной степенью наглядности о процессе механизации свидетельствует рост энерго- и электровооруженности промышленности СССР. Особенно растет коэффициент электровооруженности труда, поднявшийся с 0,65 в 1926 г. до 1,38 в 1931 г. В то же время коэффициент энерговооруженности поднялся за эти годы с 1,36 до 1,88, т. е. составил в 1931 г. 138,1% от 1926 г. Существенным показателем качественных сдвигов в промышленности является повышение степени использования оборудования. Во многих случаях мы наталкиваемся на чрезвычайно высокие показатели степени его использования у нас. Так, в области использования электрооборудования показательно, что один установочный кВт мощности наших электростанций в 1931 г. давал ок. 3 920 kWh, в то время как самая передовая в этом отношении страна— США—достигла лишь 3 140 kWh. Так, в нашей каменноугольной промышленности врубная машина при полной механизации всех процессов выработки и при работе непрерывным потоком давала (в единичных, правда, случаях) 3,5 тыс. т угля ежемесячно против мирового рекорда в 2—2,1 тыс. т, достигнутого в Рурском бассейне. Производительность труда в промышленности СССР, начиная с 1921 г., увеличилась с 1913 г. по 1931 г. на 69%, а за 3 года первой пятилетки на 38%, причем в первые два года этот рост производительности выразился в размере 15,5 и 12,2% и лишь в 1931 г. из-за тяжелых условий, сложившихся в начале этого года (транспортные затруднения), он выразился в размере 5% (за 9 месяцев 1932 г. производительность труда выросла на 5,9%). Рост производительности труда тесно связан со снижением себестоимости. Это снижение было значительно за все года, начиная с 1927/28 и вплоть до 1931 г. Так, в 1927/28 г. себестоимость снизилась на 6,2%, в 1928/29 г. на 4,2%, в 1929/30 г. на 7,2%. Что же касается 1931 г., то в нем себестоимость возросла на 6% за счет значительно ее роста в каменноугольной, минералогорудной и других добывающих и первично обрабатывающих отраслях промышленности при одновременном громадном ее снижении во многих отраслях машиностроительной промышленности (общее машиностроение за 1928/29—1931 гг. снизило себестоимость на 25%, электротехника промышленности на 30% и т. д.).

Чрезвычайно большое значение в рационализации промышленности имеют специализация и кооперирование. Процесс специализации и кооперирования предприятий начался еще в конце восстановительного периода и получил наиболее яркое свое выражение в машиностроительных, промышленных и комбинатах-гигантах (УКК, Бобрики и др.). На почве специализации все более внедряется в жизнь работа методом непрерывного потока. Одной из предпосылок специализации является внедрение стандартов на изделия, детали, сырье и топливо. В этой области достигнуты значительные успехи. Так, только общесоюзных стандартов было внедрено в промышленность: 42 в 1927 г.; 170 в 1928; 398 в 1929; 1 106 в 1930; 2 137 в 1931 и 3 726 в 1932 г. В общем же по числу стандартов мы находимся сейчас на втором месте в мире. Таковы важнейшие качественные сдвиги в промышленности. Кроме них необходимо упомянуть об огромной повседневной работе, ведущейся на предприятиях под руководством специальных органов рационализации по борьбе с потерями и по мобилизации внутренних ресурсов. Эта постоянная работа по рационализации была направлена все это время на улучшение организации производства (разработка технологических процессов и режима производства, выбор конструкций, оборудования, подготовка чертежей, внедрение точности и непрерывности; постановка и улучшение внутризаводского планирования, постановка плано-предупредительного ремонта, улучшение работы подсобных хозяйств и функций, как то: снабжения, складов, внутризаводского транспорта, инструментального и т. д.). Большое внимание органы рационализации уделяли также и вопросам рационализации сырья, материалов оборудования и технологических процессов (конструктивное улучшение оборудования, уменьшение расхода сырья и материалов, улучшение качества и сокращение брака, механизация, электрификация, интенсификация и ускорение производственных процессов, внедрение новых методов производства, утилизация, регенерация, рекуперация отходов, газов, пара, воды, материалов, инструментов, топлива и пр., введение электрической и автоматической сварки, борьба за экономию металла и топлива, организация стандартизации сырья, полуфабрикатов, изделий и т. д.).

Результаты работы специальных органов рационализации не могут полностью выделены из общих успехов, достигнутых промышленностью в борьбе за качественные показатели. Общим итогом рационализации в целом в конечном итоге является снижение себестоимости. Однако для характеристики работы органов рационализации характерны следующие ориентировочные данные, относящиеся к 4 годам 1-го пятилетия (в млн. р.).

	Затраты на рационализацию	Экономия от рационализ. мероприятий
Тяжелая промышленность . . .	330	1 080
Легкая » . . .	74	238
Лесная » . . .	80	100
Пищевая » . . .	50	90
Всего . . .	534	1 508

Таковы итоги рационализации в промышленности. Точно так же и на ж.-д. транспорте СССР дала значительные результаты. Ограничимся лишь кратким перечнем основных, главнейших мероприятий по рационализации, проведенных на транспорте за истекший период времени. Основным мероприятием в области ремонта вагонов и па-

ровозов было внедрение в работу ремонтных з-дов НКПС японских методов, отличающихся глубоким планированием производства (суточные и почасовые планы), концентрацией всех сил и средств производства на минимальном количестве ремонтируемых объектов, параллельным и одновременным выполнением большинства ремонтных операций, совершенством технологич. процессов и полным использованием оборудования. Это дало возможность за год удвоить и даже утроить производительность некоторых паровозоремонтных з-дов. Не менее быстро увеличилась производительность и вагонных з-дов, выросшая за год на 50% и дающая дальнейшее повышение. На Муромском з-де напр. за один год работы простой паровоза в капитальном ремонте снизился с 45,8 дня до 8,4 дня; затрата рабочей силы на ремонт сократилась на 57,6%, а стоимость ремонта снизилась на 43,2%. Значительная работа проведена и в области улучшения методов эксплуатации паровозного х-ва. Из всех этапов борьбы за повышение эффективности использования паровоза упомянем о введении спаренной езды, что привело к значительному оздоровлению паровозного парка (число больных паровозов сократилось с 29,5% в феврале 1931 г. до 21,6% в августе 1932 г.). Значительные успехи достигнуты в области маршрутизации движения. Маршрутизация является одним из самых эффективных способов рационализации перевозок с точки зрения ускорения оборота подвижного состава. На опыте доказано, что она увеличивает скорость продвижения грузов на 20—25%, а иногда и более. Начавшись в 1926/27 г., маршрутные перевозки с каждым годом повышают свой уд. вес, который в 1931 г. составил в отношении общего количества перевозок 22,3%. Большая отрасль рационализаторской работы на транспорте—это планирование перевозок, в частности борьба с дефектными (встречными, излишне дальними и т. д.) перевозками. О широте открывающегося в этой области поля деятельности для рационализации можно судить по тому, что ежегодные потери народного х-ва на одном лишь перепробеге грузов составляют 230 млн. р. Далее борьба за наилучшее использование подъемной силы вагонов дала возможность увеличить провозную способность наших дорог почти на 10%. Рационализация самого полотна ж. д. составляла видную часть рационализаторской работы на транспорте. Перечислим еще такие отрасли рационализаторской работы на транспорте, как снабжение (новый метод снабжения паровозов топливом сэкономил по всей сети до 600 паровозов, сократил расход рабочей силы на это дело в среднем на 12% и снизил себестоимость подачи топлива на 20%) или как пассажирские перевозки (увеличение числа поездов, введение ряда экспрессов, улучшение работы вокзалов и т. д.).

Еще менее организационно оформлена и учтена рационализация в с. х-ве. Поэтому характеризовать результаты технической и организационной рационализации с. х-ва крайне затруднительно, особенно в виду происходившей за последние годы коренной ломки социальных устоев деревни, революционного перехода с. х-ва на рельсы коллективизации. Первая стадия подъема с. х-ва у нас характеризовалась гигантским ростом посевных площадей. Совхозы и колхозы освоили огромное количество ранее пустовавших земель. В этом сказалась огромная мощь социалистич. формы хозяйст-ва

ния, вооруженного новой техникой. Окончание этой стадии поставило на очередь новые задачи улучшения качественных показателей с. х-ва. Борьба за эти показатели решается на путях овладения техникой. Внедрение агротехники, механизация трудовых процессов в с. х-ве, бережное и полное использование машин и конной тягловой силы, беспощадная борьба с потерями в с. х-ве—вот основные линии работы по его рационализации.

Что касается борьбы за рационализацию аппарата, то ее итоги вкратце м. б. выражены тем, что мы имеем в настоящее время наш советский аппарат, хотя и обладающий целым рядом недостатков. Эта цель достигнута путем длительной и напряженной борьбы, проводившейся органами РКИ и Советами за приближение аппарата к населению (напр. ликвидация скрутов), за упрощение структуры аппарата и приведение его в соответствие с потребностями социалистич. строительства (унификация налогов, упрощение системы государственного страхования, упрощение банковской сети и т. д.), за улучшение техники работы аппарата (копирует, механизация счетного дела, безрегистрационная система делопроизводства и т. д.), за улучшение личного состава аппарата (чистка аппарата) и т. д. Но гл. обр. эта цель достигнута путем широчайшего вовлечения трудящихся масс в управление страной и в контроль за работой аппарата (выдвиженцы, секции советов, рабочее шефство над аппаратом, временные контрольные комиссии, секции РКИ, легкая кавалерия, рабочие заседатели, бюро жалоб, соцзаемстители, комиссии содействия РКИ и т. д.). Таковы итоги рационализации.

Общее улучшение руководства работой пром-сти, укрепление хозрасчета, превращение технич. нормирования в базу внутривзаводского планирования и упорядочение последнего, дальнейшая механизация трудоемких процессов, в особенности в черной металлургии, окончательное уничтожение остатков обезлички и уравниловки, всемерное развитие производства предметов ширпотреба в системе тяжелой пром-сти, борьба с потерями, борьба за экономию, мобилизация ресурсов и т. д. Таковы основные направления рационализаторской работы в промышленности (и в особенности в угольной промышленности и в черной металлургии) на ближайшие годы.

В. Авлюв.

СОЯ, масличный горох, *Glycine hispida maxima* (относится к сем. Leguminosae, подсем. Papilionaceae, к роду *Glycine*). Разнообразие представителей рода *Glycine* охватывает весь восток и юго-восток Азии, Австралию и Индию. В северной части распространения *Glycine* встречаются *Glycine soja*, *Glycine gracilis* и *Glycine hispida maxim.*; в Южном Китае на о-ве Формоза, Филиппинских о-вах и в Австралии *Glycine tomentosa* Benth., а в Индии и на Малайском архипелаге *Glycine japonica*. Из всех перечисленных выше видов наибольшее значение для нас имеет *Glycine hispida* (культурная С.). Не подлежит сомнению, что *Glycine hispida* происходит от *Glycine soja* (дикая С.).

Ботанич. история культурной С. весьма богата. К последнему времени имеется ок. 30 народных названий С., что является одним из доказательств древности культуры. Стебель культурной С. прямой, сильно борозчатый или в верхней своей части слегка выющийся, покрыт темнокоричневыми, сероватыми или белыми волосками. У нек-рых сортов стебель тонкий, стелющийся (некие сорта опытной станции «Эхо»), богато облиственный. Для большинства сортов стебель выгнуто-коленчатый у места

прикрепления листьев к стеблю. Коленчатость бывает весьма сильной (сорт Крушуля $\frac{2}{3}$, Однумау и др.), средней (№ 111, 231а и др.) и слабой (сорт Минсой, Иллини из Сев. Иллинойса, Виргиния и другие, гл. обр. америк. сорта). Характерная для С. коленчатость иногда простирается до самой верхушки стебля в зависимости от сорта. Высота стебля весьма различна для разных сортов, но изменяется также в зависимости от условий произрастания в пределах одного сорта. На влажной, богатой питательными веществами почве и при достаточном количестве тепла за вегетационный период стебель С. может достигнуть большой высоты. Обычно высота стебля для нек-рых сортов 30—50 см, а для высоко-сортных 80—100 см и более. Ветвление зависит от сорта и в значительной мере от условий освещения (чем реже посев, тем ветвей образуется больше и наоборот). Плоды культурной С. весьма различны по форме и размеру, цвету оболочки, цвету опушения. У одних сортов сои стручки прямые мезевидные, у других—саблевидные. Стручки имеют короткий отросток. По длине стручки бывают различные в зависимости от сорта от 3 до 6 см; в ширину 1—2 см. Чаще в стручках имеется 2—3 зерна, реже 4. На сильно развитых растениях можно обнаружить стручки с 5 зернами. Лучше развитые стручки встречаются преимущественно в среднем ярусе на главном стебле. Семена С. весьма различны. По цвету различаются: черные, темнобурые, красно-бурые, желтые, различных оттенков зеленые, оливково-зеленые, оливково-желтые и др. Основным систематич. признаком для зерна С. является цвет и форма рубчика. Цвет рубчика бывает черной, коричневой, желтой и бурый, форма—линейная, овальная и овально-клиновидная. Форма семян—шаровидная, овальная и продолговатая. Вес 1 000 зерен (абсолютный вес) С. различный, напр.: Mammoth 212 г, Hollybrook 173, Naberland 204, Manchu 200, Pekind 78 г.

Быстрый рост посевных площадей под С. во всех странах мира и та исключительная роль, которую суждено сыграть С. в мировой экономике, все более настойчиво выдвигают проблему расширения посевов С. в СССР. Для Сев. Манчжурии, Кореи и Японии С. является одной из основных культур. По данным США о росте посевов С. становится очевидным, что и США форсируют посевы С., имея к последнему времени ок. 2,5 млн. га. В СССР динамика посева С. выражается в следующих цифрах (в тыс. га): 1925 г.—16,6; 1926 г.—25,3; 1927 г.—28,2; 1928 г.—48,5; 1929 г.—71,5; 1930 г.—328,0; 1931 г.—500,0. Несмотря на то, что США имеют к последнему времени максимальную цифру посевов С., необходимо отметить, что США достигли такого положения в результате 20-летней работы. В СССР на ближайшие годы проектируется до 1,5 млн. га, что свидетельствует о более высоких темпах в СССР. Основными районами посеяния в СССР признаны: ДВК, Украина (лесостепь и сев. степь), С. Кавказ и Закавказье; районами второго порядка—ЦЧО, Средняя и Нижняя Волга.

Соя обладает рядом ценных качеств, чем и объясняется исключительное внимание к ней со стороны советского правительства. Главное достоинство сои как полевой культуры то, что она обладает изумительной способностью быстро акклиматизироваться. Будучи завезенной в СССР из Манчжурии (районы муссонного климата), она в условиях Сев. Кавказа и Украины, в зоне недостаточного увлажнения, сравнительно высоких t° и сухих ветров (районы Ростова, Ставрополя, Армавира и степи Украины), зарекомендовала себя как растение, сравнительно легко переносящее неблагоприятные природные условия. С. вынесла в 1930 г. борьбу с губительными «суховеями» на Сев. Кавказе, тогда как кукуруза, люцерна погибла. С. стойко перенесла эту засуху в самый разгар цветения и дала урожай в 9—10 ц/га. Весьма ценным свойством С. является ее морозоустойчивость в сравнении с целым рядом огородно-бахчевых и технических культур (хлопок, клеверина, подсолнечник и пр.). С. легко переносит после всходов t° —3°, отделяясь лег-

кими ожогами листьев, и быстро восстанавливает нормальное развитие. Однако низкая t° задерживает появление всходов, удлиняя тем самым вегетационный период растения, и вызывает нередко порчу семян до появления всходов. Вот почему не рекомендуется производить ранние посевы. Нормальным временем посева считается момент, когда t° почвы будет не ниже 10°. Поздние посевы способствуют сокращению вегетационного периода, но отдалают все же время уборки до глубокой осени. Влияние сроков посева на урожай зерна иллюстрируют следующие цифры (средние данные Кубанской с.-х. опытной станции за 4 г.): посев 15/IV—9,6 ц/га, посев 25/IV—9,2, посев 5/V—8,6, посев 15/V—11,1; посев 25/V—11,5, посев 5/VI—11,3 ц/га. С. при достаточном уходе и благоприятных климатич. условиях отличается сравнительно высокой урожайностью. Урожайность С. на Амурской, Сыйфуно-Уссурийской опытных станциях ДВК доходит до 14 ц/га и выше. В новых для С. районах Сев. Кавказа, Украины, ЦЧО, Средней и Нижней Волги урожай С. несколько ниже. Причин к тому несколько, а главная из них—отсутствие сортов С. для соответствующих климатических зон. В агрокультурном отношении С. представляет большой интерес. Основные достоинства культуры в том, что соя как бобовое растение является типичным азотособирателем (см. Бобовые). Этим самым С. обеспечивает запасы минерального азота для следующих в севообороте за С. культур. Наблюдения опытного поля Кентукки (США) показали, что урожай пшеницы после С. в среднем за 7 лет были 10 г/га, а после кукурузы 7,9 г/га. Вторым не менее важным преимуществом С. является ее сравнительная нетребовательность к богатству почвы и механич. составу. С. успешно произрастает на любых почвах за исключением солонцов. С. благодаря хорошо развитой корневой системе обладает способностью извлекать необходимые питательные вещества из глубоких слоев почвы, причем корневая система в погоне за питательными веществами уходит в почву на большую глубину. Отзывчива на фосфорнокислые удобрения и легко переводит в усвояемое состояние фосфорную к-ту фосфорита. В первое время после всходов С. очень медленно развивается и поэтому страдает от засоренности полей. Но после того как на растении образуется нормальная облиственность, С. прекрасно глушит сорную растительность, и вследствие этого поля после С. идут под следующую культуру в идеальном чистом виде. В период произрастания посевы С. нуждаются в уходе, но в большей степени, нежели подсолнечник, кукуруза, хлопок и пр. До настоящего времени С. возделывается гл. образ. как пропашная культура, однако при достаточной чистоте полей и наличии соответствующих культураторов представляется весьма эффективным сплошной посев такой, как для пшеницы, ячменя и других колосовых хлебов во многих районах СССР. Большим преимуществом С. перед такими культурами, как подсолнечник, кукуруза, клеверина, арахис, является то обстоятельство, что все процессы производства сои (посев, уход, уборка, обмолот) возможно в самый короткий срок механизировать, и тем самым С. станет одной из равноправных культур механизированного социалистич. сел. хозяйства СССР. Наконец по химич. составу продуктов (зерно, сено, жмых) С. выдвигается на видное

место среди целого ряда культур. Химический состав зерна по некоторым культурам представлен в табл. 1.

Табл. 1.—Химический состав зерна по культурам (в %).

Наименование культуры	Белковые вещества	Жиры	Углеводы	Клетчатка	Зола
Соя	39,1	18,7	25,8	5,2	4,8
Горох	22,5	1,6	53,7	5,4	2,8
Овес	10,3	4,8	58,2	10,3	3,1
Кукуруза	9,2	4,5	70,0	3,0	1,6
Пшеница	12,1	1,9	69,0	1,9	1,7

Из сопоставления этих данных можно судить о ценности зерна С. для целей питания и что по степени усвояемости белка и жира С. занимает одно из первых мест.

Н. Конов.

Использование соевых продуктов на корм.

Благодаря богатому содержанию в зерне белковых веществ С. представляет исключительный интерес для укрепления и пополнения белковых ресурсов нашего социалистич. животноводства. Зеленая масса С. может найти применение как кормовое средство в виде: 1) пастбища, 2) свежей зеленой подкормки, 3) сена и 4) силоса. Все эти соевые корма охотно поедаются животными. В частности американская практика рекомендует соевые пастбища для свиней и овец, зеленую свеженакошенную С. для подкормки крупного рогатого скота и его молодняка, сено как лучший зимний корм для всех видов животных (лошадей, свиней, коров, кроликов) и силос для коров и отчасти для свиней и овец. Силосовать зеленую С. следует в смеси с другими кормовыми травами, менее богатыми белками, напр. с кукурузой, сорго, суданкой или подсолнечником. Эти смеси дают прекрасный силаж. Для характеристики питательности и белковой ценности соевых кормов из зеленой массы приведем табл. 2 (И. С. Попова) сравнения соевого сена с люцерновым, клеверным и средним луговым.

Табл. 2.—Химический анализ сена.

Сорт сена	Переваримых веществ в %		Крахм. эквив.	Корм. единиц
	белка	безазот. веществ		
Соевое	8,5	36,3	27,0	45
Люцерновое	7,4	31,3	24,4	41
Клеверное	4,5	39,7	28,5	47
Луговое	3,2	37,8	23,7	39

В кормовом отношении имеют ценность также гуминовые остатки С. (солома и мякина), по питательности равные соответствующим кормам, но в 3—4 раза более богатые белком. Зерно С. дает следующие кормовые продукты: 1) дробленое или цельное зерно в сыром или вареном виде для свиней, овец и других животных, 2) муку соевую, довольно быстро прогоркающую и потому не имеющую перспектив как кормовое средство, 3) жмых и шрот, 4) молоко растительное — жидкий экстракт питательных веществ из зерна С., представляющий крайне интересный, но пока мало изученный продукт для выпойки и кормления им молодых животных (телят, поросят, ягнят) и птицы. Его состав весьма сильно варьирует в зависимости от способов его приготовления; для ориентировки можно привести анализ одного из образцов соевого молока: 8,87% сухого вещества, 5,13%

белка, 0,56% углеводов, 2,2% жира, 0,98% золы. Отсюда видна почти полная равноценность белковой питательности соевого молока коровьему. Затем упомянем еще кормовой продукт из зерна С. — соевый творог, представляющий собой осажденный различными способами протеин соевого молока в смеси с некоторыми другими питательными веществами. Влажный соевый творог издавна употребляется на откорм цыплят в Китае под названием «то-фу» и имеет для нашего крупного социалистич. птицеводства интерес как богатобелковый корм. Творог из С. поддается легко сушке и в виде сухого порошка очень удобен для введения в состав комбикорма. В корм тем или иным животным могут и д. б. использованы также отходы новых отраслей соевой индустрии, как то: шелуха (соевая оболочка с кусочками зерна), выжимки (размоченные и размятые зерна), остатки при производстве соевого молока и остатки после щелочной экстракции соевого белка в производстве соевого казеина.

Табл. 3.—Сравнительные данные соевого, подсолнечного и льняного жмыхов.

Сорт жмыха	Переваримых веществ в %		Крахм. эквив.	Корм. единиц
	белка	безазот. веществ		
Соевый	38,4	41,0	71,7	124
Подсолнечный . . .	30,5	41,9	68,5	114
Льняной	27,2	47,5	71,8	120

В табл. 3 приведены сравнительные данные химического анализа соевого жмыха с подсолнечным и льняным жмыхами.

А. Преве.

Переработка соевых бобов. Соевые бобы отличаются от всех других бобовых растений высоким содержанием жира и белков и весьма низким содержанием крахмала. Химический состав наиболее распространенных сортов соевых бобов колеблется в следующих пределах: 32—42% белковых веществ, 15—21,5% жиров, 20—32% углеводов, 3—5,4% клетчатки, 4,2—6,3% золы, 8—14% воды (нормально). По Осборну и Кемпбеллу в С. содержится из белков гл. обр. глобулин и глицинин, затем ок. 0,5% леугемелина, близкого по свойствам к альбумину, и кроме того небольшое количество протеозы. Глицинин благодаря своим свойствам, близким к казеину (гл. обр. свертыванию), носит название растительного казеина. Эта близость белков С. к молочному белку особенно ясно видна при рассмотрении аминокислот, полученных Осборном и Клеппом при гидролизе глицинина. Вышеуказанными исследователями получены из глицинина следующие аминокислоты (в %):

Глицин	0,97	Глутаминовая	
Аланин	не изоли-	к-та	19,46
	рован	Серин	не изоли-
Валин	0,63		рован
Лейцин	9,15	Аргинин	5,12
Фенилаланин	3,86	Гистидин	1,39
Пролин	3,78	Лизин	2,71
Аспарагин. к-та . . .	3,89	Триптофан . . .	присутствует

Белок С. является единственным полноценным растительным белком. Масло соевых бобов содержит: 15% пальмитиновой, 56% олеиновой, 19,2% линолевой и 4,8% линоленовой к-ты. Средние за один год константы рафинированного масла, полученные на одном маргаринном заводе в Гамбурге, следующие: уд. в. $D_{20}^{25}=0,9253$; $t_{заст.} 15^{\circ}$; кислотное число 0,21;

число омыления 194; иодное число (по Гюблю) 127; $t_{\text{пл}}$ жирных к-т 20°. Так обр. по иодному числу видно, что соевое масло д. б. отнесено к полувывсыхающим маслам. Соевые бобы содержат ок. 1,7% липоидов (лецитина). Безазотистые экстрактивные вещества, содержащиеся в бобах С. (в %):

Галактаны	4,86	Клетчатка	3,29
Органические кислоты	1,44	Неопред. гемипеллопозы	0,04
Пентозаны	4,94	Декстрин	3,14
Инвертный сахар	0,07	Воски, пигменты дубильных веществ (определенных по разности)	8,60
Сахароза	3,31		
Рафиноза	1,13		
Крахмал	0,50		

Так обр. характерной особенностью углеводов является то, что они содержат сравнительно мало крахмала. Зола соевых бобов сравнительно богата окисью калия и фосфорной к-той. В соевых бобах найдены следующие энзимы: липаза (см. *Жиры и масла*), *диастаз* (см.), протеолитический энзим, расщепляющий белки, и энзим уреазы (см. *Мочевина*). Соевые бобы по данным некоторых исследователей содержат витамин А, витамин В и витамин С (см. *Витамины*). Последний содержится в обыкновенной С. в незначительном количестве и довольно много в проросшей.

Использование бобов. Богатый состав соевых бобов делает возможным весьма многогранное использование этой культуры. Соевые бобы как в целом виде, так и в виде муки и крупы, а также в переработанном виде могут применяться в пищу в самых разнообразных пищевых продуктах. Выделенный белок С. может быть суррогатом молочного казеина, а вместе с маслом, липоидами, углеводами и золой—также и соевого молока и продуктов из него (предложение проф. Перова); масло как полувывсыхающее может применяться для технич. целей, а также в пищу людям; жмых и шрот С. идут на корм скоту; липоиды С. применяются вместо липоидов яичного желтка для фармацевтич. препаратов и в качестве эмульгирующего вещества в разных производствах. Большим препятствием к распространению С. как пищевого продукта служит неприятный вкус и запах ее, остающиеся в продуктах. В настоящее время удается как от неприятного вкуса, так и от запаха С. полностью освободить и получить доброкачественные по вкусу продукты.

Дезодорирование как цельных бобов, так и шелушенных, а также и муки хорошо разработано в СССР и в З. Европе. Из этих способов наибольшее значение имеют: способ Берцеллера (Ам. П. 1509076/24), способ проф. Перова (Ин-т сои), способ Бергарда (Пищевой ин-т) и способ Тауссена (Ин-т зерна). Очень интересен спиртовой способ Перова, дающий исключительные по качеству муки результаты. Перов обрабатывает муку парами спирта в течение короткого времени: мука получает приятный освежающий вкус с очень приятным слабым ароматом ореха и обладает прекрасной усвояемостью. Дезодорированная при нагревании мука в отличие от сырой может сохраняться более или менее продолжительное время.

Соевая мука находит применение в кулинарном деле, а также в колбасном производстве, где частично заменяет мясо. Соевая крупа получается обработкой парами воды так же, как и мука. Соевое молоко с древних времен применяют в Китае и Японии. Это молоко в том виде, в каком его изготавливают в Китае, из-за своего специфического привкуса не может применяться в Европе. Для технич. целей, а также для приготовления творога китайский метод получения молока дает хорошие результаты. В настоящее время разработаны методы дезодорирования молока и такой вполне приемлемый

для вкуса европейцев продукт изготавливается в Европе. В СССР приемлемые рецепты молока разработаны Харьковской лабораторией Ин-та сои и Харьковским ин-том питания. Соевое молоко может применяться в кондитерской промышленности, где полностью заменяет коровье молоко, в общественном питании, для откорма животных, при производстве маргарина и т. д. Как таковое в переработанном виде может идти в пищу людям как хороший легко усвояемый питательный напиток. Вкус его значительно приближается к вкусу коровьего молока при прибавлении незначительных количеств диацитила или ацетилметилкарбинола. Главнейшие составные части соевого молока (не сдобренного): ок. 1,2% жира, 3% белков, 0,8% углеводов и 0,5% золы. Соевое молоко м. б. сдобрено прибавлением масла (напр. гидрогенизированного соевого масла), сахара и т. д. Из соевого молока можно готовить кефир, простоквашу и сгущенное молоко как с сахаром, так и без него. Кроме того из соевого молока можно готовить сыры, соответствующие сырам из коровьего молока. Харьковским отделением Ин-та сои выработаны способы получения соевого творога («то-фу»), дающие продукт без характерного привкуса С., который может заменить творог из коровьего молока. Этот продукт получается особенно приятным на вкус, если при его производстве прибавить для аромата небольшое количество коровьего молока или весьма незначительное количество диацитила.

На современных заводах соевое масло получают гл. образом при помощи экстракции (см. *Маслоэкстракционное производство*), хотя еще довольно значительную часть получают на открытых англо-америк. прессах, а в США даже на экспеллерах (прессах Андерсена). Соевое масло является полувывсыхающим маслом и может применяться или вместо льняного масла или в смеси с ним. Рафинированное соевое масло применяют в пищу, в маргариновом производстве, в мыловаренной промышленности. Соевое масло дает хорошие жидкие мыла, а в твердых мылах оно дает в первые дни после разрезания мыла несколько клейкую поверхность. Рафинированное соевое масло получают в общем теми же методами, что и другие масла. Соевые жмых и шрот вследствие высокого содержания белков, до 48%, высоко расцениваются как корм для скота. Кроме того шрот вследствие высокого содержания азота, фосфора и калия применяют как удобрение для полей. Из шрота после экстракции масла получают липоиды, а также казеин. Жмых и шрот могут применяться и в пищу людям как добавление к хлебу, бисквитам и т. д. Хлеб получается сравнительно мало пористый. Липоиды С. в настоящее время в З. Европе б. ч. получают по способу Больмана. Нек-рое распространение имеет патент Гильдебранда (Г. П. 304889 и 315941) на получение липоидов из шелухи С. В данном случае имеется в виду получение из зародышей, к-рые особенно богаты липоидами. Резниченко и Попова в Ин-те сои разработали метод одновременного извлечения масла и липоидов из соевой крупки путем одновременной экстракции смесью винного спирта и бензина ($t_{\text{кип}}$ ок. 80°). Липоиды С. находят большее применение в качестве эмульгатора. Выход липоидов (считая на 100% продуктов) ок. 1,5%. Белок С., растительный казеин, получается по способу, разработанному Перовым и Дьяченко в Ин-те сои

(авт. свид. 78160). Из С. после экстракции жира и липоидов извлекают казеин при помощи гидроксидов щелочноземельных металлов, а из раствора казеин осаждают при помощи к-т, солей или сычуга. Растительный казеин С. освобождается от дубильных, красящих и смолистых веществ как первоначальной обработкой бобов С. после экстракции, так и последующей обработкой казеина соответствующими приемами. При этом способе производства не происходит при сушке процесса дублиния казеина, и казеин обладает хорошей растворимостью в слабых щелочах, буре и фосфатах. Выход казеина 25—28% по весу бобов. Характеристика соевого и животного казеина дана в табл. 4.

Табл. 4.—Состав и свойства соевого и животного казеина.

Состав и свойства	Растительный казеин	Животный казеин
Вода	10,50%	не более 12,00%
Зола	3,51%	» 4%
Жир	0,0	» 1,5%
Азот	14,5	» 15,6%
Кислотность по Терверу	15,17°	» 100°
Растворимость в 3%-ном растворе буры	плохая	хорошая
Растворимость в 1,5%-ном растворе аммиака	хорошая	»

Клей, полученный из растительного казеина, по своим качествам мало уступает клею из животного казеина.

В консервном производстве может применяться недозревшая С. (метод Черевитинова). Это дает возможность продвинуть культуру С. для нужд консервного производства на север. Очень хорошие консервы получаются в комбинации с мясом и рыбой. С. в кулинарном деле заменяет разные крупы, муку и горох. Употребляя С., можно в значительной степени экономить на жирах и молоке. В настоящее время получают блюда, к-рые абсолютно удовлетворяют вкусу европейцев. Нек-рые затруднения представляет варка С.

По данным Дубинской и Александрова обычная варка С. длится ок. 3 ч. 45 мин. При повышении давления время варки сильно сокращается. При варке при полугатмосферном давлении, к-рое соответствует 111°, С. готова после варки в течение 55—60 мин., т. е. через 1 1/2 ч. от начала нагревания до вынимания. При 1 атм давления или при 1° 120,6° бобы, даже предварительно не замоченные, вполне готовы ужс через 15 мин., а со временем, идущим на нагревание до 120,6° и охлаждение до 100°,—ок. 50 мин. Дубинская и Александров рекомендуют для кулинарной обработки пользоваться только цельными бобами, а не мукой и крупной, т. к. цельные бобы дают прекрасные возможности для их использования и являются лучшими консервами, чем мука и крупа, а последние к тому же еще при нек-рых способах обработки обесцениваются в своем биологическом питательном значении. Большое значение должен иметь соевый творог («то-фу») для кулинарной обработки. В последнее время получают распространение соевые ростки. Ростки употребляют в пищу сырыми в виде салатов. Соевые соуса являются чрезвычайно распространенными, в одно и то же время и питательными и вкусовыми продуктами. По данным Хорвата в Японии изготовляют ежегодно 540—720 млн. л соуса. В Японии и Китае соевые соуса заменяют пряности, собственно соуса, подливки и т. д.; они чрезвычайно распространены в Европе.

Из соевых бобов при поджаривании получается суррогат кофе. Это кофе довольно распространено как в СССР, так и в Европе и США. Кофе получается довольно хорошего вкуса, весьма питательное, но со слабой окраской и небольшим количеством растворимых веществ. Состав соевого кофе из гундибуинских семян С.: 4,5% воды, 41,4% белковых веществ, 22,5% жира, 5,5% золы, 30,4% растворимых веществ. Обыкновенно применяют соевое кофе

в смеси с цикорием. Поджаренные соевые бобы находят применение как суррогат какао-бобов, миндаля, лесных орехов и фундуков в кондитерском производстве. Недостаточное количество масла в соевых бобах покрывается извне лучше всего гидрированными маслами, которые пужно дать с такой температурой плавления (но не выше 37°), чтобы общая температура плавления жира в изделии была около 30°.

Б. Голант.

Лит.: Попов В., Соевые бобы и сырьевая проблема мировой промышленности, М., 1927; Гольцев П., Что надо знать о сое, М., 1930; Митаревский А., Соевые бобы или соя, М., 1929; Шпакровский В., Соевые бобы, их значение, культура и использование, Владивосток, 1926; Туликowa Г. П., Соя, Ленинград, 1930; Савич И. Н., Соевые бобы в Приморье, Владивосток, 1929; ОСТ 1334, М., 1930; Ларичков И. В. и Юнов, Химический состав соевых бобов в условиях культуры в среднем Поволжье, «Маслободно-живное дело», М., 1930; Бордаков П. П., Соя на Украине, Москва, 1929; Морозов Н. И., Химия соевых бобов, «Вестник Манчжурии», Харбин, 1926; Давидсон И., Отбелка масел отбелыми землями, «Маслободно-живное дело», М., 1926; Гавриченко И., Экстрагирование бобов сои на маслоэкстракционном з-де в Крайотине, «Маслободно-живное дело», М., 1929; Голант Б. и Ефремов В., Использование соевых бобов в пищевой промышленности, «Пищевая промышленность», Москва, 1929; Малайревский Т. И., Молоко и сыр из соевых бобов, «Вестник Манчжурии», Харбин, 1928; е го же, Приготовление китайской сои в С. Манчжурии, там же, 1927; Пенев Н., Об использовании шрота, «Маслободно-живное дело», М., 1930; Паллади Н. В., Способы получения соевого технического белка «казеина» и использование его для приготовления клея, М., 1933; Piper C. V., A. Morse W. J., The Soybean, N. Y., 1923; Li-Yu-Ying et Grandoignon et, La soja, sa culture, ses usages alimentaires, therapeutiques, agricoles et industriels, P., 1912; Ubbelohde Handbuch d. Chemie u. Technologie d. Oele u. Fette, Leipzig, 1926—29; Winkler, Die Sojabohne, Mankur bei Frankfurt a/M., 1915; Grunwald M., Verwendung der Sojabohnen, «Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen», 1930; Neumann H., Die Sojabohne, «Allgemeine Fett-u. Oelzeitung», В., 1929; Street J. P., Bailey E. M., The Carbohydrates a. the Enzymes of the Soybean, «J. Eng. Chem.», 1915; Такауама, Utilization of the Soybean, «Journal of the Society of Chemical Industry», Tokyo, 1928; Такауама, Utilization of the Soybean, ibid., 1930; Hornemann G., Ueber Witamingehalt d. Sojabohne, «Zeitschrift f. Untersuchung d. Nahrungs u. Genussmittel», Berlin, 1925; Shimoda Harada, Fermentation of the Soybeanmeal, «Journal of the China Society of the Chemical Industry», 1929.

Б. Голант, А. Преве, К. Комов.

СПАД, понижение уровня воды в открытых каналах или руслах, которое наблюдается при увеличении кинетич. энергии жидкости вдоль русла и представляет собою частный случай неравномерного движения жидкости в открытых каналах или руслах. Кривая линия свободной поверхности воды на продольном профиле реки или канала, получающаяся при спаде, носит название кривой С. Определение кривой спада и нахождение отметок точек свободной поверхности при С. имеет большое технич. значение. Ур-ие кривой С. в каждом данном случае м. б. получено из общего ур-ия неравномерного движения жидкости в открытых руслах. В дифференциальной форме это ур-ие имеет вид:

$$i = \frac{dy}{ds} = \alpha \frac{d}{ds} \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^2}{c^2 R},$$

где i —уклон свободной поверхности жидкости; y —ордината точки свободной поверхности от нек-рой плоскости сравнения; s —длина канала или русла от некоторой начальной точки; v —средняя скорость движения жидкости в рассматриваемом сечении канала; R —гидравлический радиус рассматриваемого сечения канала; c —коэф. ф-лы Шези; α —коэф., вводимый в ф-лу за счет вычисления количества движения по средней скорости; g —ускорение силы тяжести. Если в этом ур-ии исключить переменные y и v и вместо них ввести новые: h —глубину воды

в канале и ω —живое сечение потока жидкости, то ур-ие получит вид:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i_0 \frac{Q^2}{c^2 \omega^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{B}{\omega^3}};$$

здесь Q —расход воды; B —ширина канала поверху в рассматриваемом сечении; i_0 —уклон свободной поверхности воды в канале, к-рый имеет место при равномерном движении того же количества жидкости в том же канале; остальные величины имеют прежние значения. Последнее ур-ие м. б. представлено в более удобной форме путем введения условий равномерного движения и критич. условий. Гидравлич. элементы канала (гидравлич. радиус R_0 , живое сечение ω_0 , уклон i_0 , коэф. ф-лы Шези c_0), к-рые получились бы в канале, если бы то же количество воды, что и при данном неравномерном режиме, протекло по каналу равномерно, и составляют условия равномерного движения. Критич. условия получаются в канале тогда, когда протекающая по каналу жидкость имеет наименьшую удельную энергию. Удельная энергия жидкости относительно дна канала м. б. выражена так:

$$E = h + \frac{v_0^2}{2g} + \alpha \frac{v_0^2}{2g} = h + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2};$$

минимум величины E соответствует критич. глубине $h_{кр.}$, критич. живому сечению $\omega_{кр.}$, критич. ширине поверху $B_{кр.}$. Т. о. гидравлич. элементы канала называются критическими, если протекающая по каналу жидкость несет в себе минимум удельной энергии. Условие минимума величины E дает соотношение:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_{кр.}^3}{B_{кр.}}$$

из которого при данном расходе Q можно определить критич. глубину воды в канале. Вводя указанные условия, получаем ур-ие неравномерного движения в следующем виде:

$$\frac{dh}{ds} = i_0 \frac{1 - \frac{c_0^2 \omega_0^2 R_0^2}{c^2 \omega^2 R^2}}{1 - \left(\frac{\omega_{кр.}}{\omega}\right)^3 \frac{B}{B_{кр.}}}$$

Ур-ие можно еще упростить, если ввести модуль расхода при данном неравномерном движении $K = c\omega\sqrt{R}$ и модуль расхода при равномерном движении $K_p = c_0\omega_0\sqrt{R_0}$; тогда уравнение получит вид:

$$\frac{dh}{ds} = i_0 \frac{1 - \left(\frac{K_0}{K}\right)^2}{1 - j \cdot \left(\frac{K_0}{K}\right)^2};$$

здесь $j = \frac{\alpha c^2 i_0}{g} \frac{B}{\chi}$, где χ —смоченный периметр в сечении канала. Интеграл этого уравнения дает уравнение кривой свободной поверхности при различных случаях неравномерного движения жидкости.

Если принять, что поперечное сечение канала представляет собою прямоугольник, ширина к-рого не меняется по длине канала, что гидравлич. радиус R равен глубине h воды в сечении и $c = c_0$, то дифференциальное ур-ие неравномерного движения представится в виде:

$$\frac{dh}{ds} = i_0 \frac{h^2 - h_0^2}{h^3 - h_{кр.}^3}$$

Интеграл этого ур-ия, данный Брессом в виде

$$\frac{i_0 L}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - \left(1 - \frac{\alpha c_0^2 i_0}{g}\right) [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)],$$

может служить для построения кривой S . В этом ур-ии L —расстояние между двумя рассматриваемыми сечениями канала, глубины воды в которых соответственно равны h_1 и h_2 .

Величины $\eta_1 = \frac{h_1}{h_0}$ и $\eta_2 = \frac{h_2}{h_0}$ представляют собою отношения глубин воды в рассматриваемых сечениях к глубине равномерного движения; $\varphi(\eta)$ представляет собою ф-ию Бресса, получающуюся при интегрировании. Значения $\varphi(\eta)$ определяются по данному η по специальным таблицам, и обратно η —по $\varphi(\eta)$. Ф-ия Бресса выражается так:

$$\varphi(\eta) = \frac{1}{6} \ln \frac{(\eta-1)^2}{\eta^2 + \eta + 1} + \frac{1}{\sqrt{3}} \arctg \frac{2\eta + 1}{\sqrt{3}}$$

Если принять, что поперечное сечение канала представляет собою параболу с вертикальной осью и с постоянным параметром по длине канала, смоченный периметр равен B , а следовательно $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{2/3 B h}{B} = \frac{2}{3} h$, и $c = c_0$,—то дифференциальное уравнение неравномерного движения представится в виде:

$$\frac{dh}{ds} = i_0 \frac{h^4 - h_0^4}{h^4 - h_{кр.}^4}$$

Интеграл этого ур-ия, данный Толкмиттом для кривых S , имеет вид:

$$\frac{i_0 L}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - \left(1 - \frac{\alpha c_0^2 i_0}{g}\right) [\psi_1(\eta_2) - \psi_1(\eta_1)].$$

Ф-ия $\psi_1(\eta)$ представляет собою ф-ию Толкмитта для кривых S :

$$\psi_1(\eta) = \frac{1}{4} \ln \frac{\eta+1}{\eta-1} + \frac{1}{2} \arctg \eta.$$

Для пользования уравнением Толкмитта составлены особые таблицы, как и для уравнения Бресса. Уравнения Бресса и Толкмитта получены для кривых S в предположении русла правильной формы с поперечным сечением в виде прямоугольника или параболы.

Пользуясь методом Бахметева и введенным Павловским понятием гидравлич. показателя русла, можно проинтегрировать дифференциальное ур-ие неравномерного движения для русла с поперечным сечением любой формы. Кроме того метод Бахметева учитывает и разницу в коэф-тах c и c_0 . Полагая, что отношение квадратов двух модулей расхода при двух различных движениях одного и того же количества воды в канале равняется отношению глубин воды при этих же движениях в канале в некоторой степени x , получаем следующее соотношение:

$$\left(\frac{K_1}{K_2}\right)^2 = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^x;$$

здесь x называется гидравлич. показателем русла. Гидравлич. показатель русла м. б. определен, если знать какие-нибудь два условия течения воды в канале, напр. равномерное и критическое. Тогда

$$x = \frac{2 \lg \left(\frac{K_1}{K_2}\right)}{\lg \left(\frac{h_1}{h_2}\right)}$$

В случае, если известны размеры нескольких сечений, то гидравлич. показатель русла м. б. найден по графику, на оси абсцисс которого откладывают $\lg \left(\frac{h_1}{h_0}\right)$, а на оси ординат $\lg \left(\frac{K_1}{K_0}\right)$. Удвоенный тангенс угла наклона прямой, построенной по точкам, даст гидравлич. показатель x данного русла. Имея указанное соот-

ношение, мы можем представить дифференциальное уравнение неравномерного движения в виде:

$$i_0 ds = \left(\frac{h}{h_0} \right)^x - j \frac{dh}{\left(\frac{h}{h_0} \right)^x - 1}$$

или же

$$i_0 ds = \frac{\eta^x - j}{\eta^x - 1} dx.$$

Уравнение неравномерного движения приведено к этому виду и затем представлено в интегральной форме Бахметевым. Интеграл имеет вид:

$$\frac{i_0 L}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1-j)[B(\eta_2) - B(\eta_1)];$$

обозначения те же. Ф-ия Бахметева д. б. определена для каждого показателя русла x :

$$B(\eta) = \int \frac{d\eta}{1-\eta^x}.$$

Для практич. вычислений имеются таблицы, составленные для следующих показателей: $x = 2,00; 2,50; 3,00; 3,25; 3,50; 3,75; 4,00; 4,50; 5,00$ и $5,50$. Для других гидравлич. показателей русла значения ф-ии $B(\eta)$ можно получать путем интерполяции. Величину $j = \frac{ac^2 i_0}{g} \cdot \frac{B}{\chi}$, входящую в уравнение Бахметева, вычисляют по средним значениям c , B и χ на данном участке:

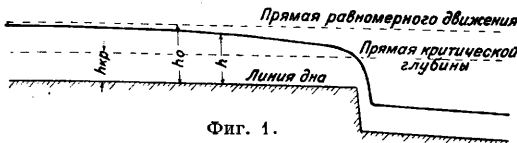
$$c = \frac{c_1 + c_2}{2}; B = \frac{B_1 + B_2}{2} \text{ и } \chi = \frac{\chi_1 + \chi_2}{2}.$$

Т. о. кривая S . всегда м. б. построена по точкам с желаемой степенью точности.

Т. к. при спаде кинетич. энергия по длине канала увеличивается, то глубина воды уменьшается, а следовательно величина $\frac{dh}{ds}$ д. б. отрицательной. Из ур-ия

$$\frac{dh}{ds} = i_0 \frac{h^x - h_0^x}{h^x - h_{кр}^x}$$

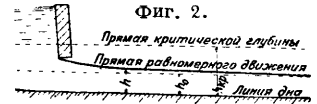
видно, что $\frac{dh}{ds}$ будет отрицательным в двух случаях: когда $h_{кр} < h < h_0$ и когда $h_0 < h < h_{кр}$, т. е. S . имеет место, когда глубина воды в сечении канала при неравномерном движении находится в промежутке между глубиной равномерного движения и критич. глубиной. В первом случае, когда $h_{кр} < h < h_0$, кривая S . выпуклая. Вверх по течению кривая S . асимптотически приближается к прямой равномерного движения, а вниз по течению, когда глубина h , уменьшаясь, доходит до величины $h_{кр}$, кривая S . имеет вертикальную касательную.



Фиг. 1.

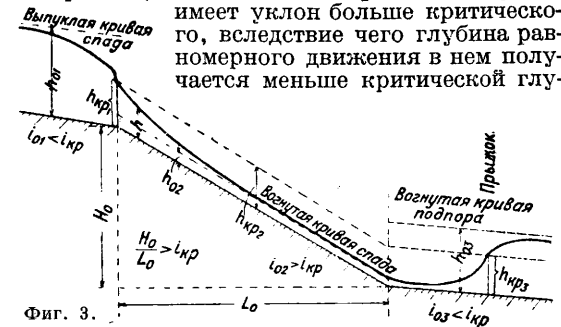
Здесь имеет место водопад. На фиг. 1 показан этот случай неравномерного движения; ясно, что такой вид движения получается тогда, когда вниз по течению имеется перепад. При вычислении отметок свободной поверхности можно исходить из следующих положений. Над перепадом или на пороге водослива должна получиться критич. глубина, которую можно вычислить, зная расход воды в канале. Также можно вычислить и глубину равномерного движения. Зная глубину на пороге водослива в начале водопада, можно найти сколько угодно точек кривой S . вверх по течению, пользуясь одним из трех указанных ур-ий (Бресса,

Толкмита или Бахметева). Практически считают, что кривая кончилась там, где разность $h_0 - h$ весьма мала, напр. равна 1 см , или где η — весьма близка к единице, например $\eta = 0,98$. Во втором случае, когда $h_0 < h < h_{кр}$, кривая S . — вогнутая. Здесь, наоборот, кривая, опускающаяся вниз по течению, асимптотически приближается к прямой равномерного движения, начинаясь сверху по течению от какой-нибудь глубины, определяемой отверстием сооружения, из которого вода вытекает, или же начинаясь от критич. глубины. Такой случай неравномерного движения получается при вытекании из под шита в лоток с крутым уклоном, большим критич. уклона для данного канала. На фиг. 2 показан пример такого движения. Случай вогнутой кривой S . имеет место также на лотке быстрого тока, как это видно из фиг. 3. Быстроток имеет уклон больше критического, вследствие чего глубина равномерного движения в нем получается меньше критической гл-



Фиг. 2.

Т. к. при спаде кинетич. энергия по длине канала увеличивается, то глубина воды уменьшается, а следовательно величина $\frac{dh}{ds}$ д. б. отрицательной. Из ур-ия



Фиг. 3.

бины. Так как при устройстве быстрого тока два канала с уклонами, меньшими критического, в которых глубины равномерных движений более критической глубины, сопрягаются лотком с крутым уклоном, большим критического, то в начале лотка быстрого тока получается критическая глубина, являющаяся концом выпуклой кривой S . в первом канале и дающая начало вогнутой кривой S . на лотке быстрого тока. В конце лотка вследствие перехода в канал с малым уклоном вогнутая кривая S . (если она не успела еще закончиться) переходит в вогнутую кривую подпора, заканчивающуюся прыжком воды (см.). Прыжок воды м. б. при желании уничтожен путем надвижения воды третьего канала на лоток быстрого тока. Можно отметить, что во всех тех случаях, когда уклон канала менее критического, а значит и глубина равномерного движения более критич. глубины, при т. н. спокойном течении, получается выпуклая кривая S . и наоборот, когда уклон канала более критического, а значит и глубина равномерного движения менее критич. глубины, при т. н. бурном течении, получается вогнутая кривая S .

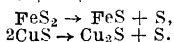
Лит.: Бахметев Б., О неравномерном движении жидкости в открытом русле, Л., 1932; Ахутин А., Рабочая книга по специальному курсу гидравлики, М.—Л., 1931; Павловский И. Н., Учебный гидравлич. справочник, Л., 1931; Справочник для инженеров строительной специальности, Москва, 1928; Вальки Д., Energie-Umwandlungen in Flüssigkeiten, Berlin, 1921; Forchheimer Ph., Hydraulik, 3 Auflage, Leipzig—Berlin, 1930; Schoklitsch S., Der Wasserbau, T. 1, Wien, 1930. В. Брилинг.

СПАЙНОСТЬ, см. Кристаллография.

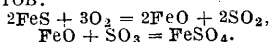
СПЕНАНИЕ, агломерация (в металлургии), процесс получения из порошкообразных веществ достаточно твердых и пористых кусков

неправильной формы путем нагревания до размягчения материала (до С.). С. может происходить: а) путем непосредственного С. отдельных частиц руды друг с другом; б) путем образования легкоплавких силикатов, связывающих подобно цементу частицы мелкой руды. К спекаемой руде м. б. в обоих случаях в известных пределах примешаны и такие вещества, к-рые сами по себе не пригодны для С., как напр. пыль из дымоходов. При агломерировании инертных материалов к шихте необходимо примешивать топливо. Спекание сульфидных руд или концентратов происходит за счет тепла от горения серы. Тепло извне требуется лишь для подогрева сульфидов до температуры воспламенения.

С. имеет целью физич. изменение рыхлой массы мелкой руды; однако при С. неизбежны и химич. преобразования: так, при наличии серы мы имеем сочетание процесса обжига со С. При агломерировании обжиге следует избегать получения высших окислов металлов, т. к. для их восстановления или шлакообразования требуется более высокая t° . Химич. процессы, имеющие место при агломерирующем обжиге сульфидных руд и концентратов, состоят из реакций термической диссоциации пиритов и образования сульфатов и окислов. Термическая диссоциация сульфидов зависит от t° и парциального давления паров серы. Чем выше t° и менее парциальное давление, тем интенсивнее идет диссоциация:



Сублимировавшаяся сера, окисляясь кислородом воздуха, переходит в SO_2 , сульфиды же — в сульфаты; SO_3 также способствует образованию сульфатов:



Сульфаты, распадаясь в свою очередь, образуют основные сульфаты, к-рые при повышении t° переходят в окиси металлов.

С. играет большую роль в ряде металлургич. производств. В свинцово-плавильном производстве исходным материалом является тонкоизмельченный свинцовый концентрат. Цель С.: перевести последний в крупнокусковое состояние, в продукт, обладающий достаточной прочностью, чтобы не раздавливаться в печи, и пористостью для обеспечения нормального протекания термич. и химических (восстановительных) процессов. В цинко-дистилляционном производстве [выплавка цинка происходит в горизонтально расположенных небольшой емкости (60—100 кг) ретортах] к агломерату предъявляются лишь требования в отношении пористости. Агломерирование флотационного цинкового концентрата имеет целью: максимальный выжиг серы, уменьшение потерь на пыление при транспортировке и загрузке, избежание расслаивания шихты и облегчение процесса восстановления. Измельченный агломерат, размерами в горошек, хорошо смешанный с антрацитовым штыбом, достаточно порист и легко проникаем для окиси углерода, являющейся основным восстановителем окиси цинка. В доменном производстве С. применяется для пылевой мелкокусковой руды, непосредственная переработка которой в домне представляется невозможной. Керченский металлургический завод основан на агломерировании мелкокусковой руды. Колчеданные огарки сернокислотного производства также

представляют прекрасное сырье для доменного производства. При агломерирующем обжиге огарок теряет остатки серы и спекается в прочный, пористый, легко восстанавливаемый окисью углерода, продукт. Предварительное агломерирование шихты применяется также при получении карбид-кальция, глиноземистых шлаков и других продуктов в дуговых электрических печах для уменьшения пылеобразования и потерь исходных материалов. Всевозможные отходы производства, как раймовка от цинко-дистилляционных печей, кэки электролитич. цинковых заводов, пыль, получаемая в газаходах и пылеуловителях при выплавке свинца, цинка, меди и чугуна, и ряд других сыпучих пылеватых материалов подвергаются предварительному С. для дальнейшей их переработки. С. применяется также в тех случаях, когда в результате химич. реакций взаимодействия между твердыми компонентами шихты получается новый продукт иного химического состава. Примером может служить получение алюмината натрия при извлечении глинозема из бокситов. Боксит смешивается с содой и известью и подвергается агломерирующему обжигу при 1100° во вращающейся барабанной печи. Получаются силикат кальция и алюминат и феррит натрия.

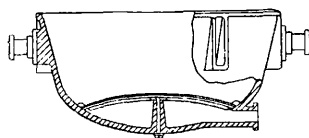
Приготовление шихты. При составлении шихты для С. необходимо иметь в виду характер последующей металлургич. переработки агломерата. Если агломерат идет в шахтную печь, шихта д. б. рассчитана таким образом, чтобы без добавочных флюсов получились бы легкоплавкие шлаки. Прибавление кварцита или известняка оказывает полезное действие, разрыхляя шихту. Кроме того, диссоциируя, они оставляют каналы, облегчающие проникновение газов в шихту как при самом С., так и при дальнейших восстановительных процессах. Прибавление гранулированного шлака способствует С. Шихта увлажняется до 5—8% влаги. Последняя способствует С., улучшает механич. свойства агломерата и уменьшает потери на пылеобразование при сильном дутье. Испаряясь, влага делает шихту пористой. Влага замедляет быстрый нагрев шихты и препятствует слишком интенсивному ходу окислительных реакций; чем больше серы находится в шихте, тем более необходимо увлажнять последнюю; количество остающейся в агломерате серы зависит от состава шихты и характера дутья. Если материал не содержит серы, к шихте примешивают 5—10% твердого топлива для обеспечения необходимой для спекания t° .

Смешивание шихты. Перемешивание является важным фактором, влияющим на качество агломерата. Перемешивание вручную слоями в настоящее время применяется редко. Механическое перемешивание производится на специальных ленточных смесителях, *дезинтеграторах* (см.), шихтосмесителях Рапса и др. Шихта с ленточного смесителя поступает в дезинтегратор, где она окончательно перемешивается и дробится до получения однообразного размера частиц. Шихтосмеситель Рапса представляет конич. барабан емкостью в 15 м^3 , вращающийся вокруг горизонтальной оси. Внутри барабана приделаны лопасти, перемешивающие при вращении шихту. Как загрузка, так и выгрузка шихты производится через малое отверстие конуса. Загрузка барабан, дают ему вращение в одном направлении; через нек-рое время

его начинают вращать в обратную сторону. Длительность одной операции перемешивания 20—25 мин.

Аппараты для С. бывают периодич. и непрерывного действия. К первым относятся агломерационные котлы Гентингтона-Хеберлейна (Huntington-Heberlein) и решетка Гриневальта (Greenawalt). Ко вторым относятся: круглая машина Шлинненбаха, ленточный дуайт-ллойд и цилиндрич. вращающиеся печи. Агломерационные котлы работают с нагнетательным дутьем; на решетке Гриневальта, машине Шлинненбаха и дуайт-ллойде воздух просасывается через шихту.

Агломерационные котлы, или конвертеры, имеют конич. или полушаровидную форму диам. $1,0 \div 3,0$ м. Большие котлы делаются стационарными (фиг. 1), малые—передвижными на колесах (фиг. 2). Котлы отливаются из чугуна и покоятся на цапфах, расположенных немного выше центра тяжести наполненного котла. При вращении котла готовый агломерат вываливается. Иногда котлы переносятся кранами к месту разбивки агломерата и там опорожняются. Воздух нагнетается снизу под кольцевую решетку а. Отверстия в решетке делаются $9 \div 18$ мм. Для избежания быстрого засорения отверстия делаются конич. Над котлом устанавливается коппак для отвода газов, соединенный с газоотсасывающей установкой; коппак может подниматься и опускаться. Перед загрузкой на решетку кладут слой известняка. Затем растапливают дровами

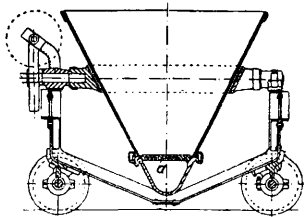


Фиг. 1.

и коксом и начинать загрузку шихту. Давление дутья повышают постепенно от 10 до 60 см водяного столба. Количество воздуха,

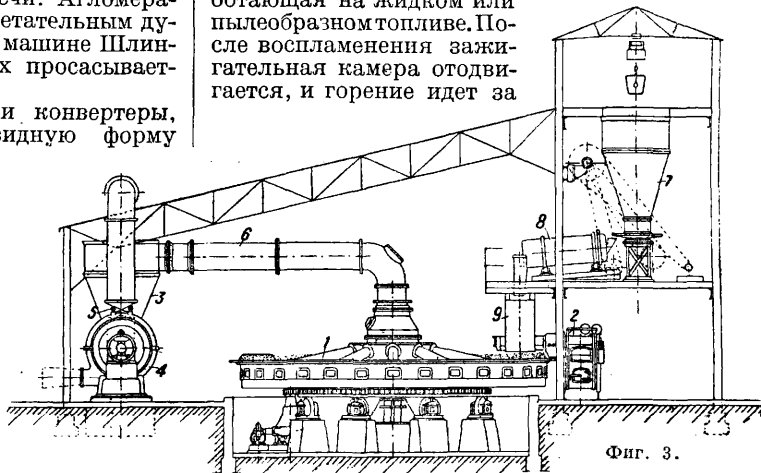
нагнетаемого в котел, колеблется от 30 до $60 \text{ м}^3/\text{мин}$. За одну операцию (8—12 час.) перерабатывается 1,5—15 т. Мелочи получается от 10 до 30%; при агломерировании предварительно обожженного сульфидного материала остается 1—2% серы. Основные недостатки работы на котлах: 1) периодичность процесса; 2) потери давления дутья для преодоления сопротивления при прохождении воздуха через нижние слои агломерата; 3) затруднения при разбивке крупного агломерата и получение пыли; 4) невозможность регулирования процесса на ходу; 5) неравномерное распределение температуры (высокая по середине, низкая по краям); 6) большое количество не спекшейся шихты, получаемой главным образом в верхней части котла.

Применение решетки Гриневальта устранило некр-ые из указанных выше недостатков. При просасывании воздуха через шихту распределение его делается более равномерным, т. к.



Фиг. 2.

сама шихта является распределителем дутья; при высоте засыпки, не превышающей 25 см, шихта скоро нагревается, агломерируется и тут же охлаждается; пылеобразование уменьшается. Процессы полностью механизуются. Аппарат состоит из собственно решетки и воздушной коробки под ней; шихта загружается порциями на решетку, после чего на последнюю надвигается зажимательная камера, работающая на жидком или пылеобразном топливе. После воспламенения зажимательная камера отодвигается, и горение идет за



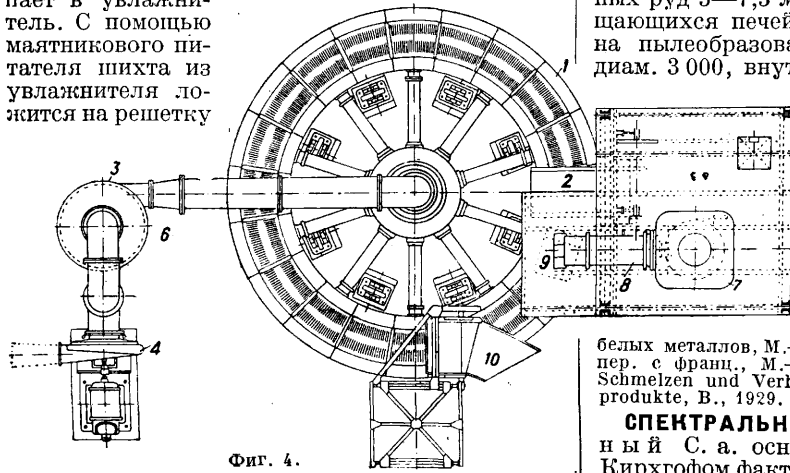
Фиг. 3.

счет воздуха, просасываемого через шихту. По окончании процесса решетка опрокидывается, и готовый агломерат вываливается. Основной недостаток работы с решеткой Гриневальта—периодичность—устранен на спекательных машинах непрерывного действия. По конструкции эти машины делятся на круглые, кольцеобразные, машины Шлинненбаха и ленточные машины Дуайт-Ллойда.

Круглая машина Шлинненбаха (фиг. 3—боковой вид, фиг. 4—план) состоит из кольцеобразного вращающегося жолоба 1 с решетчатым дном; значение цифр: 2—зажимательная печь, 3—пылесадители, 4—вентилятор, 5—шибер, 6—трубопровод к эксгаустеру, 7—загрузочная воронка, 8—смеситель и увлажнитель, 9—воронка, 10—«плуг» (сосостоящая чугунная пластинка в виде лемеха плуга) для отделения спекшегося материала и разбивки его на куски. Ширина кольца 0,75 м. Под решеткой имеется кольцевая камера, состоящая из отдельных секций числом до 30. Каждая секция радиальной трубой присоединена к центральному полю вертикальному валу, соединенному с эксгаустером. Весь аппарат вращается вокруг вертикальной оси. Средний диам. машины 5 или 8 м. Производительность 50 т за 24 ч. Число эксгаустеров 3: один от зажимательной камеры, второй для отбора газов, богатых содержанием SO_2 , третий для отвода газов, бедных SO_2 . Благодаря своей герметичности этот аппарат нашел применение гл. обр. в Европе для обжига со спеканием сульфидных цинковых и свинцовых концентратов. Основной его недостаток: небольшая производительность и большие размеры занимаемой им площади.

Ленточный дуайт-ллойд представляет транспортер, состоящий из небольших кареток, называемых п а л л е т а м и. Длина каретки, равная ширине ленты, составляет 0,75—1,0 м, ширина паллеты 50—60 см. Дно паллеты решетчатое. Под паллетами находится камера, соединенная с эксгаустером. Воздух просасывается

через шихту. Последняя из шихтосмесителя попадает в питающий бункер, из которого она поступает в увлажнитель. С помощью маятникового питателя шихта из увлажнителя ложится на решетку



Фиг. 4.

слоем в 10—12 см. При движении ленты паллеты постепенно проходят под зажигательной печью и над камерой для отсоса газов. В конце ленты паллета отрывается по кривой вниз, причем агломерат вываливается в подставленную вагонетку. Производительность этой машины в зависимости от перерабатываемого материала колеблется в довольно широких пределах; самые мощные аппараты выпускают за 24 ч. 150 т и больше агломерата, причем работа полностью механизирована; количество мелочи не превышает 10%. Отбор богатых SO_2 газов при агломерации сульфидных руд затруднителен из-за большого числа неплотностей.

Спекательные машины непрерывного действия за последние годы быстро внедряются в ряде металлургических и химич. производств. В СССР такие агрегаты установлены: на Константиновском (Донбасс) цинко-дистилляционном заводе для агломерирующего обжига цинковых концентратов; на Риддерском (Алтай) свинцовоплавильном з-де; на Керченском металлургическом з-де для С. мелкой железной руды. На всех указанных з-дах установлены ленточные машины Дуайт-Ллойда. На Беловском (Зап. Сибирь) цинко-дистилляционном заводе установлена круглая машина Шлиннебаха. Кроме того машины Дуайт-Ллойда предполагается установить на ряде новых заводов.

Вращающиеся печи. В отличие от прочих спекательных аппаратов, в к-рых материал находится в процессе спекания в неподвижном состоянии, во вращающейся печи шихта непрерывно переваливается и окатывается. Агломерируемый материал, будь то пыль, мелкая руда или разнородно подготовленные продукты, сначала равномерно нагревается и доводится до t° размягчения; этот процесс протекает на $2/12$ длины печи. В размягченном состоянии материал поступает в зону комкования, к-рая занимает $3/12$ печи. В последней $1/12$ части печи t° снижается, и образовавшиеся комья (6—80 мм) отвердевают с поверхности. Агломерация во вращающейся печи требует строгого наблюдения за распределением t° в печи: при повышении t° отдельные части шихты могут расплавиться; при низкой t° шихта выходит из печи в виде порошка. Работа на жидком и пылевидном топливе дает возможность легко регулировать t° . Величина комков зависит от ско-

рости вращения—чем меньше скорость, тем крупнее комья. Скорость катания для сульфидных руд 5—7,5 м/сек. Крупные недостатки вращающихся печей—настилы и большие потери на пылеобразование. Размер печи: внешний диам. 3 000, внутренний диам. 2 600 мм, длина 46—50 м; наклон печи 5° . Футеровка шамотная; производительность 250 т за 24 часа агломерата (6—80 мм); расход нефти 25 л на 1 т продукта.

Лит.: Т а ф е л ь В., Металлургия свинца, пер. с нем., М.—Л., 1932; его же, Металлургия меди, перевод с нем., М.—Л., 1932; Го ф м а н Г., Металлургия свинца, пер. с англ., М.—Л., 1932; Ч и ж и к о в Д., Металлургия белых металлов, М.—Л., 1932; П р о в Е., Цинк и кадмий, пер. с франц., М.—Л., 1931; H e n t z e E., Sintern, Schmelzen und Verblasen sulfidischer Erze und Hüttenprodukte, В., 1929.

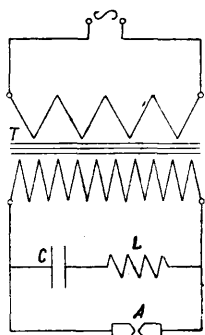
Д. Чижиков.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ. Качественный С. а. основан на открытом Бунзенем и Кирхгофом факте, что каждый атом имеет определенный характерный для него спектр. Т. о. по присутствию в спектре некоторого вещества линий того или другого элемента можно судить о его вхождении в состав этого вещества. Не заменяя собою другие способы химич. качественных анализов, С. а. имеет во многих случаях преимуществ простоты, скорости, с которой он м. б. выполнен, возможности пользоваться весьма малыми количествами анализируемого вещества, которое при этом остается в сохранности, и наконец исключительной чувствительности. С. а. позволяет также, в случае неоднородного состава пробы, производить анализ в отдельных местах пробы. Эти специфич. свойства С. а. делают его практически особенно широко применимым в области металлургии, минералогии и во всех тех случаях, когда дело идет об обнаруживании ничтожных загрязнений. Чувствительность С. а. колеблется в зависимости от природы исследуемого элемента и от того, к какому другому элементу он примешан. Примеси напр. свинца к золоту могут еще быть спектроскопически обнаружены при атомных концентрациях свинца, не превышающих $10^{-4}\%$; марганец м. б. открыт в сплавах в количествах $2 \cdot 10^{-9}$ на 1 г сплава. Грамон установил для различных элементов списки «последних» линий, подразумеваемая под ними те, к-рые пропадают последними по мере уменьшения концентрации. В большинстве случаев эти линии являются головными линиями главных серий (резонансными линиями) нейтральных атомов или их ионов (см. *Спектры*).

В качестве источника света при С. а. чаще всего употребляется искра. Если исследуется твердое вещество, то его небольшие кусочки зажимаются в специальный штатив той или иной конструкции; при исследовании растворов искру заставляют проскакивать между металлич. (обычно платиновым) электродом и поверхностью жидкости или вторым металлич. электродом, непрерывно смачиваемым раствором; для этого употребляются особого рода приборы, имеющие название ф у л ь г у р а т о р о в. Искра питается током от индуктора или трансформатора, причем искровой промежуток включается в контур, состоящий из емкости и самоиндукции. На фиг. 1 дана схема простейшей электрич. установки: Т—трансформатор, С—емкость, L—самоиндукция, А—искровой

промежуток. При простейших анализах бывает достаточно визуальных наблюдений с помощью спектроскопа (см.). В остальных случаях спектр фотографируется *спектрографом* (см.) той или иной конструкции. Наряду со спектром исследуемого вещества фотографируется шкала, градуированная в длинах волн, или спектр, содержащий нормальные линии (см. *Спектроскопия*), напр. спектр железа или ртутной дуги. На готовом снимке длины волн полученных линий промеряются и по специальным таблицам разыскивается, какому элементу принадлежит та или другая линия. В таблицах Кайзера [1] яркие линии всех элементов собраны по порядку возрастающих длин волн с указанием их интенсивности и происхождения (нейтральный атом или ион).

Современная теория спектров подводит под С. а. надежный фундамент и указывает, от чего зависит его чувствительность. Наиболее характерным для спектра данного элемента являются его резонансные линии. Однако они не всегда совпадают с «последними линиями» Грамона; это объясняется тем, что резонансные линии могут лежать в области спектра, где фотографич. пластинка мало чувствительна, напр. в инфракрасной или далекой ультрафиолетовой; линия может попадать также в область спектра, где имеется сплошной фон или полосы молекул.

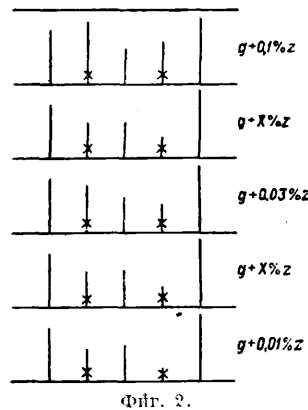


Фиг. 1.

Определенную роль играет и интенсивное поглощение резонансных линий во внешних частях источника света. Примером может служить спектр ртутной лампы: резонансной линией ртути является ультрафиолетовая линия с длиной волны $\lambda = 2537 \text{ \AA}$; в обычных условиях она обладает большой интенсивностью. В случае же перегрузки лампы она почти пропадает, что происходит из-за сильного поглощения в более холодных парах ртути у стенок. Интенсивность спектра данного элемента зависит от того, к какому другому элементу он примешан. Это происходит прежде всего от различной $t'_{н.л.}$. Легкоплавкий элемент z , примешанный в незначительных количествах к тугоплавкому элементу g , может давать яркие линии, т. к. плотность его паров в искре будет значительной. Тот же элемент z , примешанный к еще более легкоплавкому элементу g_1 , при той же концентрации может оказаться спектроскопически не обнаруживаемым. Большую роль играют также потенциалы возбуждения (см. *Спектры*). На с резонансным потенциалом в 2,09 V гораздо легче светится, чем Hg с резонансным потенциалом в 4,87 V. Эти факты указывают, что искра является наиболее целесообразным источником света для производства С. а.: местное значительное повышение t' вызывает одновременное испарение элементов с весьма различной $t'_{н.л.}$, а высокий потенциал гарантирует возбуждение атомов независимо от их резонансных потенциалов. В случае анализа сплавов благоприятным обстоятельством является еще то, что потенциалы возбуждения металлов колеблются в незначительных пределах. Не так обстоит дело при анализе состава газов, особенно если в смесь входят инертные газы. Инертные газы обладают чрезвычайно

высокими потенциалами возбуждения (19,8 V для He и 16,6 V для Ne, 11,6 V для Ar). Этим объясняется, что даже значительные примеси Ar к N спектроскопически весьма трудно обнаруживаемы. Наоборот, незначительные примеси N к Ar дают яркий характерный для N спектр. Во многих случаях существенную роль играют процессы ионизации. При введении в пламя горелки поваренной соли наблюдаются лишь линии Na. Это происходит от того, что молекулы NaCl диссоциируют на положительные ионы Na и отрицательные ионы Cl. Положительные ионы Na, захватывая недостающий электрон, испускают характерные для Na линии. Нейтрализация же отрицательных ионов Cl не связана с испусканием линейчатого спектра Cl. Аналогичные, хотя и не столь ярко выраженные факты наблюдаются и в искре: при малых примесях Mg к Pb «последней линией» является линия нейтрального Mg с λ , равной 2852 \AA , а при малых примесях к Au—линия иона Mg с λ , равной 2796 \AA .

Приведенные факты указывают, что интенсивность спектральных линий не позволяет непосредственно судить о том, в какой количественной пропорции примешан данный элемент к другому. Иными словами, нельзя создать количественный С. а., который основывался бы исключительно на оценке интенсивности линий. Тем не менее в настоящее время существуют сравнительно простые способы количественного С. а., по крайней мере поскольку дело идет об определении малых примесей к сплавам. Простейшая задача количественного С. а. сводится к следующему: имеется элемент g и другого элемента z , примешанного к нему в количестве $x\%$. Наиболее просто этот анализ производится след. обр.: приготавливаются электроды из «нормальных» проб $g+a\% z$, $g+b\% z$, $g+c\% z$ и т. д., анализированных химически, напр. из проб $g+0,1\% z$, $g+0,05\% z$ и т. д. Затем при одинаковых по возможности условиях фотографируются спектры «нормальных» проб в порядке возрастающего процентного содержания элемента z и каждый раз между ними спектр анализируемой пробы. Путем сравнения относительной интенсивности какой-нибудь определенной линии элемента z в исследуемой и «нормальных» пробах определяется процентное содержание элемента z . На фиг. 2 схематически изображены части спектров «нормальных» проб $g+0,1\%$, $g+0,03\%$ и т. д. и между ними те же части спектра исследуемой пробы. Черточки изображают линии; их длина пропорциональна интенсивности; линии примеси отмечены крестиками. Фиг. 2 относится к случаю, когда x заключено между 0,03 и 0,01%. Метод м. б. уточнен применением фотометрирования линий. При этом однако следует иметь в виду, что почернение фотографической пластинки растет не линейно с яркостью линий и весьма различно для линий с различной длиной волны.



Фиг. 2.

Более совершенный метод количественного С. а. разработан в последнее время Герлахом и Швейтцером и носит название метода «гомологических пар линий». Он не требует применения «нормальных» проб. Заключается этот метод в том, что в спектре смеси двух элементов, содержащих большое число линий, разыскиваются такие пары линий обоих элементов, которые при некоторых концентрациях оказываются одинаково яркими. Имея таблицы таких пар, можно непосредственно по одному снимку анализируемой пробы судить о процентном содержании данной примеси. Метод требует, чтобы спектры снимались при точно одинаковых условиях возбуждения, т. е. относительные интенсивности линий сильно зависят от условий возбуждения. За признак, гарантирующий, что условия одинаковые, Герлах выбирает равенство интенсивности какой-либо пары линий основного элемента смеси, напр. одной из его линий, испускаемой в нейтральном состоянии, и одной из его линий, испускаемой ионом.

Широкое применение С. а. находит в астрофизике. Спектральные линии являются единственными вестниками о составе небесных тел. С. а. внешних частей солнца и других звезд, испускающих сплошные спектры, производится по *фраунгоферовым линиям* (см.). Состав туманностей и звезд, испускающих линейчатые спектры, производится путем сравнения линий спектров с линиями земных элементов. Этим методом установлено, что туманности состоят преимущественно из легких газов: водорода, гелия и т. д. До последнего времени в спектрах многих туманностей оставался ряд линий, которые не удавалось идентифицировать с линиями известных элементов; на этом основании предполагалось существование гипотетич. элементов, напр. «небулия». В настоящее время удалось показать, что эти линии принадлежат известным элементам (высокоионизированным азоту, кислороду и т. д.), т. е. отпадает необходимость допускать существование в туманностях элементов, неизвестных на земном шаре. Вид спектральных линий (их ширина, смещение и т. д.) позволяет судить о физических условиях на поверхности небесных тел и об их радиальных скоростях.

Лит.: ¹⁾ Kayser H., *Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente*, Berlin, 1926; см. также *С. Фриш*.

СПЕКТРОГЕЛИОГРАФ, прибор для фотографирования солнца в *монохроматическом свете* (см.), представляет *спектрограф* (см.) со щелью, имеющий большую *дисперсию* (см.), в котором весь спектр, за исключением определенной *фраунгоферовой линии* (см.), закрыт непрозрачным экраном со второй узкой щелью, пропускающей лишь лучи данной длины волны. С. представляется к *рефрактору* (см.), дающему изображение солнца. Первая обыкновенная щель С. направляется по хорде поперек изображения, а позади второй щели помещается фотографич. пластинка, на к-рой фотографируются лишь те места выделенной хорды, где имеются светящиеся пары того химич. элемента, спектральная линия к-рого выделена второй щелью. Двигая изображение солнца по первой щели и в то же время передвигая фотографич. пластинку под второй щелью с координированной скоростью, получают ряд последовательных прилегающих монохроматич. полосок, дающих в общей сложности сплошную фотографию солнечной поверхности с распределением па-

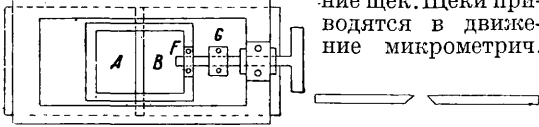
ров определенного химич. элемента, напр. H, Ca, Ne или Fe в виде облаков, или фл о к к у л, данного пара или газа. В зависимости от ширины второй щели и ее положения фотографируется полное распределение данного элемента, если щель пропускает всю спектральную линию, напр. *H_α* водорода, или, если щель настолько узка, что пропускает лишь среднюю часть или край линии, то фотографируется распределение флоккул на определенном уровне солнечной атмосферы, соответствующем выделенной части линии. Обычно С. устраивают так, что коллиматор и фотографич. камера параллельны между собою и имеют тождественные объективы. В таком случае движение обеих щелей должно совершаться с равными скоростями, что достигают, перемещая весь С. равномерно и поступательно относительно неподвижного изображения солнца. Для получения последнего в новейших инструментах пользуются башенным телескопом, состоящим из *целостата* (см.), находящегося на вершине башни, посылающего лучи вертикально вниз через длиннофокусный объектив на спектрогелиограф, расположенный на уровне земли или в колодце под основанием башни.

Кроме фотографич. регистрации употребляется и визуальный метод наблюдения солнца в монохроматическом свете. Для этой цели Гель (G. E. Hale) построил прибор, называемый *спектрогелиоскопом*, отличие к-рого от С. в том, что вместо фотографич. пластинки позади второй щели помещаются окуляр и глаз наблюдателя. Для того чтобы узкую полоску, выделенную первой щелью, расширить и сделать доступной наблюдению более широкую часть солнечной поверхности, обе щели приводят в быстрое колебательное движение. Зрительное впечатление сохраняется в глазе в течение короткого времени, и вследствие этого становится видимым весь участок солнца, который захватывается упомянутым движением. Помимо наблюдения флоккул разных элементов спектрогелиоскоп позволяет определять и скорость восходящих и нисходящих токов в солнечной атмосфере, т. е. вследствие эффекта Доплера-Физо изображение флоккул, движущихся по лучу зрения, не попадает во вторую щель при ее нормальном положении. Поэтому эту щель приходится смещать для того, чтобы увидеть движущиеся флоккулы, причем величина этого смещения является мерой скорости движения флоккул по лучу зрения.

Лит.: Abetti G., *Solar Physics*, Handbuch d. Astrophysik, hrsg. v. G. Eberhardt, A. Kohlschütter u. H. Ludendorff, B. 4, 3, 1929 (имеется лит.); Hale G., «Nature», 1926, v. 118, 2957; Hale G., «Astrophysical Journal», 1929, December, 1930, March. А. Михайлов.

СПЕКТРОГРАФ, прибор для фотографирования спектров. В настоящее время употребляют С. двух родов—простые и с дифракционной решеткой. Основной частью всякого призмного С. являются: 1) коллиматорная труба со щелью и объективом, дающая параллельный пучок лучей, 2) призма (или система призм) и 3) фотографич. камера. Щели бывают двух типов: несимметричные и симметричные; в первых ширина щели регулируется передвижением лишь одной из ее щек, в то время как вторая щечка остается неподвижной. При изменении ширины такой щели ее средняя линия смещается. В симметричных щелях передвигаются обе щечки, т. е. середина щели при изменении ее ширины остается неподвижной. На фиг. 1 дан схематич. чертеж симметричной щели. А и

B—подвижные щеки, к-рые обычно делают из стали. Для избежания вредных отражений света внутренние края щек скашиваются, как это показано на фиг. 2, дающей поперечное сечение щек. Щеки приводятся в движение микрометрич.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

винтом, проходящим через гнезда *F* и *G*; части винта, проходящие через гнезда, нарезаны в противоположных направлениях. Гнездо *F* неподвижно соединено с рамкой, несущей щеку *B*, гнездо *G*—с рамкой, несущей щеку *A*. Различные фирмы, изготовляющие щели, вносят в их конструкцию значительные вариации.

Показатель преломления n вещества призмы (см.) имеет различные значения для света с различной длиной волны (различного цвета), поэтому и наименьший угол отклонения δ , различен для различных длин волн. Для прозрачных тел, вдали от полос поглощения, n растет монотонно с убыванием длины волны, поэтому лучи с меньшей длиной волны сильнее преломляются в призмах. Угловой дисперсией призмы называется величина $\frac{d\delta}{d\lambda}$, характеризующая изменение угла отклонения δ с изменением длины волны λ ; т. к. δ непосредственно зависит (при данном угле падения) от n , а n зависит от λ , то

$$\frac{d\delta}{d\lambda} = \frac{d\delta}{dn} \cdot \frac{dn}{d\lambda}$$

Вблизи угла наименьшего отклонения

$$\frac{d\delta}{dn} = \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}}$$

где A —преломляющий угол призмы. Эта ф-ла может служить для определения углового расстояния между краями спектра, соответствующими значениям n_1 и n_2 ; можно положить:

$$\Delta\delta \approx (n_1 - n_2) \frac{2 \sin \frac{A}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{A}{2}}}$$

где n —среднее значение показателя преломления. Так, для призмы с преломляющим углом $A = 60^\circ$, $n = 1,5$ и с разностью $n_1 - n_2 = 0,050$ угловое расстояние между краями видимого спектра получится:

$$\Delta\delta = 0,050 \frac{2 \sin 30^\circ}{\sqrt{1 - 1,5^2 \sin^2 30^\circ}} = 4^\circ 22'$$

Для определения $\frac{dn}{d\lambda}$ служит интерполяционная ф-ла Гартмана, дающая зависимость n от λ :

$$n = \mu_0 + \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^a}$$

где μ_0 , c и a —некие постоянные. Для случая стекла $a \approx 1,2$ для малых интервалов можно положить $a = 1$, тогда

$$\frac{dn}{d\lambda} = -\frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^2}$$

Разрешающей силой призмы называется отношение $\frac{\lambda}{d\lambda}$, где $d\lambda$ —разность длин волн таких двух лучей, к-рые призма позволяет еще наблюдать раздельно. В виду того что в фокальной плоскости линзы, собирающей лучи, исходящие из призмы, образуется дифракционная

картина, два луча могут наблюдаться раздельно только в том случае, если угол между ними будет

$$d\delta = \frac{\lambda}{a}$$

где λ —средняя длина волны рассматриваемых лучей, а a —поперечное сечение пучка света, выходящего из призмы. Отсюда, как показывает теория, разрешающая сила r призмы определяется ф-лой:

$$r = \frac{\lambda}{d\lambda} = t \frac{dn}{d\lambda}$$

где t —длина основания призмы; при этом предполагается, что свет целиком заполняет призму. Т. о. разрешающая сила призмы из данного вещества зависит только от толщины основания, но не от преломляющего угла. Все призмы, построенные на одном и том же основании, имеют одинаковую разрешающую силу. Напр. для разрешения *D*-линий натрия ($\Delta\lambda = 6\text{ \AA}$, $\lambda = 5893\text{ \AA}$) требуется разрешающая сила $\frac{\lambda}{d\lambda} = \frac{5893}{6} \approx 1000$;

в случае обычного сорта стекла $\frac{dn}{d\lambda} = -360$ вблизи $\lambda = 5893\text{ \AA}$, откуда, для того чтобы иметь разрешающую силу $\frac{\lambda}{d\lambda} = 1000$, требуется призма с основанием $t = 2,7\text{ см}$ независимо от значения преломляющего угла.

Потери света при прохождении через призму происходят от двух причин: поглощения в веществе призмы и отражения света на преломляющих поверхностях. Количество поглощаемого света зависит от вещества призмы и длины волны. Количество отражаемого света м. б. вычислено по ф-лам Френеля. Полагая интенсивность падающего света $J = 1$, а интенсивность отраженного на обеих преломляющих поверхностях призмы через X , имеем интенсивность света, прошедшего через одну призму, равной $1 - X$, а прошедшего через n одинаковых призм равной $(1 - X)^n$; т. обр. интенсивность прошедшего света быстро падает с числом призм. Благодаря этому в настоящее время редко строят С. больше, чем с двумя или же тремя призмами (в случае необходимости в большой разрешающей силе употребляются С. с дифракционной решеткой). В таблице даны характерные величины для веществ, наиболее употребительных для изготовления призм.

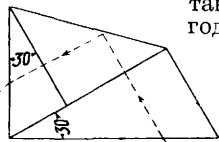
Стекло употребляется для С., предназначенных для работы в видимой части спектра. Для работы в ультрафиолетовой части спектра употребляется преимущественно кварц. Хорошие образцы кварца практически прозрачны до $\lambda = 1850\text{ \AA}$. При изготовлении призм из кварца приходится принимать во внимание, что кварц является двоякопреломляющим кристаллом и обладает свойством вращать плоскость поляризации. Чтобы уменьшить вредное влияние двойного лучепреломления, призмы вырезают из кристалла так, чтобы свет, проходя призму под углом наименьшего отклонения, шел по направлению оптич. оси. Для избежания вращения плоскости поляризации призма склеивается из двух половин, одна из которых изготовляется из правовращающего кварца, а другая—из левовращающего. Флюорит оптически изотропен, а потому изготовленные призм из него не представляет затруднений. Из веществ, употребляемых в настоящее время для изготовления призм, флюорит является наиболее прозрачным в далекой ультрафиолетовой части. По исследованиям самого последнего времени кристаллы LiF еще более прозрачны и

Данные о веществе, применяемом для изготовления призм.

Вещество	λ	n	Средняя дисперсия $\Delta n/\Delta\lambda$	Область прозрачности
Легкий флинт (BaLF ₅ фирмы Schott в Иене)	7 685 Å	1,54086	- 309·10 ⁻⁸	Область прозрачности стекла значительно варьирует в зависимости от сорта. В среднем стекло прозрачно от 10000 с лишим до 3 600 Å; тяжелые флинты сильно поглощают, начиная с синих лучей (приблизительно с $\lambda = 4 500$ Å); фиолетовое стекло прозрачно до 2 900 Å
	6 563 »	1,54432	- 404·10 ⁻⁸	
	5 893 »	1,54730	- 702·10 ⁻⁸	
	4 861 »	1,55153	- 1280·10 ⁻⁸	
	4 047 »	1,56494	- 1520·10 ⁻⁸	
Тяжелый флинт (SF ₂ фирмы Schott в Иене)	7 685 Å	1,63606	- 549·10 ⁻⁸	
	6 563 »	1,64210	- 809·10 ⁻⁸	
	5 893 »	1,64752	- 1330·10 ⁻⁸	
	4 861 »	1,66122	- 2590·10 ⁻⁸	
	4 047 »	1,68232	- 3150·10 ⁻⁸	
Кварц (обыкновенный луч)	4,20 μ	1,4569	- 464·10 ⁻⁸	Практически прозрачен от 4,75 μ в инфракрасной области до 1 850 Å в ультрафиолетовой области
	2,053 »	1,52005	- 123·10 ⁻⁸	
	0,8325 »	1,53773	- 154·10 ⁻⁸	
	5 893 Å	1,54124	- 458·10 ⁻⁸	
	3 580 »	1,56390	- 3200·10 ⁻⁸	
	1 850 »	1,67571	- 1100·10 ⁻⁷	
Флюорит	9,429 μ	1,31612	- 250·10 ⁻⁸	Практически прозрачен от 9,5 μ в инфракрасной области до 1 200 Å в ультрафиолетовой области
	2,9466 »	1,41825	- 59,7·10 ⁻⁸	
	0,8840 »	1,42980	- 65,8·10 ⁻⁸	
	5 893 Å	1,4342	- 321·10 ⁻⁸	
	3 083 »	1,4530	- 1490·10 ⁻⁸	
	1 855 »	1,5107	- 8110·10 ⁻⁸	
	1 606 »	1,5524	- 1670·10 ⁻⁷	
	1 311 »	1,6921	- 4750·10 ⁻⁷	
Каменная соль	22,3 μ	1,3405	- 333·10 ⁻⁸	Практически прозрачна от 22,5 μ в инфракрасной области до 2 000 Å в ультрафиолетовой области
	10,018 »	1,43472	- 72,9·10 ⁻⁸	
	2,9466 »	1,52453	- 22,6·10 ⁻⁸	
	0,9723 »	1,53253	- 265·10 ⁻⁸	
	5 600 Å	1,54629	- 1010·10 ⁻⁸	
	3 400 »	1,58618	- 2630·10 ⁻⁸	
2 140 »	1,73221	- 1160·10 ⁻⁷		
Сильвин	5 893 Å	1,4100	- 211·10 ⁻⁸	Прозрачен в инфракрасной части до 23 μ
	0,940 μ	1,4905	- 34,5·10 ⁻⁸	
	10,01 »	1,4561	- 21,4·10 ⁻⁸	
	22,5 »	1,2692	- 149·10 ⁻⁸	

пропускают лучи с длиной волны $\lambda = 1 080$ Å. Для работы в инфракрасных частях спектра призмы изготовляют из кварца, каменной соли и сильвина. Весьма большую дисперсию можно получить, употребляя в качестве вещества для призм некие жидкости (напр. сероуглерод: $\frac{dn}{d\lambda} = -2 000 \cdot 10^{-8}$ для $\lambda = 5 890$ Å), к-рые можно помещать в сосуды в виде полых призм.

Однако оптич. неоднородности, легко возникающие в жидкостях при изменении t° , делают такие призмы мало пригодными. Кроме обычных призм с преломляющим углом $A = 60^\circ$ употребляются призмы и с другими преломляющими углами, чаще всего $A = 30^\circ$, а также различные более сложные системы. Фиг. 3 изображает призму Аббе постоянного угла отклонения, представляющую комбинацию двух призм с преломляющими углами 30° и призмы полного внутреннего отражения. Такая система обычно делается из одного куска стекла и обладает тем свойством, что при условии наименьшего откло-

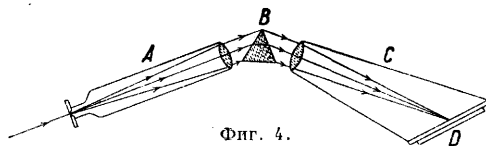


Фиг. 3.

более сложные системы. Фиг. 3 изображает призму Аббе постоянного угла отклонения, представляющую комбинацию двух призм с преломляющими углами 30° и призмы полного внутреннего отражения. Такая система обычно делается из одного куска стекла и обладает тем свойством, что при условии наименьшего откло-

нения в обеих 30° -ных призмах падающий и выходящий лучи взаимно перпендикулярны независимо от значения показателя преломления n .

С. в целом придаетесь весьма различный вид. На фиг. 4 дана схема наиболее простого С. с 60° -ной призмой. Коллиматор А дает параллельный пучок света, проходящий преломляющую призму В под углом наименьшего отклонения (для лучей некоторой определенной длины волны). Объектив фотографической камеры С дает действительное изображение спектра в плоскости D, где помещается фотографич. пластинка в соответственной кассете. В случае стеклянной оптики объективы коллиматора и камеры делают обычно ахроматическими. В этом случае резкое изображение спектра м. б. получено в довольно широких пределах длин



Фиг. 4.

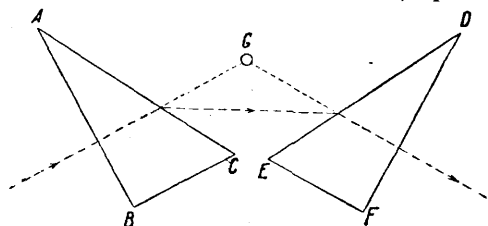
волн на плоской кассете. В случае кварцевой оптики с объективами, представляющими собой простые линзы, кассета должна составлять значительный угол с осью камеры, т. к. фокусное расстояние объективов быстро убывает с длиной волны. Кроме того одновременное резкое изображение значительной части спектра не м. б. получено на плоской пластинке. В виду этого кассеты часто делают изогнутыми по дуге круга соответствующего радиуса и употребляют фотопластинки на специально тонком стекле, выдерживающем значительное гнутье. Некоторыми фирмами изготовляются кварц-флюоритовые ахроматы, позволяющие работать на плоских пластинках. Для избежания сферич. aberrации объективов, состоящих из одной линзы, особенно заметной при большой светосиле, фирма Adam Hilger Ltd строит в настоящее время кварцевые С., объективы которых имеют не строго сферич. поверхности.

Линейной дисперсией С. называется величина $\frac{dl}{d\lambda}$, где l —расстояние на пластинке между спектральными линиями с длинами волн λ и $\lambda + d\lambda$. Линейная дисперсия зависит от дисперсии призм и увеличения, к-рое дает камера. Если F —главное фокусное расстояние объектива камеры, то приблизительно

$$\frac{dl}{d\lambda} = F \frac{dn}{d\lambda}$$

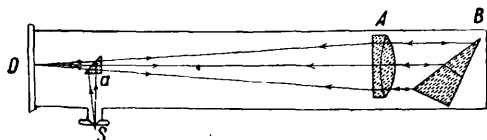
Светосила С. равна светосиле объектива с наименьшим отверстием в предположении, что призма или другие части С. не диафрагируют пучок света. В виду этого оба объектива С.—и объектив коллиматора и объектив камеры—делают с одинаковыми отверстиями и такими, чтобы пучок света как-раз заполнял призму. Большую часть кварцевых С. строят по простой схеме. Свойство призм Аббе отклонять луч при условии наименьшего отклонения на прямой угол допускает весьма удобную конструкцию С. с взаимно перпендикулярным расположением осей коллиматора и камеры. Поворачивая призму с помощью специального барабана, можно заставить падать на кассету различные части спектра, причем условие наименьшего отклонения остается выполненным автоматически. Призмы с преломляющим углом в 30° употребляются обычно попарно. На

фиг. 5 дано часто употребляемое расположение двух призм под 30° ; луч проходит обе призмы под углом наименьшего отклонения; при этом



Фиг. 5.

призма ABC располагается перпендикулярно к оси коллиматора и остается вместе с ним неподвижной. Призма DEF устанавливается перпендикулярно к оси камеры и вращается вместе с ней вокруг вертикальной оси G . При такой конструкции по оси камеры всегда идет луч, проходящий призмам под углом наименьшего отклонения. Призмы с преломляющим углом в 30° часто употребляются также в С. аутоколлимационного типа. Схема аутоколлимационного С. дана на фиг. 6. Пучок света, пройдя через щель S , поворачивается маленькой призмой полного внутреннего отражения a на прямой угол и превращается объективом A в параллельный пучок, падающий на призму B , которую он проходит под углом наименьшего отклонения. Задняя поверхность призмы B посеребрена; свет падает на нее под прямым углом и, отразившись, проходит призму вторично под углом наименьшего отклонения и вторично проходит через объектив A , играющий



Фиг. 6.

теперь роль объектива камеры. Такая конструкция представляет значительное преимущество в смысле экономии вещества, из которого изготавливается призма и объектив, что существенно в случае употребления кварца, большие кристаллы которого встречаются весьма редко. В аутоколлимационном С. сист. Литрова 30° -ная призма заменена 60° -ной; в этом случае, чтобы отразить луч назад, приходится за призмой ставить специальное зеркало.

В вопросе о яркости спектра следует различать случаи линейчатого спектра и спектра сплошного. В первом случае яркость не зависит от дисперсии и ширины щели (для не слишком малой ширины щели, о чем см. ниже) и для данной светосилы объектива коллиматора может приближенно считаться пропорциональной $\frac{F}{F'}$, где F —главное фокусное расстояние объектива коллиматора, а F' —главное фокусное расстояние объектива камеры, причем отверстия обоих объективов считаются равными. Яркость сплошного спектра пропорциональна ширине щели и увеличивается с уменьшением дисперсии. При этом надо иметь в виду, что при широкой щели на одно и то же место пластинки будут попадать лучи с несколько различными длинами волн. Разрешающая сила С. при бесконечно узкой щели равна разрешающей силе его призм. Широкая щель понижает раз-

решающую силу прибора. Если ϵ —линейное расстояние между теоретически едва разрешимыми линиями, а l —ширина изображения щели в фокальной плоскости объектива камеры, вычисленная по правилам геометрич. оптики, то две линии будут разрешены, если линейное расстояние между их максимумами будет равно $\epsilon + l$. По Шустеру между разрешающей силой $r = \frac{\lambda}{d\lambda}$ для бесконечно узкой щели и разрешающей силой p при конечной ширине щели имеет место соотношение:

$$p = \frac{\lambda}{\psi d + \lambda} \cdot r,$$

где d —ширина щели, а ψ —угловая величина объектива коллиматора, рассматриваемого из щели. Величину p Шустер назвал *числом* ψ спектра. Яркость линий в линейчатом спектре не зависит от ширины щели, пока $\psi d > \lambda$. Ширина щели

$$d = \frac{\lambda}{\psi} = \frac{\lambda F}{D},$$

где F —фокусное расстояние объектива коллиматора, а D —его диаметр, называется *нормалью* ψ . Если щель становится уже нормальной, то яркость линий начинает падать. При нормальной ширине щели фактическая разрешающая сила $p = \frac{1}{2} r$. Для большинства

С. нормальная ширина щели лежит за пределом практически достижимой, например для случая $\frac{F}{D} = 10$ и $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ нормальная ширина $d = 0,005 \text{ мм}$, что м. б. осуществлено лишь с очень хорошей щелью. При более точных расчетах следует принимать во внимание дифракцию от щели, к-рая несколько понижает фактическую разрешающую силу против значений, даваемых ψ -лой Шустера, и понижает яркость линий, так что яркость продолжает возрастать и после того, как ширина щели достигла нормальной. При фотографировании спектров обычно между источником света и щелью ставится конденсор, отбрасывающий действительное изображение на щель. С. Конденсор должен заполнять светом телесный угол ψ , под к-рым виден объектив коллиматора из щели. Отсюда, в том случае, когда на щель отбрасывается изображение того же размера, что и сам источник света (расстояния между конденсором и щелью и конденсором и источником света равны друг другу и равны удвоенному главному фокусному расстоянию конденсора), светосила конденсора д. б. вдвое больше светосилы объектива коллиматора. Употребление более светосильного конденсора не имеет смысла, т. к. тогда широкий пучок света за щелью не будет целиком захватываться объективом коллиматора. Эти рассуждения справедливы, поскольку дифракция от щели не расширяет идущий за ней пучок света. При установке С. должны быть выполнены следующие условия: 1) объектив коллиматора должен давать параллельный пучок лучей, 2) призма—стоять в положении наименьшего угла отклонения, 3) оптические оси коллиматора и камеры—проходить через одно и то же главное сечение призмы, 4) щель—стоять параллельно преломляющему ребру призмы.

С. с дифракционными решетками разделяются на С. с плоскими решетками и на С. с вогнутыми решетками. Плоские решетки наносятся либо на стеклянные плоско-параллельные пластинки (прозрачная решетка) либо на плоскую полированную металлич. поверхность

(отражательная решетка). В первом случае общая конструкция С. не отличается от обычных призмных С. В случае плоской отражательной решетки употребляются С. аутоколлимационного типа (фиг. 6). Поворачивая решетку вокруг вертикальной оси, можно заставить падать на фотопластинку камеры различные части спектра. Обычно дифракционные решетки нарезаются с числом линий 10 000—30 000 на 1 дм. (4 000—12 000 на 1 см). При падении на решетку луча с длиной волны λ под углом i к нормали решетки получаются максимумы под углами θ , определяемыми соотношением:

$$k\lambda = b(\sin i + \sin \theta),$$

где k —порядок спектра, b —постоянная решетки, т. е. расстояние между двумя последующими светлыми штрихами. Угловая дисперсия решетки

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{k}{b \cos \theta}.$$

При $\theta = 0$ дисперсия принимает наименьшее значение:

$$\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_{\min} = \frac{k}{b}.$$

Вблизи $\theta = 0$ спектр нормальный, т. е. изменения угла пропорциональны изменению λ :

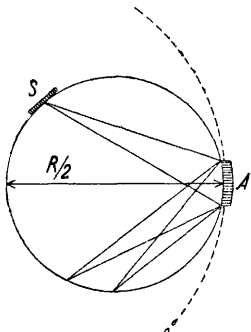
$$\Delta\theta = c\Delta\lambda,$$

где c —постоянная. Разрешающая сила решетки $r = \frac{\lambda}{d\lambda}$ равна произведению из полного числа штрихов n на порядок k спектра:

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = k \cdot n.$$

Так, для решетки с 20 000 штрихов на 1 дм. и шириной 10 см разрешающая сила в первом порядке равна 78 000, т. е. теоретически такая решетка может разрешить вблизи $\lambda = 5 000 \text{ \AA}$ две линии с $\Delta\lambda = 0,065 \text{ \AA}$.

Вогнутые дифракционные решетки, впервые построенные Ролендом в 1882 г., наносятся на цилиндрическую металлическую полированную поверхность. Штрихи наносятся параллельно образующим цилиндра и на равных расстояниях друг от друга, считая по хорде. Вогнутая решетка обладает тем свойством, что если щель и решетку поместить на окружности круга с радиусом, вдвое меньшим, чем радиус кривизны решетки, то спектр фокусируется на той же окружности (фиг. 7). Вогнутая решетка т. о. не требует фокусирующих линз. Практически в настоящее время вогнутые решетки

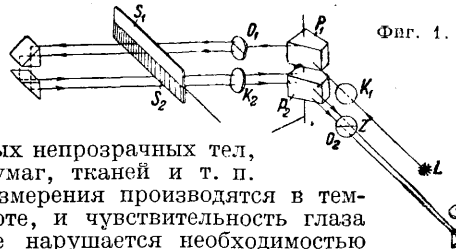


используются в двух установках: 1) установке Иглы (Eagle) и 2) установке Рунге-Пашена. Установка Иглы соответствует обычной аутоколлимационной установке примененного С. или С. с плоской решеткой, только в виду собственного фокусирующего действия решетки не требуется объектива. Поворотом решетки вокруг вертикальной оси меняется угол падения i , а вместе с ним и область спектра, или порядок спектра, отражаемого решеткой под тем же углом. В установке Рунге-Пашена (фиг. 7) решетка монтируется неподвижно на столбе; по кругу радиуса $R = \frac{r}{2}$, где r —радиус кривизны

решетки, располагаются щель S и длинные металлические шины, к которым могут прижиматься фотопластинки. Эта установка требует особого помещения и отличается постоянством. Все современные большие вогнутые решетки ($r \geq 6\text{м}$) установлены по схеме Рунге-Пашена. Вогнутые дифракционные решетки употребляются также в вакуум-С., предназначенных для работы в далекой ультрафиолетовой части спектра, где лучи поглощаются воздухом (длины волны $\lambda < 1800 \text{ \AA}$). В этом случае решетки употребляются в установке Иглы, позволяющей заключить все части С. в одну металлич. трубу, из которой затем выкачивается воздух. Решетки наносятся преимущественно на стеклянную цилиндрич. поверхность, т. к. в области очень коротких длин волн ($\lambda < 1000 \text{ \AA}$) стекло отражает лучше, чем полированная металлическая поверхность. Для работы в далекой инфракрасной части спектра употребляются решетки, представляющие собой большое число натянута параллельно друг другу тонких проволок.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Белопольский А., Астроспектроскопия, т. 2, П., 1921; Kayser H., Handbuch d. Spektroskopie, B. 1—6, Lpz., 1902—1912; Joos G. u. Angerer E., Spektroskopische Apparate, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harnes, B. 21, Lpz., 1927; Валье С., Spectroscopy, 1—3, L., 1924—27. С. Фриш.

СПЕКТРОДЕНЗОГРАФ, сконструированный Гольдбергом и Каие спектрофотометр (см. *Спектрофотометрия*), позволяющий определять кривые поглощения как твердых и жидких прозрачных окрашенных тел, так и твер-



дых непрозрачных тел, бумаг, тканей и т. п. Измерения производятся в темноте, и чувствительность глаза не нарушается необходимостью производить отсчеты и запись результатов; кроме того отпадает необходимость вычисления и вычерчивания кривых, т. к. кривая поглощения автоматически записывается во время измерения. Для получения полной кривой необходимо лишь 2—3 мин. времени. Те большие неточности, к-рые получаются в спектрофотометрах других систем при измерениях в крайней красной, синей и фиолетовой частях спектра вследствие отражений внутри спектрофотометра желтых и желто-зеленых лучей, элиминируются в этом приборе при помощи автоматически устанавливающегося монохроматора (см.). С. состоит (фиг. 1) из двух отдельных частей: монохроматора и спектрофотометра, связанных между собой так, что установка их производится одновременно. Источником света служит вольфрамовая точечная дуговая лампа L ; объектив O_1 представляет собой двойную линзу, подобную той, к-рая имеется в осветителе спектрофотометра Кениг-Мартенса. В фокальной плоскости объектива монохроматора, где получают один над другим два спектра S_1 и S_2 , находится щель спектрофотометра, состоящего из коллиматора K_2 , призмы P_2 , объектива O_2 , бипризмы Z и окулярной щели a . Наблюдатель, глядя в окулярную щель a , видит верхнюю часть бипризмы в свете, который соответствует нижней части двойной линзы,

нижнюю же— в свете, соответствующем верхней части этой линзы. Внося окрашенное вещество в верхний пучок лучей, а в нижний помещая приспособление для измеримого ослабления света (логарифмический серый клин Гольдберга), можно, передвигая этот клин, получить одинаковое освещение обеих частей бипризмы. Призмы P_1 и P_2 соединены с рычагом, позволяющим производить установку монохроматора и спектрофотометра на любую область спектра. Запись кривой поглощения производится след. обр. Установка на нужную длину

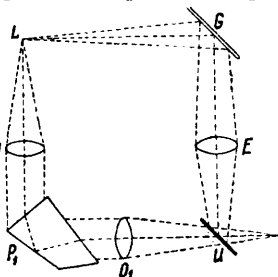


Фиг. 2.

волны производится при помощи шаблона (фиг. 2), вырезанного так, чтобы он исправлял неодинаковую дисперсию призмы. Шаблон приводится в движение зубчатым колесиком b , насаженным на ось, где имеется также зубчатая нарезка, приводящая в движение слева направо столик r , который может передвигаться и в перпендикулярном направлении. Передвижение ахроматического клина производится с помощью особой зубчатки и зубчатого колеса. Над столиком находится маленький штифтик, который при помощи рычажка может прижиматься к бумаге, лежащей на столике, оставляя каждый раз след в виде маленького прокола; совокупность таких проколов определяет кривую поглощения. Ординаты полученной кривой будут равны произведениям из показателя поглощения ϵ на толщину поглощающего слоя d , т. е. показателю в формуле Бугера (см. Поглощение света)

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon d}$$

(Символика величин в данной статье согласована с ОСТ 1996, изд. 1932 г.) Точность прибора соответствует точности, с которой чертят обычно кривые в научных работах: ординаты кривой поглощения определяются с точностью до 0,05 логарифмич. единицы, а длины волн — с точностью до 2—3 μ . Для измерения спектров непрозрачных тел служит следующее приспособление. При помощи линзы E и зеркала G (фиг. 3) часть света отражается на поставленное



Фиг. 3.

под углом в 45° к оси прибора исследуемое тело u и притом т. о., чтобы полученное при этом световое пятно попало на место верхнего спектра монохроматора. Вследствие этого нижняя часть поля зрения будет освещена светом, отраженным от исследуемого непрозрачного объекта, а верхняя—попрежнему светом дуговой лампы. В этом случае необходимо еще определить предварительно нулевую линию, что можно сделать, поставив на место окрашенного тела кусок белой бумаги.

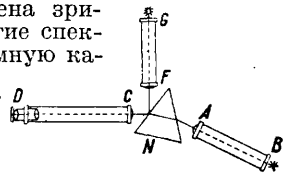
Лит.: Федоров Н. Т., Спектродевограф, «ИТЭТ», 1927, 9—10; Спектрофотометрия и ее приложение в технике, сборник под ред. Н. Т. Федорова, М.—Л. (печат.); Goldberg, «Melland Textilberichte», Heidelberg, 1927, В. 8, Lief. 5, p. 447. Н. Федоров.

СПЕКТРОМЕТР, прибор, представляющий собою *спектроскоп* (см.) специальной конструкции, у которого зрительная труба и столик, несущий призму, поворачиваются вокруг общей вертикальной оси. Углы поворотов могут измеряться с помощью кругов с делениями и нониусов. Так. обр. призма м. б. для каждого данного луча установлена строго в положение угла наименьшего отклонения и угол наименьшего отклонения δ_0 измерен. Если кроме угла наименьшего отклонения известен также и преломляющий угол A призмы, то соотношение

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_0}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

позволяет вычислить показатель преломления n призмы для данного луча. Преломляющий угол A призмы м. б. измерен с помощью того же C , если его использовать как обычный *гониметр* (см.). Однако в настоящее время C . редко употребляется для измерения показателей преломления n , так как требует предварительного изготовления из данного вещества хорошей призмы. Если для вещества призмы известна его *дисперсия* (см.), т. е. зависимость показателя преломления от длины волны λ , то F -ла позволяет определить длину волны спектральной линии, для которой на C . промерен угол наименьшего отклонения δ_0 . Этот метод определения длин волн спектральных линий в настоящее время заменяется методом определения длины волн путем интерполяции на фотографии, снимках по длинам волн нормальных линий (см. *Спектроскопия*). С. Фриш.

СПЕКТРОСКОП, прибор для визуального наблюдения спектров. Общая конструкция совпадает с конструкцией *спектрографа* (см.), только камера заменена зрительной трубой. Многие спектрографы имеют съемную камеру, вместо которой навинчивается труба, т. ч. один и тот же прибор может служить и спектрографом и C . На фигуре дан схематич. чертеж C . сист. Бузена, употребляемого до настоящего времени в учебных лабораториях и при производстве химич. анализов: AB —коллиматор, имеющий в B вертикальную щель, а в A —чечевицу. На продолжении оси коллиматора ставится источник, свет которого желают изучать. N —призма, CD —зрительная труба; труба GF содержит шкалу, которую благодаря отражению от задней поверхности призмы можно видеть в зрительную трубу CD одновременно со спектром. Шкала градуируется в длинах волн, т. ч. приближительная длина волны наблюдаемых линий определяется непосредственным отсчетом. В C . с постоянным углом отклонения (см. *Спектрограф*) в длинах волн градуируется барабан, поворачивающий призму; указатель барабана дает длину волны линии, совпадающей с нитью, натянутой в фокальной плоскости объектива трубы. Малые расстояния между близкими линиями могут определяться микрометром. Зрительная труба состоит из объектива и окуляра той или иной конструкции. Чаще всего употребляется окуляр Рамсдена, имеющий то преимущество, что он помещается за главным фокусом объектива трубы и в него одновременно со спектром можно видеть нити микрометра. Кроме того окуляр Рамсдена ахроматичен в



том смысле, что красное и синее изображения видны под одним и тем же углом.

Большое применение имеют малые ручные С. с призмами прямого зрения (см. *Призма*). В них средние лучи спектра не отклоняются от первоначального направления, что достигается употреблением комбинации нескольких призм, изготовленных из сортов стекла с различной дисперсией—обычно из крона и флинта. Преломляющие ребра кроновых и флинтовых призм расположены в противоположные стороны. Призмы подобраны таким образом, что средние лучи спектра проходят всю систему призм без отклонения. При этом однако дисперсии, вызываемые призмами, неодинаковы: значительно преобладает дисперсия флинтовых призм. Этот избыток и обнаруживается в окончательном результате прохождения лучей через все призмы. Система призм прямого видения впервые сконструирована Амичи; он употребил три призмы: среднюю из флинта и две крайние из крона. Иногда употребляется также система из пяти призм: двух флинтовых и трех кроновых.

Лит.: см. *Спектрограф*.

С. Фриш.

СПЕКТРОСКОПИЯ, часть физики, занимающаяся изучением спектров (см.). Визуальный метод наблюдения спектров с помощью *спектроскопов* (см.) применим лишь для видимой части (область длин волн 4 000—7 600 Å) и в настоящее время почти полностью вытеснен методом фотографическим с помощью *спектрографов* (см.). В ультрафиолетовой части спектра фотографич. метод является единственным, как и в близкой инфракрасной (до 10 000 Å). В далекой инфракрасной области спектры обнаруживаются по их тепловому действию с помощью специальных чувствительных приборов—болометров, термопар и т. д.

Изучение спектров сводится в основном к двум моментам: 1) определению длин волн отдельных линий или мест максимума или минимума интенсивности в сплошных спектрах и 2) к определению относительных или абсолютных интенсивностей спектральных линий или частей сплошного спектра. Принципиально длину световых волн можно определять с помощью любого явления интерференции или дифракции. Исторически точное определение длины волн впервые выполнено Фраунгофером, к-рый в 1821 г. построил первую дифракционную решетку. В настоящее время длины волн целого ряда спектральных линий определены с чрезвычайной точностью и эти линии принимаются за нормалю. Определение длины волн всякой другой линии происходит путем сравнения с длинами волн нормалей. Это сравнение производится на фотографич. снимке простым интерполированием: наряду с исследуемым спектром фотографируется спектр, содержащий линии, выбранные в качестве нормалей; затем путем промера снимка под компаратором определяются линейные расстояния между линиями. Для случая спектра, получаемого от дифракционной решетки при малых углах дифракции, интерполирование может производиться с помощью простой линейной ф-лы:

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{\Delta l} \cdot l,$$

где $\frac{\Delta\lambda}{\Delta l}$ — линейная дисперсия решетки, λ_0 — постоянная, λ —длина волны измеряемой линии, k -рой соответствует отсчет компаратора l . Для спектров, полученных с помощью призм-

ных спектрографов, интерполирование производится обычно по ф-ле Гартмана:

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{c}{l-l_0},$$

где λ_0 , c и l_0 —постоянные, λ и l —длина волны измеряемой линии и соответствующий ей отсчет компаратора. Точность, с к-рой этим способом м. б. определены длины волн, растет с дисперсией и для решетки благодаря линейности дисперсии больше, чем для призмных спектрографов. Большие вогнутые дифракционные решетки имеют в первом порядке дисперсию ок. 2,5 Å на 1 мм, а в четвертом—ок. 0,6 Å на 1 мм. Хороший компаратор позволяет определять положение резких линий с точностью до 2—3 μ, откуда длины волн м. б. определены с точностью до нескольких тысячных долей Å, что для видимой части спектра составляет относительную точность порядка 10⁻⁶. Таким образом спектроскопич. определение длин волн принадлежит к точнейшим физич. измерениям. Большие возможности, к-рые дает дифракционная решетка в смысле точности измерений, ставят также большие требования перед точностью, с к-рой д. б. известны длины волн нормалей.

Спектральные нормалю делятся в настоящее время на нормалю 1-го, 2-го и 3-го порядка. Нормалью первого порядка является красная кадмиевая линия, длина волны к-рой сравнена интерферометрически с длиной нормальной метра. Это сравнение впервые осуществлено Майкельсоном в 1885 г., а затем повторено с улучшенной аппаратурой Бенуа, Фабри и Перо в 1907 г. По данным этих авторов на длине в 1 м укладывается 1 553 164,13 волн красной кадмиевой линии при условии, что опыт производится в сухом воздухе при 15° и нормальном давлении. Отсюда длина волны красной кадмиевой линии равна: 6 438,4696 Å, где Å—интернациональный ангстрем, равный 10⁻¹⁰ м. Поскольку в дальнейшем красная кадмиевая линия была принята за первичную спектральную нормаль, не подлежащую изменению, интернациональный ангстрем является новой самостоятельной единицей длины, близкой к 10⁻¹⁰ м. Кроме красной линии с нормальным метром были еще сравнены зеленая и синяя линии кадмия, длины волн которых в Å получились равными: $\lambda_2 = 5 085,823$, $\lambda_3 = 4 799,914$. В настоящее время вопрос о первичных нормалях снова поставлен на очередь. В различных странах, в том числе в СССР в Государственном оптическом институте и в Германии в Physikalisch-Technische Reichsanstalt, ведутся подготовительные работы по новому сравнению длин световых волн с нормальным метром. При этом вместо линий кадмия предполагается использовать линии других элементов (криптона) как более удовлетворяющие современным требованиям, предъявляемым к спектральным нормальям. Нормалью второго порядка служит значительное число линий в спектре железа, а для красной части спектра нек-рые линии неона. Длина волн всех этих линий интерферометрически сравнена с длиной волны красной кадмиевой линии. Нормалью третьего порядка могут служить многие линии железа и линии нек-рых других элементов (гелия, ртути и т. д.), длины волн к-рых сравнены несколькими авторами с длинами волн нормалей второго порядка на снимках, полученных с помощью больших дифракционных решеток. В далекой ультрафиолетовой части, где работа с интерфе-

рометром невозможна, нормали (некоторые линии гелия, угля, азота) установлены по углу дифракции с помощью вогнутых дифракционных решеток. Поскольку эти нормали не сравнены с нормалью первого или второго порядка они представляют собой самостоятельную систему.

Фотографирование спектров в видимой и ультрафиолетовой части спектра производится на обычных пластинках, к которым однако наряду с высокой чувствительностью предъявляется требование иметь мелкое зерно. Обычная пластинка чувствительна ко всем лучам, начиная с сине-зеленых (длина волны около 4 900 Å) и кончая ультрафиолетовыми с длиной волны около 1 800 Å. Для фотографирования желто-зеленой и красной частей спектра пластинки д. б. очувствлены специальными сенсibilизаторами. Такими сенсibilизаторами служат спиртовые растворы различных красок; пластинка погружается в раствор краски на несколько минут, а затем просушивается обычным способом. Действие красок в значительной мере усиливается прибавлением небольшого количества аммиака. Из красок, делающих пластинку чувствительной к зелено-желтой части спектра, могут быть названы эритрозин и пинафловол, а к красной — ортохром, пинахром и дицианин. Пинацианол сообщает пластинке довольно равномерную чувствительность в области всего видимого спектра. Пластинки, сенсibilизированные дицианином, позволяют фотографировать не только красные лучи, но и инфракрасные, примерно до 9 000 Å. Пластинки со специальными эмульсиями (впервые такая эмульсия сварена Абнеем в 1880 г.) чувствительны к инфракрасным лучам с длиной волны до 10 000 Å и больше. Для фотографирования инфракрасных лучей применяется также метод «девуалирования», основанный на свойстве инфракрасных лучей уничтожать на пластинке потемнение, предварительно вызванное лучами с меньшей длиной волны. Для работы в далекой ультрафиолетовой части спектра ($\lambda < 1 800 \text{ Å}$) обычные пластинки непригодны из-за чрезвычайной сильной поглощения лучей желатиной. В конце 19 в. Шуманом были изготовлены фотоаграфич. пластинки, чувствительный слой к-рых вовсе не содержит желатины. Такие пластинки, носящие название шумановских, чувствительны для всех ультрафиолетовых лучей вплоть до мягких рентгеновых и в настоящее время употребляются при всех исследованиях в далекой ультрафиолетовой области. Кроме того для работы в далекой ультрафиолетовой области приходится считаться с поглощением лучей воздухом: фотографирование лучей с длиной волны меньше 1 800 Å возможно лишь с помощью вакуум-спектрографов. Для лучей с длиной волны меньше 1 000 Å все исследованные твердые вещества перестают быть прозрачными, т. е. единственный пригодный для этих лучей тип спектрографа—это спектрограф с вогнутой дифракционной решеткой, не требующей фокусирующих линз. Источник света при этом непосредственно присоединяется к корпусу спектрографа. Таким путем в настоящее время исследованы лучи с длиной волн в несколько десятков Å, непосредственно примыкающие к мягким рентгеновым лучам. В далекой инфракрасной части спектра работа ведется с помощью приборов, регистрирующих инфракрасные лучи по их тепловому действию. В 1881 г. Ланглей ввел для наблю-

дения инфракрасных лучей болометр—прибор, основанный на изменении электрич. сопротивления тонкой металлической проволоки при нагревании. Вводя проволоку в схему моста Витстона, Ланглей мог регистрировать изменение R на 0,000001%. Еще более чувствительными являются термомпары. Термопара подвешивается в вакууме между полюсами магнита на тонкой кварцевой нити; отклонение наблюдается по методу зеркала и шкалы. Кроме болометров и термопар для регистрации инфракрасных лучей употребляются также радиометры и приборы, основанные на свойстве полосок, состоящих из слоев с различными коэффициентами расширения, изгибаться при нагревании.

Измерение интенсивностей представляет собою по существу задачу фотометрическую и разрешается одним из способов, употребляемых в фотометрии. Измерение абсолютных интенсивностей сводится к измерению энергии данного луча по его тепловому действию. Относительные интенсивности определяются по степени почернения, вызванного на фотоаграфич. пластинке; при этом в виду того что не существует простой пропорциональности между степенью почернения и интенсивностью, на пластинку наносится «марки почернения» с помощью ступенчатого светофильтра. Этот метод, разработанный Доргело и Орнштейном, пригоден для определения относительных интенсивностей близких спектральных линий. В тех случаях, когда длины волн линий значительно отличаются друг от друга, следует принимать во внимание сильную зависимость чувствительности пластинок от цвета лучей. Эта зависимость м. б. выяснена, если воспользоваться спектром абсолютно черного тела, в котором распределение интенсивности по длинам волн дается формулой Планка.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Белопольский А., Астроспектроскопия, т. 12, П., 1921; Kayser H., Handbuch d. Spektroskopie, B. 1—6, Lpz., 1902—1912; Joos G. u. Angerer E., Spektroskopische Apparate, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 21, Lpz., 1927; Baly E., Spektroskopie, v. 1—3, London, 1924—27. С. Фрим.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ, отдел фотометрии, занимающийся измерениями ослабления света при прохождении его через какую-либо среду или при отражении от какой-либо поверхности.

Определения и терминология. (Символика величин, в отличие от принятой в статье «Поглощение света», согласована с ОСТ 1996, изд. 1932 г.) Прозрачность (или пропусканием) называется отношение силы света, прошедшего через вещество, к силе света, входящего в него:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Непрозрачность—величина, обратная прозрачности, т. е. $\frac{I_0}{I}$. Натуральный логарифм этой величины

$$\ln \frac{I_0}{I} = E = -\ln T$$

назовем погашением света. Десятичный же логарифм этой величины называется оптической плотностью D . По Бугеру (1729 г.) и Ламберту (1780 г.) слой вещества одинаковой толщины при прочих равных условиях всегда поглощают одну и ту же долю падающего на них света (закон Бугера). Отсюда следует, что отношение силы света, прошедшего

через слой и упавшего на него, не зависит от силы света:

$$- \frac{dI}{I} = \epsilon' dx,$$

где ϵ' — постоянная, называемая показателем погашения света, а x — толщина слоя. Разделяя переменные и интегрируя в пределах от $x=0$ до $x=l$ (полная толщина слоя), получим

$$I = I_0 e^{-\epsilon' l}. \quad (1)$$

Положив $e^{-\epsilon' l} = \beta$, получим $I = I_0 \beta^l$, где β называется коэффициентом пропускания. Переходя к десятичным логарифмам, получим:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon d},$$

где $\epsilon = \epsilon' \ln e = \epsilon' \cdot 0,434$ и называется показателем поглощения света. Кроме толщины слоя поглощение зависит и от концентрации поглощающего вещества, содержащегося в этом слое. По Бесеру (правило Бесера) поглощение пропорционально концентрации этого вещества. Введя концентрацию c , мы получим, что $-dI = k' c dx$, где k' — постоянная, называемая показателем удельного погашения света, откуда

$$\ln \frac{I_0}{I} = k c d$$

или

$$I = I_0 e^{-k c d}$$

и

$$\lg \frac{I_0}{I} = k c d$$

или

$$I = I_0 \cdot 10^{-k c d}, \quad (2)$$

где k называется показателем удельного поглощения. Ур-ие (2), известное обычно под именем закона Бесера-Ламберта (правильнее было называть его законом Бугера-Бесера), образует основу всей количественной С. и колориметрии (см.). Справедливость закона Бугера проверялась неоднократно (Грюнбаум, Мюллер, Вавилов и др.) и его можно считать строго установленным; приложимость же правила Бесера самым тесным образом связана с различными химич. факторами, и от него часто наблюдаются отклонения, как это видно напр. из двух следующих примеров: 1) Кристаллы в полет. $k_{max} = 2,0$ для $\lambda = 590 \text{ м}\mu$ при $c = 1 \cdot 10^{-6}$ и $k_{max} = 2,8$ для $\lambda = 530 \text{ м}\mu$ при $c = 0,5 \cdot 10^{-6}$. 2) Метиленовый синий. Максимум кривой поглощения соответствует: $\lambda = 663 \text{ м}\mu$ при концентрации $c = 1,3 \cdot 10^{-6}$ и $\lambda = 600 \text{ м}\mu$ при $c = 3 \cdot 10^{-4}$.

Методика измерения спектров поглощения состоит в спектрофотометрич. определении ослабления света для различных длин волн и вычисления отсюда значения E или k . Для жидких тел толщина поглощающего слоя задается расстоянием между плоскопараллельными пластинками, закрывающими сосуд, в к-рый наливается жидкость, твердые же тела должны исследоваться в виде плоскопараллельных пластинок точно определенной толщины, причем в случае кристаллов д. б. известным положение светового луча по отношению к оптич. оси. Т. к. на практике измеряется всегда ослабление падающего на тело луча, то необходимо принимать во внимание ослабление света вследствие отражения. По ф-ле Френеля при перпендикулярном падении луча на плоскость раздела двух сред, относительный показатель преломления k -рых равен n , эта отраженная часть r равна

$$r = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}.$$

В случае пластинки с двумя поверхностями отражения доля отраженного света r_i равна

$$r_i = \frac{2r}{1+r}.$$

Потеря света вследствие отражения обычно не вычисляется, но элиминируется при помощи надлежащего расположения опыта, делающего эту потерю приблизительно одинаковой в обоих пучках света. В случае растворов измерения можно производить двумя способами: а) из двух световых пучков одинаковой интенсивности

один пропускают через раствор, а другой — через растворитель, взятые в слоях одинаковой толщины. Мы имеем тогда:

$$I' = I_0 \cdot 10^{-\epsilon_0 d} \quad (1')$$

(ϵ_0 — постоянная поглощения растворителя) и

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon d} \quad (2')$$

(ϵ — постоянная поглощения для раствора), откуда

$$\ln \frac{I'}{I} : d = \epsilon - \epsilon_0.$$

При таком расположении мы получаем разность постоянных поглощения раствора и растворителя, т. е. постоянную поглощения растворенного вещества. б) Во втором способе сравнивают между собой два слоя различной толщины одного и того же раствора. Из ур-ий

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{-\epsilon d_1}$$

и

$$I_2 = I_0 \cdot 10^{-\epsilon d_2}$$

мы получаем

$$\ln \frac{I_1}{I_2} : \frac{d_2 - d_1}{d_1} = \epsilon,$$

избегая т. о. ошибок, возникающих вследствие внутреннего отражения. Для того чтобы значения ϵ , полученные по этому второму способу, можно было сравнить с полученными по первому способу, необходимо знать постоянные поглощения ϵ_0 для растворителя, которые для обычных растворителей (вода, хлороформ, алкоголь и т. п.) можно считать равными нулю.

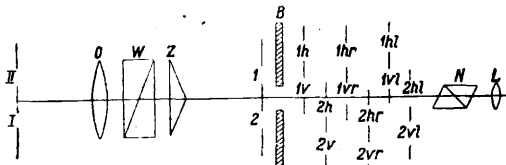
Из приборов для измерения спектров поглощения (спектрофотометров) здесь рассматриваются лишь наиболее часто встречающиеся в лабораториях. Одним из самых старых приборов этого рода является спектрофотометр Фирорда, в котором щель обыкновенного спектроскопа (см.) заменена двойной щелью, состоящей из двух расположенных одна над другой щелей, ширину каждой из к-рых можно изменять при помощи микрометрич. винтов. В поле зрения получаются при этом два спектра, к-рые при одинаковом освещении и равной ширине щелей кажутся одинаково яркими. Окуляр снабжен кроме того щелью, к-рая позволяет выделять требуемую для измерения часть спектра. При сравнении интенсивностей двух пучков света один из них пускают прямо на одну из щелей, а другой при помощи призмы с полным внутренним отражением — на другую. Для получения одинаковой яркости изменяют ширину одной из щелей. Спектрофотометр Фирорда снабжается в настоящее время по предложению Крюса билатеральной двойной щелью, раздвигающейся симметрично в обе стороны. При больших различиях в ширине щелей наблюдается заметная разница в окраске сравниваемых полей, сильно затрудняющая измерения. Следует заметить также, что во всех щелевых спектрофотометрах изменение силы света тогда лишь строго пропорционально ширине щели, когда кривая ее распределения по спектру приближается к горизонтальной, т. е. около максимума; чем круче эта кривая, тем более заметно влияние ширины щели. В распространенном в США спектрофотометре Кеуфеля и Эссера сила света одного из пучков может изменяться при помощи вращающегося диска с переменным на ходу открытием. Значительно более совершенным прибором является спектрофотометр Браса с дву-

мья коллиматорами и спектрофотометр Луммер-Бродхуна. Из поляризационных спектрофотометров (Глана, Неттинга, Кениг-Мартенса) наиболее совершенным является спектрофото-

(см.) *N* обе половины поля зрения можно установить на равную яркость. Спектрофотометр Кениг-Мартенса отличается от фотометра Мартенса лишь тем, что на пути лучей между линзой *O* и призмой Воластона поставлена призма *D* (фиг. 2; нижний рисунок—план, верхний—разрез). Маленькие призмочки *p*₁ и *p*₂ предназначены для отклонения в сторону с пути центрального пучка рассеянного постороннего света. Установка на нужную длину волны производится при помощи микрометрич. винта *S*, причем на барабане отсчитываются сотые доли оборотов, а целые обороты—на шкале, изображенной на фиг. 2 слева от барабана. Прибор д. б. сначала проградуирован. Для этого снимают окулярный николь и надевают вместо него прилагаемый к прибору гауссовский окуляр (см.), причем при правильной юстировке прибора в окуляр должны быть видны две щели, слегка изогнутые и симметрично пересекающиеся. При несимметричной форме этих щелей невозможны точные измерения. После этого освещают щели светом или гейсслеровых трубочек, содержащих водород или гелий, или вольтовой дуги, содержащей те или иные соли (Na, Li, Ba и т. п.). Можно пользоваться и обыкновенной газовой горелкой, в пламя которой вводятся нужные соли. Положение в спектре и длина волн линий H, He, Hg и нек-рых других элементов даны в таблице (фиг. 3). Полученные данные изображают графически, откладывая длины волн по оси абсцисс, а деления шкалы—по оси ординат. Полученная кривая вполне соответствует формуле

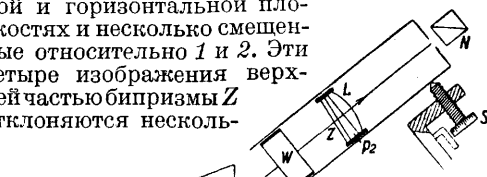
$$\lambda = A + \frac{B}{n - n_0},$$

где *A*, *B* и *n*₀—постоянные, а *n*—деления шкалы, т. ч. для построения ее достаточно определить точно *n* для трех лишь длин волн (взятых разумеется из разных частей спектров). Для измерения поглощения жидкостей спектрофотометр Кениг-Мартенса снабжается специаль-

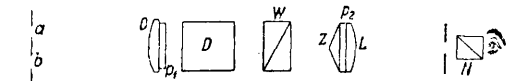


Фиг. 1.

метр Кениг-Мартенса, представляющий собой соединение двух приборов: спектроскопа и фотометра Мартенса (фиг. 1): *I* и *II*—две горизонтально лежащие коллиматорные щели; линза *O* дает изображение этих щелей (1 и 2) в своей фокальной плоскости. Призма Воластона *W* делает из них четыре изображения: *1h*, *1v*, *2h* и *2v*, поляризованные попарно в вертикальной и горизонтальной плоскостях и несколько смещенные относительно 1 и 2. Эти четыре изображения верхней частью бипризмы *Z* отклоняются несколь-



Фиг. 2.



ко вниз, а нижней—вверх (1hr, 1vr, 1hl, 1vl, 2hr, 2vr, 2hl, 2vl). Все эти изображения лежат очевидно в плоскости 1—2. В *B* находится

	400		450		500		550		600		650		700		800	
	Ультра-фиол.		фиол.		Синий		Зелен.		Желт. Оранже.		Красн.				Инфра-кр	
Франц-гоферовы линии	398.4	398.8	4102.7	4227.0	4308.0	4364.0	4462.2	4571.0	4720.0	4861.3	5008.0	5168.3	5308.0	5461.0	5616.0	5780.0
H в Гейсслер. трубке			4102.7		4349.0		4462.2									
He в Гейсслер. трубке	3889						4471.0									
Ртутная дуга					435.8		441.6		491.6		546.1		577.0		667.8	
Хлористые соли в газовой пламени																
Медная дуга	402.3	406.3	404.8	407.8					510.6							
Серебря дуга	405.6				421.1	427.5	437.8	448.0	453.1	458.7	459.3	460.7	465.1	469.0	473.2	477.2
Цинков. (Хром) дуга					429.3											
Кадмиевая (свинец) дуга																
Ультра-фиол.	400		фиол.		450		500		550		600		650		800	

Фиг. 3.

маленькая диафрагма, пропускающая только пучки 1vr и 2hl. Глаз, смотря через лупу *L*, видит одну грань бипризмы, освещенную вертикально поляризованным светом от щели *I*, а другую—светом от щели *II*, поляризованным горизонтально. Вращающимся никодем

ным приспособлением Мартенса, особенно удобным для измерения поглощения толстых слоев. В качестве источника света можно пользоваться любой достаточно яркой лампой, наиболее же удобен специальный диффузный измеритель большой яркости Л. И. Демкиной и Раутиана,

представляющий собой цилиндрич. кверху сужающийся сосуд, внутри которого заключена лампа на 300—500 V. Внутри он покрыт MgO. Источником света служит небольшое круглое отверстие в сосуде.

В настоящее время измерения производятся чаще по второму методу, не требующему определения нулевого положения. В этом случае, наполнив одну трубку раствором, а другую, такой же длины, —растворителем, делают следующие установки: а) раствор слева (I), растворитель справа (II); установка на равенство полей зрения получается при угле α_1 ; б) раствор справа (II), растворитель слева (I); установка на равенство полей зрения получается при угле α_2 . Расчеты здесь будут таковы. В первом случае (а) можно написать

$$\frac{I_1}{I_1'} = \frac{I_0 \cdot 10^{-\epsilon d}}{I_1' \cdot 10^{-\epsilon_0 d}} = \text{tg}^2 \alpha_1,$$

а во втором (б)

$$\frac{I_1}{I_1'} = \frac{I_0 \cdot 10^{-\epsilon d}}{I_1' \cdot 10^{-\epsilon_0 d}} = \text{tg}^2 \alpha_2.$$

Деля первое равенство на второе, получают:

$$10^{-2(\epsilon - \epsilon_0) \cdot d} = \frac{\text{tg}^2 \alpha_1}{\text{tg}^2 \alpha_2},$$

откуда:

$$10^{-(\epsilon - \epsilon_0) \cdot d} = \frac{\text{tg} \alpha_1}{\text{tg} \alpha_2} \quad (3)$$

и

$$\epsilon - \epsilon_0 = \frac{\lg \text{tg} \alpha_2 - \lg \text{tg} \alpha_1}{d} \quad (4)$$

Этим методом находят следовательно сразу разность постоянных поглощения раствора и растворителя. Относительная погрешность измерения во втором методе меньше. Для измерения спектров поглощения непрозрачных тел можно применять следующее расположение: лучи от мощного источника света (вольтовой дуги, лампы накаливания в 2 000—3 000 свечей) при помощи конденсора собираются на исследуемом объекте, рядом с к-рым помещается белая пластинка, рассеивающая все лучи в равной степени. При помощи фотографич. объектива на щелях спектрофотометра получают действительные изображения. Лучи от источника света должны падать на освещаемый предмет под возможно малым углом. Наиболее точные результаты можно получить, применяя полусферич. осветитель Гибсона. При спектрофотометрич. исследованиях в отраженном свете должно учитывать влияние на результат измерений поляризации света при отражении от исследуемого образца. Если измерения производятся по второму способу с перестановкой, то, обозначив коэффициент поляризации для лучей правого и левого полей бипризмы через a и b , вместо ф-лы (3) получают:

$$ab 10^{-E} = \frac{\text{tg} \alpha_1}{\text{tg} \alpha_2}.$$

Опыты показали, что для нек-рых сортов окрашенных тканей поляризация доходит до 33%. Измеренные значения всегда меньше действительных, причем поляризация в 33% вызывает ошибку в величине $\frac{I_0}{I}$ около 5,5%. В случае направленного освещения поляризация может значительно увеличиваться.

Точность спектрофотометрич. измерений в первую очередь определяется разностной чувствительностью глаза, т. е. отношением едва заметного прироста яркости к первоначальной яркости. Эта разностная чувствительность

имеет постоянное значение для средних сил света и практически не зависит в этой области от длины волны. Разностная чувствительность (Р. ч.) сильно зависит от величины сравниваемых полей. Наиболее благоприятные условия для наблюдений представляют не слишком малые, равномерно освещенные, не имеющие видимой структуры, с возможно более тонкой, исчезающей при достижении одинаковой яркости, линией раздела, поля, которые к тому же сравниваются при оптимальном освещении. В этих условиях разностная чувствительность достигнет, предполагая разумеется достаточную опытность наблюдателя, около 0,01, т. е. при благоприятных условиях мы можем различать разницы яркостей около 1%. В наилучших условиях возможная ошибка понижается до 0,3%, что на практике обыкновенно не достигается. Другим источником ошибок является свет, отраженный от оптических частей (линз, призм, николей, стенок коллиматора и зрительной трубы), от неровностей и царапин оптич. поверхностей, в присутствии которого можно убедиться, исследуя выходящий из окуляра щели свет карманным спектроскопом прямого зрения. В физиологически более светлых лучах спектра, примерно от 500 до 620 $m\mu$, этот посторонний свет не вредит, но вне этих границ, в особенности в фиолетовой части спектра, присутствие его может привести к систематическим ошибкам. Для уничтожения этого источника ошибок применяют особые диафрагмы внутри оптич. системы и специальные светофильтры, задерживающие посторонний свет. В спектродензографе (см.) он устранен тем, что на щели спектрофотометрич. части прибора свет падает уже разложженным на цвета. Как сказано выше, величину $\frac{I_0}{I}$ можно измерить с точностью ок. 1%, что соответствует ошибке ок. 0,004 в величине $E = \ln \frac{I_0}{I}$. При абсолютном значении E ок. 1 ошибка в благоприятном случае достигает 0,4%, при E ок. 0,1—до 4% и т. д. Т. к. на практике ошибок в определении $\frac{I_0}{I}$ обычно больше 1%, мы должны как правило считаться с еще большей ошибкой в определении E . Далее, вследствие соотношения $E = kcd$, ошибка, которая получается при определении концентрации на основании измерения поглощения света, зависит от абсолютной величины k . Для сравнения следует указать, что при измерениях спектров поглощения фотографич. путем мы должны считаться в благоприятном случае с ошибкой в 4—5%. Для усовершенствованного метода фотографич. Сист. А. Анори получается точность приблизительно в 2%; аналогичный метод Шайбе дает для максимума кривой точность $\pm 5\%$, а для ветвей кривой $\pm 2\%$. Визуальную С. превосходит лишь фотоэлектрич. метод, к-рый дает точность до 0,2% (Розенберг), а при применении установки с двумя фотоэлементами и ахроматич. клином—до 0,1% (Хальбан), но является слишком сложным для практики.

Лит.: Спектрофотометрия и ее приложения в технике, Сборн. под ред. Н. Федорова, М.—Л. (печат.) (приведена исчерпывающая библиография); ОСТ 1996; Mc. Nichols, Equipment for Routine Spectral Transmission and Reflection Measurements, Bur. of Stand., Journal of Research, Wash., 1928, v. 1, p. 793—859; Martens u. Grünbaum, Über eine Neukonstruktion des Königlichen Spektralphotometers, «Ann. der Physik», Leipzig, 1903, Folg. 4, B. 12, p. 984—1003; Gibson K., Spectrophotometer (в книге), The Dictionary of Applied Physics, v. 4, London, 1923.

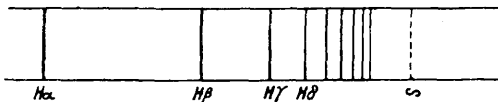
СПЕКТРЫ (атомные, молекулярные), совокупность пространственно разделенных гармонических составляющих света, излучаемого атомами и молекулами. С. разделяются на 1) линейчатые, состоящие из отдельных светлых линий на темном фоне, 2) полосатые и 3) сплошные. Полосатые С. при наблюдении с помощью приборов с малой дисперсией (см.) имеют вид отдельных светлых полос, разделенных более или менее темными промежутками. Наблюдения с помощью приборов с большей дисперсией показывают, что на самом деле каждая полоса распадается на большое число отдельных тонких линий. Сплошные С. характеризуются действительно непрерывным распределением света по длинам волн; как правило они испускаются раскаленными твердыми или жидкими телами и тянутся на значительные области. Реже сплошные С. испускаются парами или газами. Со времени Бунзена и Кирхгофа, открывших спектральный анализ, было выяснено, что линейчатые С. испускаются отдельными атомами, в то время как полосатые— молекулами. Каждый атом и каждая молекула имеют свой вполне определенный С. Основная закономерность, которой подчиняются линейчатые С., заключается в том, что линии располагаются не беспорядочно, но составляют определенные характерные группы, называемые сериями. Частоты линий, принадлежащих к одной серии, м. б. представлены в виде сравнительно простой ф-ии от последовательного ряда целых чисел. Простейший вид эта функция имеет для водорода, частоты всех линий к-рого охватываются ф-лой Бальмера (1885 г.):

$$\nu = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right), \quad (1)$$

где n_2 и n_1 —целые числа, а R —постоянная, носящая название постоянной Ридберга. Обычно вместо частот линии характеризуются другими величинами: волновыми числами, пропорциональными частотам. Волновые числа равны числу волн, укладываемых на длине в 1 см. Если ν выражено в волновых числах, то

$$R = 1,097 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}.$$

При $n_2 = 1$, $n_1 = 2, 3, 4, \dots$ формула (1) дает ряд линий, лежащих в далекой ультрафиолетовой части С. (серия Леймана). При $n_2 = 2$, $n_1 = 3, 4, 5, \dots$ получаются линии с длинами волн λ 6562,80 Å (H α), λ 4861,33 Å (H β), λ 4340,47 Å (H γ) и т. д., лежащие частью в видимой, частью в близкой ультрафиолетовой области (фиг. 1).



Фиг. 1.

При $n_2 = 3$, $n_1 = 4, 5, \dots$ получаются инфракрасные линии (серия Пашена) и т. д. С. ионов, сходных с водородом (ионизованного гелия, дважды ионизованного лития и т. д.), охватываются обобщенной ф-лой Бальмера:

$$\nu = R \cdot Z^2 \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right), \quad (2)$$

где Z —атомный номер данного иона. Их серии вполне аналогичны сериям водорода, только благодаря множителю Z^2 сдвинуты в ультрафиолетовую часть С. В спектроскопии принято отмечать нейтральное состояние атома римской

цифрой I, однократную ионизацию цифрой II и т. д.; т. о. ф-ла (2) изображает С. ряда H I, He II, Li III, Be IV и т. д. Основными линиями этого ряда являются линии, соответствующие значениям $n_2 = 1$, $n_1 = 2$; их частоты равны:

$$\nu = \frac{3}{4} RZ^2 \quad \text{или} \quad \sqrt{\frac{\nu}{R}} = \sqrt{\frac{3}{4}} Z. \quad (3)$$

Второе выражение показывает, что корни квадратные из частот этих линий растут пропорционально атомным номерам. Эта закономерность вполне аналогична закону Мозли для рентгеновых С. В табл. 1 сравнены наблюдаемые и вычисленные по ф-ле (3) длины волн для H I, He II, Li III и Be IV:

Табл. 1.—Сравнения λ , наблюдаемых и вычисленных по формуле (3).

Z	Элемент	λ в Å	
		вычислено	наблюдено
1	H I	1 215,68	1 215,68
2	He II	303,80	303,7
3	Li III	135,01	135,02
4	Be IV	75,94	75,94

В общем случае Ридбергом было установлено, что частоты линий, принадлежащих к одной серии, м. б. представлены ф-лой:

$$\nu = T_2 - T_1.$$

Величины T_2 и T_1 называются спектральными термами и являются ф-ями от целых чисел. Для водорода и сходных с ним ионов:

$$T = \frac{RZ^2}{n^2}.$$

Для других элементов по Ридбергу

$$T = \frac{RZ^2}{(n+x)^2},$$

где R , n , Z имеют прежнее значение, а x —поправка, постоянная для каждого данного ряда термов. Терм, характеризуемый данным целым числом n и данной поправкой x , обозначается символом nx .

У многих элементов линии каждой серии распадаются на несколько б. или м. тесно расположенных линий. Если они распадаются на две, их называют дублетами, если на три,—триплетами и т. д.; в общем случае говорят о спектральных мультиплетах. При мультиплетной структуре линий каждый из термов распадается на ряд термов. В этом случае отдельные значения терма отмечаются индексами. Слева сверху символа x пишется цифра, указывающая наибольшее возможное число различных термов данной группы. Спектральные термы обозначаются символами 1^3S_1 , $2^3P_{1/2}$, $2^3P_{3/2}$, 3^3D_1 , 3^3D_2 , 3^3D_3 и т. д. У щелочных металлов Ридбергом было установлено существование трех различных серий; эти серии получили название: 1) главной, 2) первой побочной, 3) второй побочной. Впоследствии Бергман открыл у щелочных металлов в инфракрасной части С. еще одну серию. Линии всех серий представляют собой дублеты, причем эти дублеты очень узки у Li, несколько шире у Na и вообще тем шире, чем больше атомный вес элемента. Главная серия содержит самые яркие и наиболее легко получаемые линии; головная линия главной серии (резонансная линия) является вообще линией наиболее характерной для С. данного элемента. Кроме того линии главной серии обнаруживаются

также в поглощении. Символич. серии щелочных металлов обозначаются след. обр.:

- Главная серия: $\nu = 1^2S_{1/2} - n^2P_{1/2}, 3/2;$ $n=2, 3, 4 \dots$
- 2-я побочная: $\nu = 2^2P_{1/2}, 3/2 - n^2S_{1/2};$ $n=2, 3, 4 \dots$
- 1-я побочная: $\nu = 2^2P_{1/2}, 3/2 - n^2D_{3/2}, 5/2;$ $n=3, 4, 5 \dots$
- Серия Бергмана: $\nu = 3^2D_{3/2}, 5/2 - n^2F_{5/2}, 7/2;$ $n=4, 5, 6 \dots$

Аналогичные серии испускают ионы, сходные с щелочными металлами, напр. Mg II, Al III, ... Ca II, Sc III, ... и т. д.

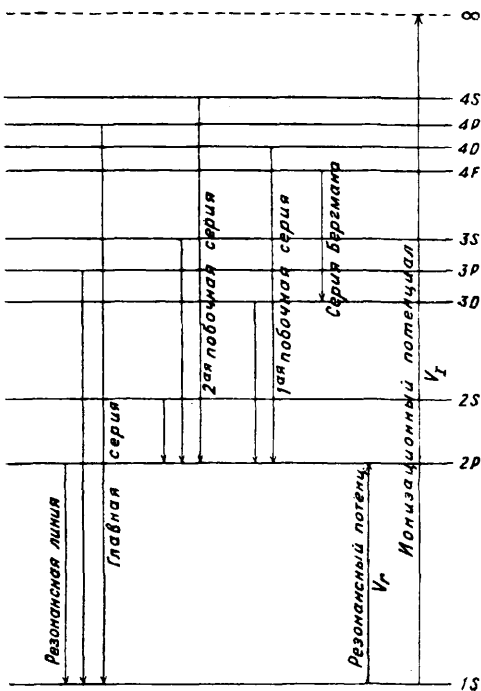
Теоретич. толкование спектральные серии получили в теории Бора. По Бору атом обладает рядом устойчивых (стационарных) состояний, соответствующих различным расположениям электронов, составляющих его оболочку. Находясь в этих стационарных состояниях, атом не лучеиспускает. Испускание линий происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое, причем при переходе испускается одна линия с монохроматической частотой, определяемой «правилом частот» Бора:

$$\nu = \frac{W_1}{h} - \frac{W_2}{h}, \tag{4}$$

где W_1 —энергия атома в начальном стационарном состоянии, а W_2 —в конечном, h —постоянная Планка, равная $6,55 \cdot 10^{-27}$ эрг. сек. Серийные термы по Бору пропорциональны энергиям стационарных состояний:

$$T = -\frac{W}{h}. \tag{5}$$

На этом соотношении основан удобный графич. способ изображать возникновение спектральных линий. Значения энергий стационарных состояний атома изображаются в виде горизонтальной



Фиг. 2.

(фиг. 2), а возникновение линий в виде вертикальных стрелок, соединяющих те два уровня, при переходе между которыми данная линия испускается. У щелочных металлов в процессе испускания участвует только один самый

внешний электрон. Движению этого электрона по различным орбитам и соответствуют различные энергетич. уровни атома. Самым глубоким уровнем является уровень $1^2S_{1/2}$; на нем нормально находится электрон. Если электрон благодаря какому-нибудь внешнему воздействию поднят на более высокий уровень, то, возвращаясь обратно, он испускает определенные линии. Легче всего электрон подвять на энергетически ближайший уровень $2P$. Обратному переходу с уровня $2P$ на уровень $1S$ соответствует испускание головной (резонансной) линии главной серии $\nu = 1S - 2P$, которая возбуждается легче всего. Для испускания остальных линий С. электрон надо подвять на более высокие уровни. Если атом возбуждается к свечению налетающим ивне электроном, то скорость этого электрона д. б. достаточной, чтобы при ударе об атом перевести его с нормального уровня на один из более высоких. Скорость налетающего электрона выражают через потенциал ускоряющего его внешнего поля в В. Потенциал, достаточный для возбуждения линии, называют резонансным, а потенциал, достаточный, чтобы выбить электрон с нормального уровня за пределы атома, — ионизационным. Значение ионизационного потенциала дается энергией наиболее глубокого уровня атома или, в силу установленной Бором пропорциональности между значениями термов и энергией, значением наиболее глубокого терма. Для щелочных металлов это будет терм $1S$; одновременно он дает т. н. «предел» главной серии. В табл. 2 приведены значения резонансных и ионизационных потенциалов для щелочных металлов.

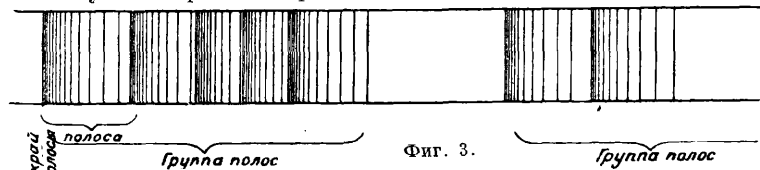
Табл. 2.—Значения резонансных и ионизационных потенциалов для щелочных металлов.

Название элемента	Резонансная линия λ в Å	Резонансный потенциал в В	Ионизационный потенциал в В
Li	6707		
Na	5893—5896	2,09	5,11
K	7615—7699	1,6	4,32
Rb	7947—7800	1,6	4,15
Cs	8521—8943	1,45	3,87

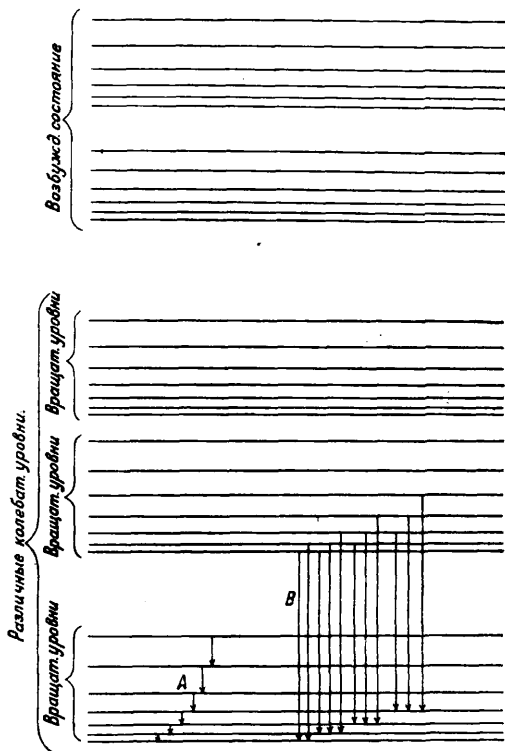
Процессу поглощения света соответствуют переходы атома из нормального в более высокие энергетич. состояния. Этим объясняется тот факт, что в поглощении обнаруживаются лишь линии главной серии. За пределом главной серии лежит область сплошного поглощения. При этом поглощении электрон выбрасывается с нормального уровня за пределы атома—происходит процесс фотонионизации. Современная теория атомных С., базирующаяся на представлении Бора об энергетич. уровнях, позволяет разобратсь во всех С., включая самые сложные, и связать их строение с периодич. системой элементов. Элементы, стоящие в одинаковых столбцах, имеют сходные С., причем элементы с нечетной валентностью обладают четным порядком мультиплетности (дублеты, квартеты и т. д.), и наоборот. Сложность С. возрастает по мере передвижения по каждой строке табл. Менделеева слева направо. Примером сложного С. может служить Fe, у к-рого имеется набор триплетных, квинтетных и септетных серий. Новая квантовая механика позволяет подойти к проблеме С. не только с качественной, но и с количественной стороны,

давая методы расчета энергий стационарных состояний и интенсивности испускаемых линий.

Молекулы испускают, как указано, полосы С. Каждая полоса состоит из большого числа отдельных линий. Эти линии располагаются более густо у одной из сторон полосы, образуя характерный «край». Отдельные полосы собираются в закономерные группы. Группы могут повторяться в различных частях С.,



образуя систему групп (фиг. 3). Такое наличие тройных закономерностей в молекулярных С. отвечает трем возможным типам движений в молекулах: 1) вращению молекул как целое, 2) колебанию ядер относительно центра тяжести и 3) движению электронов. По современной теории строения молекул этим трем типам движений соответствуют определенные стационарные состояния. Каждое стационарное состояние характеризуется вполне определенным значением энергии, которое м. б. изображено, как и в случае атома, энергетич. уровнем



Фиг. 4.

(фиг. 4). Излучение света происходит при переходе молекулы с одного из уровней на другой, причем испускается отдельная линия с частотой, определяемой приведенным выше правилом частот Бора. При этом следует иметь в виду, что энергия молекул W складывается из трех энергий—энергии движения электронов W_e , энергии колебания ядер W_v и энергии вращения молекулы W_r . Наиболее полно

в настоящее время изучены С. двухатомных молекул. Их изучение показывает, что из трех энергий молекулы W_e , W_v и W_r наименьшей является энергия вращения W_r , а наибольшей—энергия движения электронов W_e . Энергетически наиболее бедным является состояние молекулы, соответствующее нормальному расположению электронов и отсутствию всякого вращения и колебания. В этом состоянии молекула обычно и находится

(нижний уровень, фиг. 4). При сообщении молекуле извне небольших количеств энергии (например при столкновении с другими молекулами при невысоких t°) возбуждаются лишь вращательные состояния

молекулы. При переходах между этими вращательными состояниями (A на фиг. 4) испускается т. н. чисто ротационный спектр, состоящий из отдельных линий, лежащих в далекой инфракрасной части. Теория показывает, что из расположения этих линий можно непосредственно вычислить момент инерции молекулы. При сообщении молекуле извне больших количеств энергии возбуждаются и колебательные состояния. На каждое данное колебательное состояние накладываются вращательные. При переходах между различными колебательными состояниями (например переходы B на фиг. 4) испускается С., состоящий из отдельных полос, т. н. вибратионно-ротационный спектр. Наконец может быть изменена и электронная конфигурация молекулы—молекула приведена в возбужденное состояние. В возбужденном состоянии молекула также может совершать колебания и вращаться. Переходам между возбужденным и невозбужденным состояниями соответствует испускание новой группы полос. При увеличении энергии колебаний полосы располагаются все теснее и теснее друг к другу, стремясь к некоторому пределу. Положение этого предела отвечает тому значению энергии колебаний, к-рая достаточна, чтобы вызвать диссоциацию молекулы, т. е. ее распад. Т. о. энергия диссоциации м. б. вычислена из расположения полос. Если молекула колеблется в возбужденном состоянии, то, диссоциируя, она распадается на один нормальный, а другой возбужденный атом. Молекула может распасться и при увеличении энергии вращения, причем и этот процесс сказывается характерным образом на С. молекулы—обычно в виде размытости нек-рых полос (явление предиссоциации).

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; его же, Физика наших дней, изд. 4, М.—Л., 1932; Фриш С., Современные теории спектров, М.—Л., 1931; Kayser H., Handb. d. Spektroskopie, B. 1—6, Lpz., 1900—12; Ios G. u. Angerer E., Anregung d. Spektren, Handb. d. Experimentalphysik, B. 22 Lpz., 1929; Ios G., Ergebnisse u. Anwendungen d. Spektroskopie, ibid., hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 22 Leipzig, 1929; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 21, B., 1929; Balu E., Spectroscopy, 3 ed., v. 1—2, L., 1924—27; Lecoq de Boisbaudran et Gramont A., Analyse spectrale appliquée aux recherches de chimie minérale, P., 1923; Paschen F. u. Götzte R., Seriensetze d. Linienspektren, B., 1922; Hicks W., Treatise on the Analysis of Spectra, Cambridge, 1922; Hund F., Linienspektren u. periodisches System d. Elemente, 1927.

С. Фриш.

СПЕРМАЦЕТ, см. Воски.

СПЕЦИАЛЬНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, водоснабжение, устраиваемое в отдельных случаях и отличающееся характерными особенностями. К С. в. может быть отнесено водоснабжение: а) противопожарное, б) пневматическое, в) автоматическое, г) теплой водой.

Противопожарное водоснабжение преследует цель непосредственного тушения пожаров из брандспойтов от пожарных рукавов, привинченных к пожарным кранам водопроводной сети. Давление, которое необходимо для получения пожарных струй, зависит от высоты здания и м. б. принято равным 4–6 *atm* и более для больших городов и до 3 *atm* для малых городов. В отношении приспособленности к тушению пожаров водопроводы можно разделить на: а) специальные противопожарные, или водопроводы высокого давления, б) обыкновенные противопожарные, или водопроводы с переменным давлением, и в) хозяйственные, или водопроводы низкого давления.

Специальные противопожарные водопроводы, встречающиеся лишь в некоторых больших городах Сев. Америки, имеют свою отдельную от хозяйственного водопровода сеть; вода нагнетается в сеть под высоким давлением. Устройство таких водопроводов оправдывается лишь в исключительных случаях (для торговых центров, на товарных пристанях, в районах фабрик). Обыкновенные противопожарные водопроводы сооружаются с прекращением хозяйственного водоснабжения во время пожара (сист. Зимина) или без прекращения его (сист. Birkinbine). В первом случае вся хозяйственная вода подается под усиленным пожарным давлением к месту пожара, для чего на всех ответвлениях устанавливаются особые вентили, уравновешенные при обыкновенном хозяйственном давлении и запирающиеся автоматически при усиленном пожарном давлении. Если некоторые ответвления, напр. к больницам, не должны выключаться, то они должны выдерживать усиленное пожарное давление; иногда же ставят редукционные краны. На некоторых ответвлениях (напр. к водоразборным будкам) устанавливают вентили Зимина, которые и по прекращении усиленного давления открываются не автоматически, а от руки; это делается с целью снабжать места пожара достаточным количеством воды и после локализации его. В этой системе при хозяйственном водоснабжении также используются уравнительными и напорными резервуарами, выключаемыми во время пожара, причем диам. уличных труб берут всюду не менее 125 мм во избежание излишней потери напора во время пожара. Противопожарные водопроводы по сист. Зимина, устроенные между прочим в Самаре, Тобольске, Семипалатинске, Красноярске, Тюмени, могут оказаться более дешевыми в малых городах, где устройство канализации нельзя скоро предвидеть. В городах же средней величины, в которых уже имеется канализация или ее предполагают устроить в ближайшем будущем, противопожарные водопроводы можно устраивать лишь без прекращения во время пожара хозяйственного водоснабжения. Последняя система применена между прочим в Рязани, Томске, Вятке, Рыбинске. Такие водопроводы должны доставлять к месту пожара определенное количество пожарной воды и в часы наибольшего хозяйственного разбора воды. Диаметры сети подбираются по наибольшему хозяйственному расходу, потери же напора и скорости проверяются как для хозяйственного, так и для пожарного водоснабжения, имея при этом в виду наиболее невыгодные условия действия сети. При одном гидранте берут обыкновенно трубы диаметром 100 мм, при двух—125 мм, при трех—150 мм.

Машинное оборудование д. б. таково, чтобы при возникновении пожара можно было увеличить подачу воды на пожарный расход ее, а давление—с хозяйственного до пожарного, не превышая однако практически допускаемого давления (при трубах нормального сортамента—не свыше 10 *atm*). Уравнительные и напорные резервуары располагают на высоте хозяйственного напора, выключая их на время пожара. Резервуар чистой воды (при фильтрах) рассчитывается на известный запас хозяйственной воды и не менее, чем на шестичасовой пожарный запас воды. В хозяйственных водопроводах приходится пользоваться пожарными насосами для получения пожарных струй; вода при этом подается из хозяйственного водопровода, рассчитываемого как на хозяйственный, так и на пожарный расход воды. В городах без канализации допускают, чтобы напор в сети был достаточен (около 4 м) для наполнения пожарных бочек на окраинах города, а в главных магистралях понижался не более, чем на половину. В городах же с канализацией приходится, при совпадении времени пожара с наибольшим потреблением хозяйственной воды, увеличивать работу машин. При выключении на время пожара напорных и уравнительных резервуаров и подаче воды насосами прямо в сеть, машины работают неравномерно, что вредно отражается на них. Нагнетание воды в сеть под большим напором, крайне опасное для насосов и сети, требует устройства предохранительных приспособлений на случай закрытия пожарных кранов. Более целесообразным является обеспечить равномерную работу машин, не выключая резервуаров и рассчитывая машины так, чтобы сеть подавала необходимое количество как хозяйственной, так и пожарной воды, хотя и под низким давлением, но достаточным для подъема воды во время пожара в верхние этажи зданий, причем для особенно невыгодных точек снабжения водой иногда допускают во время пожара небольшие понижения напора. В этих водопроводах сеть д. б. кольцевая, причем налечит избежать длинных 100-мм трубопроводов, не пересекаемых трубами большего диаметра. На случай пожара здесь также д. б. предусмотрен запас воды не меньше расхода на шестичасовой пожар в городе.

Главным преимуществом противопожарных водопроводов является отсутствие пожарных обозов. В больших городах устраивают обыкновенно хозяйственные водопроводы, способные доставить необходимое количество пожарной воды и при наибольшем хозяйственном расходе, хотя бы не под пожарным давлением; этим устраняется излишняя мощность машин для подъема воды во время пожара, но, с другой стороны, это обуславливает применение пожарного обоза. Когда сеть большого города м. б. разбита на несколько отдельных независимых друг от друга сетей со своими насосными станциями, то может оказаться экономически выгодным применение противопожарной системы без прекращения хозяйственного водоснабжения.

В основу расчета могут быть положены следующие данные. 1) Число одновременных пожаров принимается не более двух. 2) Расчет сети на пожарный расход ведется для крупных и средних городов при максимальном часовом расходе, для малых городов и поселков—при полуторном, до двойного, среднем, часовом

расходе, а для сельских местностей при полноторном среднем часовом расходе. 3) Расход воды на один пожар должен назначаться, соотносясь прежде всего с характером застройки населенного пункта и этажностью застройки; расход на один пожар м. б. принят равным $2400 \div 900$ л/мин для весьма больших городов (350—500 тысяч жителей), 1800—900 л/мин для больших городов (200—350 тыс. жит.), 1500—600 л/мин для городов на 75—200 тыс. жит., 900—600 л/мин для средних городов (25—75 тыс. жит.), 600—300 л/мин для малых городов и селений (10—25 тыс. жит.) и 300 л/мин для селений менее 10 тыс. жителей. В качестве расчетной единицы принята струя в 300 л/мин, к-рая в случае необходимости может делиться на две части. Пожарный расход для промышленных предприятий учитывается особо. При устройстве первой очереди и по местным условиям м. б. допущены пониженные нормы. 4) При хозяйственно-противопожарном водопроводе низкого давления, требующего для тушения пожара применения подвижных насосов, напор в сети должен обеспечивать пользование санитарными приборами, установленными в верхних этажах зданий, но во всяком случае напор не д. б. менее 10 м на уровне поверхности земли. 5) При хозяйственно-противопожарном водопроводе высокого давления с установкой стационарных насосов, повышающих давление в сети при включенных регулирующих резервуарах, свободный напор в сети д. б. не менее 25 м для тушения двухэтажных зданий и не менее 40 м для тушения четырехэтажных зданий. 6) Расстояние между гидрантами д. б. равно 80—120 м. В Сев. Америке, где противопожарные водопроводы особенно распространены, при расчетах пользуются по Фаннингу следующими данными: а) пожарная струя должна давать $0,95$ м³/мин при давлении у наконечника брандспойта в 3 атм; б) число струй для успешной борьбы с пожаром д. б.: при 1 тыс. жителей 2—3 струи, при 5 тыс. 4—8 струй, при 10 тыс. 6—12 струй, при 20 тыс. 8—15 струй, при 40 тыс. 12—18 струй, при 60 тыс. 15—22 струи, при 100 тыс. 20—30 струй, при 200 тыс. 30—45 струй; в) пожарное количество воды д. б. добавлено к хозяйственной воде и рассчитано не менее, чем на 6 ч.; г) расстояние между гидрантами д. б. таково, чтобы каждый рукав был длиной не более 120—150 м; д) диам. водопроводных труб д. б. не менее 150 мм при кольцевой системе сети. Фриман (Freeman) рекомендует при скученных постройках принимать в расчет не менее 10 нормальных струй независимо от количества населения, принимая за нормальную струю такую, к-рая дает $0,95$ м³/мин из брандспойта с диаметром отверстия у наконечника в 28,5 мм. При больших пожарах употребляют брандспойты-стендеры с наконечниками диам. 50 мм, получаю при этом более мощные струи (за счет меньшего числа их), бьющие на высоту до 42,6 м (Нью Йорк) и даже до 70 м (Филадельфия). В городах средней величины, где высота домов не превышает 3—4 этажей, высота нормальных струй принимается в 25,6 м, причем такая струя выбрасывает $0,615$ м³/мин из брандспойта с цилиндрич. наконечником диам. 22 мм при свободном давлении у наконечника ок. 3 атм; учитывая потерю напора в 75-мм рукаве длиной ок. 100 м, получим необходимое давление у рукава ок. 4 атм. Обыкновенно исходят из предположения об одновременных по-

жарах в 2—3 местах города, принимая, что в каждом месте действуют 3—4 гидранта, дающие нормальные струи.

Скорость v , с к-рой струя выступает из наконечника, определяется по формуле:

$$v = \sqrt{2gh_0}, \quad (1)$$

где g —ускорение силы тяжести, равное $9,81$ м/сек², h_0 —свободный напор у мундштука наконечника. Расход воды вычисляется по формуле:

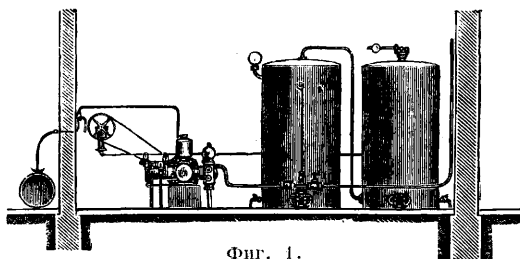
$$Q = 0,95 \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh_0}. \quad (2)$$

Высота вертикальной струи по Фриману равна:

$$H = h_0 - 0,000113 \frac{h_0^2}{d}, \quad (3)$$

где H —высота вертикальной струи. Ф-ла эта применима для $h_0 = 28 \div 49$ м и $d = 19 \div 35$ мм. В действительности высота струи получается меньше высоты, определяемой по формуле (3): для расчетной $H = 15$ м действительная высота равна $0,885 H$, для 23 м— $0,795 H$, для 30 м— $0,735 H$, для 38 м— $0,675 H$, для 46 м— $0,635 H$. Наибольшая дальность подачи струи получается: для $h_0 = 3,5$ —7 м при угле α наклона струи, равном 45° , для $h_0 = 10$ м при $\alpha = 35$ — 40° , для $h_0 = 35$ м при $\alpha = 30$ — 34° . Высота и дальность подачи струи, определенные по приведенным данным, имеют место при отсутствии ветра.

Пневматическое водоснабжение. Требуемый напор м. б. достигнут вместо установки водонапорного резервуара устройством пневматич. станции, в числе главных составных частей которой имеется электронасос, компрессор и два закрытых резервуара. Последние соединены между собой воздушной трубой, а с водоразборными кранами — напорным трубопроводом. Резервуары снабжены предохранительным клапаном, манометром, спускными кранами и про-

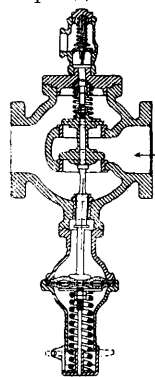


Фиг. 1.

чей арматурой (фиг. 1). Один из резервуаров наполнен сжатым воздухом, а второй—водой, находящейся под давлением сжатого воздуха, достаточным для подъема воды по напорному трубопроводу к местам разбора ее. Резервуары и насос с принадлежностями устанавливают обыкновенно в подвальном помещении.

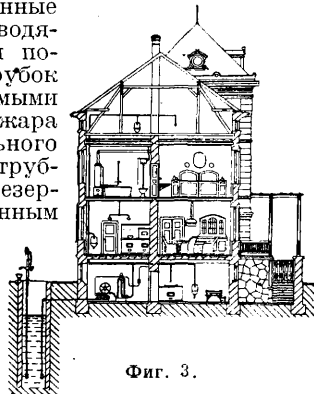
Различают системы пневматич. водоснабжения с переменным и с постоянным давлением воздуха. В первой системе резервуары соединены между собою тонкою трубкою с краном. По разоборении резервуаров накачивают в сеть и в водяной резервуар воду, а в воздушный резервуар—воздух до давления, обыкновенно вдвое больше нормального. После этого открывают кран на соединительной трубе между резервуарами, приводя тем самым в действие всю установку. С целью воспрепятствовать вытеканию всей воды из водяного резервуара и попаданию в сеть воздуха устанавливают на напорной трубе автоматический клапан, тотчас закрывающийся, как только вода в резервуаре понизится до уровня, немного выше выхода

в напорную трубу. По мере убыли воды из водяного резервуара воздух расширяется и давление уменьшается. Когда оно окажется недостаточным для подъема воды, производят подкачку воды в резервуар до образования полного давления. По достижении предельного уровня воды клапан с поплавком закрывает доступ воды в соединительную трубу для предохранения от попадания воды в воздушный резервуар. Переполнение водяного резервуара водой предотвращается предохранительным клапаном на холостой трубе, по к-рой излишняя вода отводится в водосточную сеть. Воздушный резервуар снабжается также предохранительным клапаном. Воздух мало поглощается водою, а утечка его через неплотности незначительна; поэтому компрессор приводится в действие только для первоначального наполнения воздушного резервуара, затем периодически, не чаще одного раза в месяц, для пополнения убыли. Компрессор засасывает воздух или непосредственно из помещения пневматич. станции или же наружный. Поступающий в компрессор воздух очищается предварительно в фильтре воздухоприемника. На установках с постоянным давлением в отличие от предыдущей системы устанавливается на соединительной трубе между воздушным и водяным резервуарами особый редукционный клапан (фиг. 2), пропускающий в водяной резервуар такое количество сжатого воздуха, чтобы давление в нем имело определенную постоянную величину. Давление в воздушном резервуаре должно быть конечно больше, чем в системе с переменным давлением. Дабы при новом накачивании воды в водяной резервуар не терять сжатого воздуха, его перекачивают компрессором обратно в воздушный резервуар, с каковой целью компрессор соединяют с насосом, подающим воду, т. ч. воздух высасывается из водяного резервуара одновременно с подачей в него воды. Резервуары, применяемые в пневматических установках, могут быть как вертикальные, так и горизонтальные. Большие пневматич. установки приспособляют иногда и для тушения пожаров, включая в систему добавочные воздушные резервуары с большим давлением, соединенные с соответственными водяными резервуарами посредством особых трубок с кранами, открываемыми лишь в случае пожара после предварительного закрытия кранов на трубках к воздушным резервуарам с обыкновенным давлением.



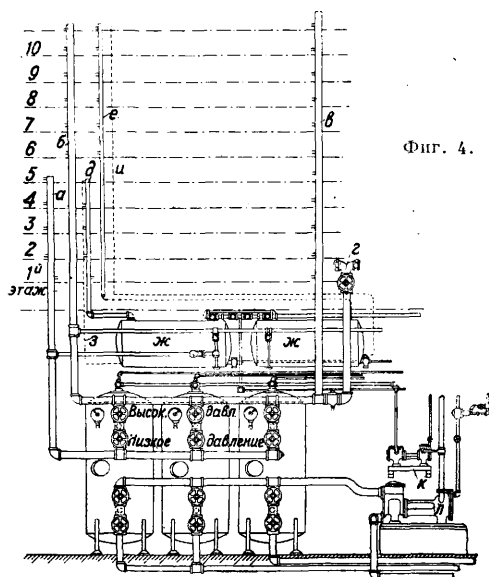
Фиг. 2.

На фиг. 3 изображено пневматич. водоснабжение небольшого дома, а на фиг. 4—пневматич. установка, применяемая в Америке для водоснабжения высоких домов, в данном случае для 10-этажного дома. В последнем примере насосы, установленные в подвале, подают воду из бака в закрытые цилиндрич. резер-



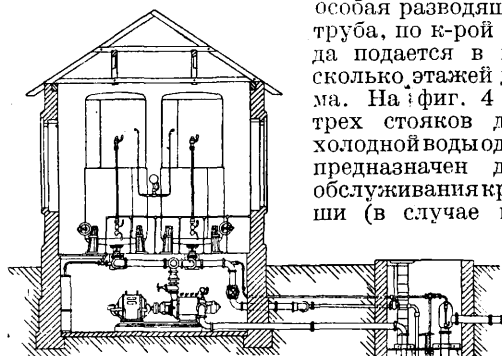
Фиг. 3.

вуары, в верхних частях которых содержится воздух под давлением. Бак расположен тут же в подвале и пополняется водой из город-



Фиг. 4.

ского водопровода. В очень высоких домах каждый резервуар обслуживается особым насосом, причем из каждого резервуара идет

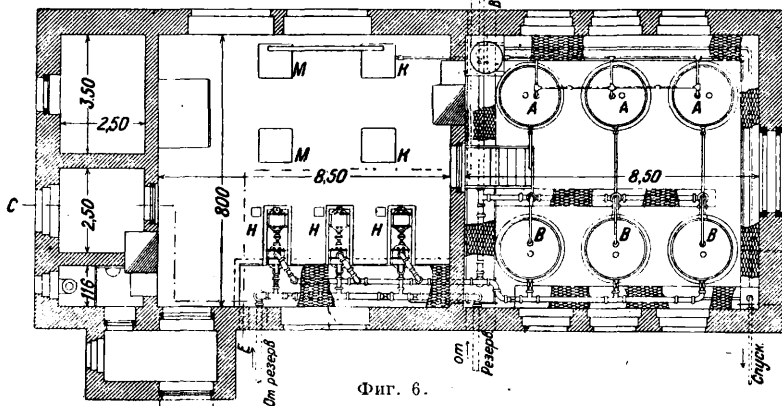


Фиг. 5.

особая разводящая труба, по к-рой вода подается в несколько этажей дома. На фиг. 4 из трех стояков для холодной воды один предназначен для обслуживания крыши (в случае пожара) и верхних этажей, другой— для средних и третий— для нижних этажей, причем в каждом из трех резервуаров поддерживается соответствующее давление. В случае пожара все резервуары соединяются между собой путем открытия соответствующих задвижек, и вода подается наиболее сильным насосом. Наружу здания выведена труба, которая соединена с разводящей трубой верхних этажей и через к-рую можно накачивать воду пожарной машиной для тушения пожара внутри дома. На фиг. 4 показана также система распределения горячей воды. Обозначения на фиг. 4: а—холодная вода до 5-го этажа, б—холодная вода до крыши, в—пожарная труба до чердака, г—пожарный гидрант, д—горячая вода до 5-го этажа, е—горячая вода до чердака, ж—резервуары горячей воды, з—обратная труба горячей воды от 5-го этажа, и—обратная труба горячей воды от чердака, к—компрессор,

л—насос. На фиг. 5 представлена пневматич. водонапорная станция для обслуживания групп зданий или небольшого селения; вода подается в резервуар из колодца электронасосом; из резервуара вода на-

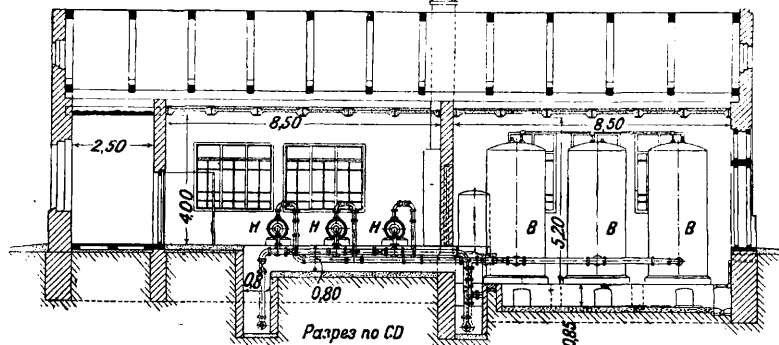
(электромоторы по 25 HP). Пневматич. система водоснабжения особенно применима: 1) для противопожарных целей, когда необходимо иметь всегда наготове запас воды для тушения пожара до приведения в действие пожарных насосов; 2) для снабжения водою верхних этажей высоких домов, для которых напор в городской сети недостаточный и необходима подкачка воды своими насосами в свой резервуар; 3) для снабжения водой отдельных возвышенных частей города, которые не могут быть обслуживаемы общей городской сетью за недостатком напора, и в других подходящих случаях.



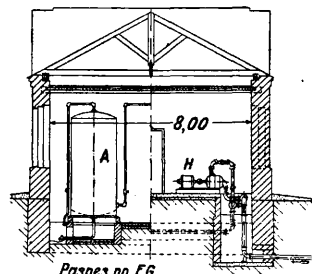
Фиг. 6.

гнетается под давлением сжатого воздуха в водопроводную сеть. На фиг. 6, 7 и 8 показан пример пневматич. установки для водоснабжения фабрично-заводского поселка со средним суточным расходом воды 300 м³ и максимальным суточным расходом воды 450 м³. Вода,

насосную станцию к автоматической подаче воды в напорный бак или в герметич. напорный водяной резервуар (при пневматич. водоснабжении). Для этого используют намечаемые низший и высший уровни воды в резервуаре для автоматич. включения и выключения электромотора, приводящего в движение насос. При заборе воды из резервуара поплавков S

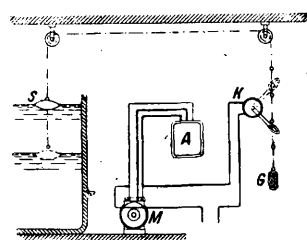


Фиг. 7.



Фиг. 8.

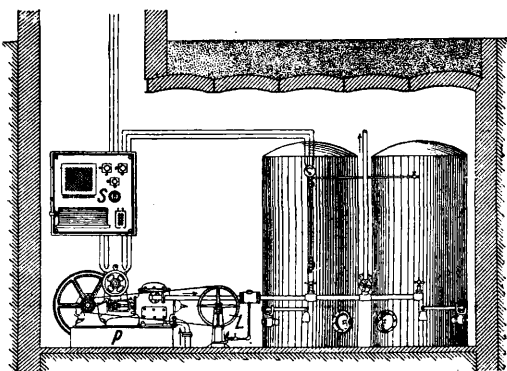
забираемая из артезианской скважины, подается в подземный резервуар, расположенный рядом с насосной пневматической станцией. Из подземного резервуара вода нагнетается двумя хозяйственными центробежными насосами Н в три водяных резервуара В емкостью по 9,8 м³ каждый. Воздушные резервуары А имеют ту же вместимость, что и водяные резервуары. Пневматическая установка работает с переменным давлением от 4 до 2 atm. Противопожарных резервуаров нет, и вода нагнетается в сеть при пожаре пожарным насосом (третий насос Н). В резервуары А и в скважину воздух накачивается под давлением в 6 atm при помощи двух компрессоров К, приводимых в движение электромоторами М. Производительность насосов: хозяйственных — по 10,3 л/сек (электромоторы по 20 HP), пожарного — 17 л/сек (электромотор в 30 HP). Производительность компрессоров — по 2,25 м³ воздуха в минуту



Фиг. 9.

и накачивает воду в резервуар. При этом поплавки начинают подниматься и, достигнув наивысшего намеченного предела, при помощи

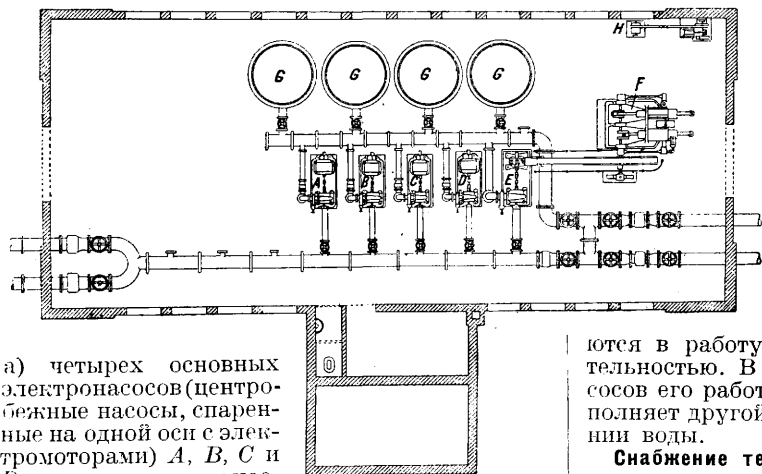
(фиг. 9), уравновешенный противовесом G, опускается до известного предела, когда рычаг переключателя К займет положение, включающее электрический ток. Тогда электронасос М приводится в движение при помощи автоматического приспособления А для пуска в ход



Фиг. 10.

и накачивает воду в резервуар. При этом поплавки начинают подниматься и, достигнув наивысшего намеченного предела, при помощи

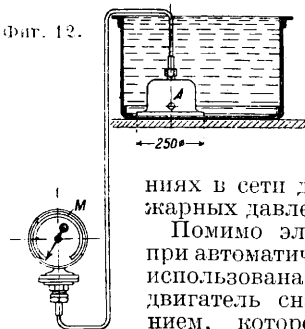
того же рычага переключателя выключает электрич. ток, и насос прекращает работу. На фиг. 10 показана пневматич. автоматически действующая станция сист. Герлаха; *S*—автоматич. переключатель, *P*—насос, *L*—воздушный компрессор. Как только давление в резервуарах достигнет своего минимума, начинает работать насос, возмещающая происшедшую в резервуаре убыль воды. Электро-автоматич. насосная станция (фиг. 11), обслуживающая водопровод поселения Schiedam в Голландии, состоит из



Фиг. 11.

а) четырех основных электронасосов (центробежные насосы, спаренные на одной оси электромоторами) *A*, *B*, *C* и *D* с производительностью: два насоса 550—300 м³/ч при подъеме воды 12—30 м и два насоса 320—150 м³/ч при подъеме 12—30 м; все четыре насоса автоматически включаются и выключаются; б) одного запасного центробежного насоса *E*, приводимого в движение двигателем внутреннего сгорания *F*; производительность запасного насоса равна 660 м³/ч при подъеме в 22 м и в 32 м; запасный агрегат установлен на тот случай, когда по каким-либо причинам прекратится подача электричества на насосную станцию; в) четырех воздушных резервуаров *G* диаметром по 2,5 м и высотой 6,7 м; г) воздушного компрессора *H*, приводимого в движение двигателем внутреннего сгорания. Станция работает при нормальных давлении

Фиг. 12.



в сети до 4 atm и противопожарных давлениях до 5 atm.

Помимо электрич. энергии м. б. при автоматическом водоснабжении использована сила ветра; ветряной двигатель снабжают приспособлением, которое переставляет крылья двигателя, выключая или включая таким образом работу установки. Это приспособление однако обходится дорого, почему в большинстве случаев ограничиваются, при отсутствии электрич. энергии, переливной трубой, устраняющей избыток воды в напорном резервуаре, или установкой пневматич. указателя уровня воды в резервуаре. Этот указатель (фиг. 12) состоит из воздушного колокола *A*, установленного на дне резервуара и соединенного при помощи трубопровода с манометром *M*. Вода сжимает находящийся в колоколе и воздушном трубопроводе воздух, вызывая от-

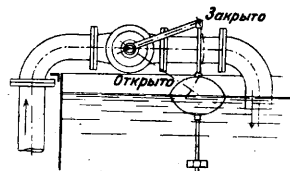
клонение стрелки манометра, что дает возможность произвести непосредственный отсчет по шкале, выраженной в м вод. столба, и так. обр. определять положение уровня воды в напорном резервуаре. При расположении двух резервуаров один над другим автоматич. пусковое приспособление устанавливается у выше расположенного резервуара, нижний же резервуар снабжают поплавковым вентилем. При помощи поплавка, связанного с рукояткой вентиля, последний автоматически открывается и закрывается, допуская наполнение резервуара до известного предела (фиг. 13). Закрытие вентиля происходит плавно, устраняя тем самым гидравлический удар, могущий попортить трубопровод. При установке нескольких насосов они м. б. последовательно автоматически включаемы; при этом автоматич. выключатели располагают так, что сначала пускается насос с наименьшей производительностью, а затем уже включают

ся в работу насосы с большей производительностью. В случае заедания одного из насосов его работу немедленно автоматически выполняет другой насос без задержки в нагнетании воды.

Снабжение теплой водой. Источником тепла для нагревания воды служит очаг, в который вмазан водогрейный котел или заложены специальные змеевики, соединенные с баком для теплой воды; вода в змеевиках нагревается и благодаря ее постоянной циркуляции нагревается вода в баке. Змеевики изготовляют из цельнотянутых стальных труб или из медных труб диам. 20—45 мм. Холодная вода должна поступать в змеевик в самой нижней его точке. При наличии двигателя м. б. использован для нагрева воды отработавший пар при паровой установке или отходящие газы при двигателях внутреннего сгорания. Количество тепла w в Cal/ч. для нагревания Q л воды в час

$$w = Q(t - t_1), \quad (4)$$

где t и t_1 —температура нагретой и холодной воды. Температуры воды для мытья съестных припасов 30—40°, для мытья посуды 65—75°, для полоскания посуды 20—25°, для затворения теста 23—25°, для замачивания белья 30°, для мытья белья 60—95°. Расход воды Q для варки пищи, мытья съестных припасов и т. п.—10 л на человека в сутки, для мытья и полоскания посуды и т. п.—10 л на человека в сутки, для ванны—225 л, для душа—60 л, для хлебопечения—20 л на 50 кг муки в деле, для мытья и полоскания белья—37,5 л на кг белья. На потерю тепла в системе нужно добавлять 10—20% в зависимости от размеров системы, ее изоляции и расположения. Для оборотований с циркуляцией, подверженных сильному охлаждению в ночное время, добавка на потерю увеличивается до 20—35%. В циркуляционных системах рекомендуется выключать циркуляцию на время ее неиспользования. Более точно вели-



Фиг. 13.

чина потери тепла w'_i в Cal/ч. определяется по формуле

$$w'_i = fk(t - t_0), \quad (5)$$

где t_0 —температура окружающего воздуха, k —коэф. общей теплопередачи, выраженный в Cal/м² °C час, равный 10—15 для железных неизолированных поверхностей, 8—10 для чугунных неизолированных поверхностей, 12—16 для медных неизолированных поверхностей, 0,8—3,0 для металлич. поверхностей, изолированных инфузурной землей или пробкой толщиной 50—20 мм, 0,6—1,5 для металлич. поверхностей, изолированных шелковыми оческами толщиной 30—15 мм, 0,5—1,6 для металлич. поверхностей, изолированных войлоком толщиной 30—15 мм, f —площадь поверхности, через которую происходит теплопередача. Потери тепла поверхностью S воды открытого бака теплой воды м. б. выражена в Cal/ч. по Больцману величиной:

$$w'_i = cS \left[\left(\frac{t + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_0 + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (6)$$

где t —температура воды в баке, c —коэф., равный 3—4 для спокойной поверхности воды в баке и 7—10 для подвижной поверхности. По величине полного потребного количества тепла W в Cal/ч. может быть приближенно определена поверхность нагрева H (в м²) прибора, служащего для нагревания воды, по формуле:

$$H = \frac{W}{\eta w'_s}, \quad (7)$$

где w'_s —теплопроизводительность 1 м² поверхности нагрева прибора в Cal/ч., равная 10 000 для малых круглых и очаговых чугунных котлов, 7 500 для средних и больших чугунных котлов с коксовой топкой, 6 000 для чугунных котлов с брикетной топкой, 15 000 для стальных котлов и 18 000 для медных котлов и нагревательных приборов; η —коэф., учитывающий потери, равный в среднем 0,8—0,7.

Вода, нагретая в обогревательном приборе, подается по трубопроводу в места потребления. О расчете и устройстве трубопровода см. *Отопление, Водяное отопление, Трубопроводы*.

Предохранительные приспособления состоят а) из предохранительного расширительного трубопровода, обводного трубопровода и переключающего приспособления или б) из предохранительного расширительного трубопровода и предохранительного возвратного трубопровода. В первом случае каждый водогрейный котел, снабженный или не снабженный запорными вентилями; д. б. соединен с расширительным сосудом по крайней мере одним, не имеющим запорных приспособлений предохранительным трубопроводом, внутренний диаметр которого по всей длине д. б. не менее:

$$d = 14,9 H^{0,355}, \quad (8)$$

где d —внутренний диаметр трубопровода в м.м., H —полная омываемая горячими газами поверхность нагрева котла в м², причем при секционных котлах сюда включаются также поверхность ребер и площадь полой колосниковой решетки.

Если водогрейный котел снабжен запорными вентилями на подающей или на обратной магистрали или на той и другой, то около каждого запорного-вентиля должен быть проложен обводный трубопровод с включенным в него переключающим вентилем, выкидная труба которого устраивается так, чтобы выходящая из нее смесь пара с водой была легко заметна из котельной и не могла причинить людям

вреда. Обводные трубопроводы д. б. не длиннее 3 м, а выкидная труба—не длиннее 15 м; в противном случае определенные по ф-ле диаметры следует увеличить. Если между котлом и запорным вентилем на подающей магистрали присоединен не имеющий запорных приспособлений предохранительный трубопровод, размеры которого соответствуют ф-ле (8), то обводный трубопровод необходим только для обратной. имеющей запорные приспособления магистрали. Внутренний диаметр обводных и выкидных трубопроводов, а также проходов переключающих вентиляей д. б. не менее:

$$d = 13,8 H^{0,435}. \quad (9)$$

Во втором случае каждый водогрейный котел д. б. соединен с расширительным сосудом при помощи двух, не имеющих выключающих приспособлений и независимых друг от друга предохранительных трубопроводов диаметром не менее 25 мм. Внутренний диаметр предохранительного расширительного трубопровода по всей его длине д. б. не менее:

$$d = 15 + \sqrt{20 H}, \quad (10)$$

а внутренний диаметр предохранительного обратного трубопровода не менее:

$$d = 15 + \sqrt{10 H}. \quad (11)$$

Если длина одного из трубопроводов в горизонтальной проекции превышает 20 м или если число изменений направления более 8, то внутренний диаметр обоих предохранительных трубопроводов д. б. увеличен. Предохранительная расширительная труба вводится в расширительный сосуд по возможности сверху и подобно воздухоотводной трубе имеет свое выходное отверстие над высшим уровнем воды; предохранительная труба обратной магистрали присоединяется к расширительному сосуду в самой низкой его точке. Предохранительная расширительная труба д. б. проложена в горизонтальных участках с достаточным подъемом, а радиусы закруглений д. б. не менее утроенного внутреннего диаметра трубы. Группы котлов, не имеющих отдельных запорных вентиляей ни на подающих ни на обратных магистралях, рассматриваются как один котел с той же поверхностью нагрева. При отдельных запорах на подающих магистралях котлы м. б. снабжены общим предохранительным обратным трубопроводом; наоборот, если отдельные запоры имеются на обратных магистралях, то устраивается общий предохранительный расширительный трубопровод. Предохранительные трубопроводы д. б. защищены изоляцией от замерзания, если таковое может им угрожать по местным условиям.

Объем расширительного сосуда определяется след. обр. Если обозначить через Q расход воды во всей системе в л, а через a расширенный объем 1 л нагретой воды, то расширенный объем всего расхода Q

$$V = aQ. \quad (12)$$

Количество воды A в л, к-рое должен вместить расширительный сосуд, определится из выражения:

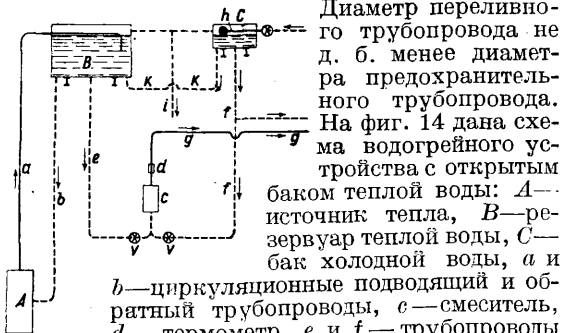
$$A \geq V - Q. \quad (13)$$

На практике расширительный сосуд делают обыкновенно емкостью:

$$I_a = 1,5 A \div 3 A. \quad (14)$$

Используя расширительный сосуд как питательный бак, снабжают его поплавковым вентилем. Расширительному трубопроводу, сое-

диняющему систему с расширительным сосудом, следует придавать не слишком малые размеры; диаметр расширительного трубопровода должен быть во всяком случае не менее 19 мм.



Фиг. 14. Диаметр переливного трубопровода не д. б. менее диаметра предохранительного трубопровода. На фиг. 14 дана схема водогрейного устройства с открытым баком теплой воды: А—источник тепла, В—резервуар теплой воды, С—бак холодной воды, а и б—циркуляционные подводящий и обратный трубопроводы, с—смеситель, d—термометр, e и f—трубопроводы горячей и холодной воды к смесителю, g—расходный трубопровод смешанной воды, h—шаровой клапан, i—переливная труба, k—трубопровод, сообщающий сосуды В и С, v—вентили. На фиг. 15—схема снабжения жилого дома теплой водой из закрытого резервуара, помещенного в подвале: А и Б—источники тепла, В—резервуар теплой воды, Г—резервуар холодной воды, Д—расширительный бак.

Для расчета баков теплой воды можно пользоваться следующими ф-лами: а) при прямом открытым открытым баках толщина днища (в мм):

$$s = 7,0 \sqrt{\frac{a^2 b^2}{2 + b^2} \cdot \frac{p}{k}} \quad (15)$$

и толщина боковой стенки (в мм):

$$s_1 = 3,5 \sqrt{\frac{h^2 a^2}{0,55 h^2 + a^2} \cdot \frac{p}{k}} \quad (16)$$

где а и б—длина и ширина днища в см, h—высота наиболее высокого уровня воды в баке в см, p—давление воды в баке в атм, равное 0,001 h, k—допускаемое напряжение матери-

толщина кольцевой стенки (в мм):

$$\left. \begin{aligned} s_2 &= s && \text{при } V_B \leq 50 \text{ л,} \\ s_2 &= s - 0,5 && \text{при } V_B = 50 \div 100 \text{ л,} \\ s_2 &= s - 1,0 && \text{при } V_B = 100 \div 3000 \text{ л,} \end{aligned} \right\} (18)$$

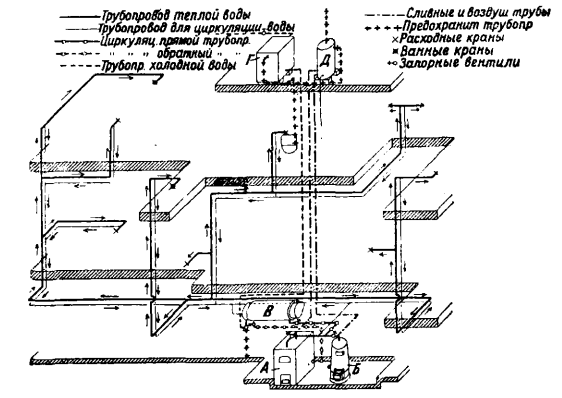
где r—радиус цилиндрич. части бака в см, h—высота бака в см, V_B—объем бака в л. Существенную роль в водогрейной установке играет изоляция, от к-рой зависят экономичность и рациональность работы всей системы. В первую очередь подлежат изоляции трубопроводы, баки теплой воды и котлы. Резервуары для холодной воды защищают от замерзания.

Лит.: Брилинг С., Краткое руководство по водоснабжению, 2 изд., М.—Л., 1928; его же, Пособие для проектирования и для расчета водопроводных линий и городских сетей, 2 изд., М.—Л., 1930; Гение в Н., Водоснабжение городов и промышленных предприятий, М.—Л., 1931; его же, Водоснабжение железнодорожных станций, М., 1929; Кашкаров Н., Курье водоснабжения, Москва, 1926; Енш А., Водоснабжение городов и отдельных владений, Рига, 1928; Кашкаров Н., Пневматическая система водоснабжения, СПб, 1911; его же, Пневматическое водоснабжение и применение его в городах и на жел. дор., Томск, 1914; его же, Пневматич. водоснабжение станции Ховрино Нив. ж. д., СПб, 1912; Weugauch R., Die Wasserversorgung der Städte, Leipzig, 1916; Weugauch R., Wasserversorgung der Ortschaften, 3 Aufl., München, 1921; Smerke O., Die Wasserversorgung der Städte, «Handb. d. Ing.», Lpz., 1914, 5 Aufl., T. 3, B. 3; Schacht A., Die Einzelhaus-Wasserversorgung, B., 1914; Gross E., Handbuch d. Wasserversorgung, 2 Aufl., München, 1930; Heepke W., Warmwasserversorgung u. Verteilung, Mch., 1929; Bothas L., Massendestillation von Wasser, B., 1908; Schacht A., Automatische Wasserversorgung, «Gesundheits Ingenieur», Mch., 1912; Kurgass P., Die Delphinpumpwerke u. ihre Anwendung, «Z. d. VDI», 1912; Heilmann A., Neuzeitliche Wasserversorgung, B., 1914.

С. Брилинг.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПАРОВЫЕ МАШИНЫ для автомобилей, паровые поршневые машины, сконструированные применительно к нуждам и условиям работы автомобильного транспорта. Наибольший крутящий момент паровой машины остается постоянным в широких пределах числа оборотов. Поэтому паровая машина может работать под нагрузкой, хорошо приспособляясь в отношении крутящего момента и числа оборотов к изменяющимся дорожным условиям. В связи с этим отпадает необходимость пользования при движении механизмом сцепления и коробкой передач. Несмотря на более низкий термич. кцп по сравнению с бензиновым двигателем, паровая машина может дать значительную экономич. выгоду благодаря возможности использования любого жидкого и твердого топлива. Однако сильную конкуренцию паровому автомобилю создает возможность применения тяжелого топлива (нефть) в автомобильных двигателях Дизеля, а также дерева и угля в газовых двигателях с генераторами. Благодаря низкому числу оборотов и отсутствию чувствительных к износу и поломкам частей паровые машины обладают большой долговечностью и при надлежащем уходе чрезвычайно надежны в работе.

Существенными недостатками паровых автомобилей являются большой вес котла и водяного бака, частые чистки и испытания котла, необходимость внимательного и умелого обслуживания, а также необходимость доливки воды и потери времени на разогревание. Но только часть этих недостатков неизбежно присуща паровым автомобилям. Благодаря конденсаторам возможно избежать частых доливок воды и применения больших водяных баков; новые конструкции котлов обладают меньшим весом и большей надежностью и в то же время период разогревания сильно со-



Фиг. 15.

ала в кг/см². Если толщина стенок получится больше 5 мм, то стенки снабжаются скреплениями; число рядов скреплений при нормальных размерах днищ: один при h = 100—200 см, два при h = 250—350 см, три при h > 400 см; при h < 100 см уголков жесткости не требуется. При нескольких скрепляющих рядах стенки делают различной толщины, увеличивающейся к низу. б) При круглых открытых баках с плоским дном толщина днища (в мм):

$$s = 0,24r \sqrt{0,001h} \quad (17)$$

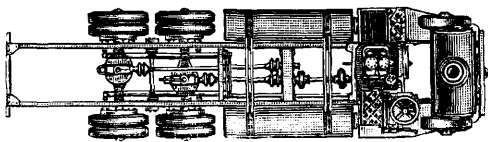
кращен, а обслуживание сделано в значительной мере автоматическим. Часть этих улучшений уже осуществлена, другая часть находится в состоянии разработки и испытания. Преимущество паровой тяги особенно ярко обнаруживается при передвижениях больших грузов. Поэтому если в области легковых автомобилей и легких грузовиков паровая тяга может не иметь успеха, то ее применение для тяжелых грузовиков и автобусов может сохраниться и даже еще расширяться.

Паровые грузовики строят грузоподъемностью 5—14 т. Для большой грузоподъемности делают шестиколесные и восьмиколесные автомобили. Самые тяжелые грузовики имеют собственный вес в 10 т. Средние скорости 30—40 км/ч, но встречаются также скорости 60—70 км/ч. Применяемое давление пара 16—20 атм. Грузовик грузоподъемностью 6—8 т расходуется под нагрузкой 1—2 кг угля на 1 км и восьмикратное количество воды. Размеры водяного бака и угольного ящика таковы, что радиус действия грузовика составляет в отношении воды 60—100 км и в отношении угля 200—300 км. Главнейшими областями применения являются транспорт строительных ма-



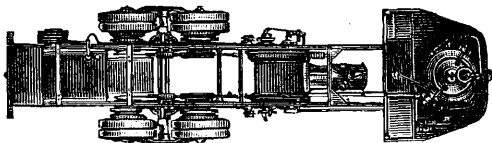
Фиг. 1.

териалов, леса, тяжелых штучных грузов и специальные назначения: для очистки улиц, цистерны и опрокидыватели. В качестве горючего применяют гл. образом каменный уголь,



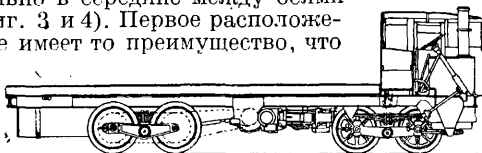
Фиг. 2.

кокс и нефть. В последнее время пневматические шины вытесняют грузовины на самых тяжелых грузовиках. Общая черта всех грузовиков—переднее расположение котла. Ма-



Фиг. 3.

шина ставится или непосредственно на котле (фиг. 1), или рядом с местом для шофера (фиг. 2), или подвешивается на раме приблизительно в середине между осями (фиг. 3 и 4). Первое расположение имеет то преимущество, что

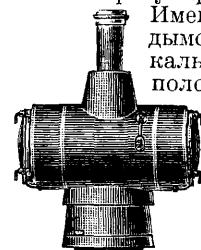


Фиг. 4.

машина находится непосредственно перед глазами шофера и что трубопроводы получаются короткими, благодаря чему на них не отзы-

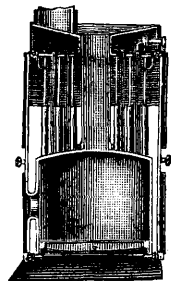
ваются перекосы рамы, а также получаются небольшие потери тепла. С другой стороны, передача к задним колесам становится конечно более сложной. Кроме того поле зрения шофера несколько ограничено при таком расположении.

Котел. За весьма немногими исключениями применяются только котлы с большим объемом воды. По сравнению с котлами мгновенного парообразования их недостатком является больший вес и их преимуществом—большая легкость регулирования и больший запас пара.



Фиг. 5.

Имеются котлы водотрубные и с дымогарными трубками, с вертикальным или горизонтальным расположением трубок. При горизонтальных дымогарных трубках котел имеет конструкцию, в основе сходную с паровозным котлом. Топочная коробка укрепляется внутри вертикальной части котла, к которой примыкает горизонтальная часть с проходящими внутри ее дымогарными трубками. Этот котел особенно пригоден в тех случаях, когда паровая машина расположена над ним. При таком устройстве достигается большая длина трубок и вместе с тем большая поверхность нагрева, что благоприятно в отношении кпд. Кроме того котел очень прочен и удобен для ремонта и для очистки, так как доступ к трубкам через дверку дымовой коробки весьма удобен. Благодаря относительно большой испаряющей поверхности котел мало подвержен тому, чтобы вода захватывалась паром в пароводную трубу. С другой стороны, расположение дымогарных трубок в направлении движения обуславливает то, что на подъемах трубки выступают над поверхностью воды и вследствие этого прогорают; кроме того длинные трубки требуют топлива, богатого летучими веществами, и делают котел непригодным для кокса; наконец автомобиль с таким котлом, вследствие неблагоприятного расположения топочной дверки, неудобен для обслуживания одним человеком. Котел автомобиля «Йоркшир» (фиг. 5), имеющий также горизонтальные дымогарные трубки, представляет собой как бы двойной паровозный котел. Он устанавливается впереди поперек рамы автомобиля (фиг. 2 и 3). Вследствие этого он занимает меньше места по длине шасси, чем паровозный котел, и не так чувствителен к подъемам. Двукратное прохождение горячих газов через водяное пространство обеспечивает высокий кпд котла. Вертикальные дымогарные трубки применяются в котле Лейланда (фиг. 6). Это приводит к очень простой конструкции, потому что трубки достаточно связывают котел и не требуют распорных связей, но так как трубки погружены в воду не по всей длине, они легче прогорают. При этой конструкции на главной нагревательной поверхности скопляются осадки, что неблагоприятно действует на кпд котла и иногда может привести к прогоранию потолка топки. Котел Аткинсона (фиг. 7) снабжен горизонтальными водяными трубками в вертикальном котельном барабане. Этот



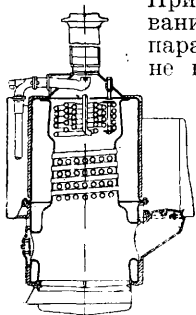
Фиг. 6.

котел легок, не чувствителен к подъемам и не закрывает поля зрения шофера, но благодаря небольшой величине зеркала испарения он сконструирован с увлечением воды паром.

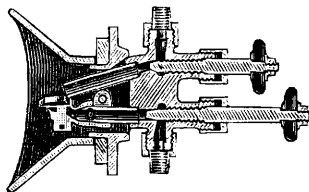
Отопление. В Англии, где сосредоточены почти все паровые автомобили, больше всего распространено угольное отопление благодаря низкой цене угля. Однако в применении к паровым автомобилям это отопление имеет много недостатков. Растопка трудна и продолжается долго. Возможность регулирования очень незначительна, т. ч. часто на остановках приходится травить пар. При открывании топочной дверки в дымовую камеру проникает холодный воздух, чем ухудшается сгорание и что благоприятствует выделению дыма. Колосниковую решетку приходится часто очищать от шлака и золы и весь котел освобождать от сажи. Все это отпадает при нефтяном отоплении. Форсунка сист. Скараб (фиг. 8) наиболее принята. Оба подвода нефти можно регулировать при помощи маховичков. Разбрызгивание горячего совершается струей пара, изменением силы к-рой в то же время пользуются для регулирования.

При этих возможностях регулирования котел можно держать под парами в течение долгого времени, не прибегая к травлению пара.

Растопка требует около 30 минут и облегчается ручным



Фиг. 7.



Фиг. 8.

насосом и вспомогательным паровым резервуаром. Этот котел остается чистым и сохраняет поэтому в течение долгого времени хороший клд. При одинаковом количестве нефти можно сделать в 3—4 раза больший пробег, чем на угле. Соответственно этому радиус действия автомобиля увеличивается. Экономичность того или другого отопления зависит от колеблющихся соотношений цен на нефть и уголь.

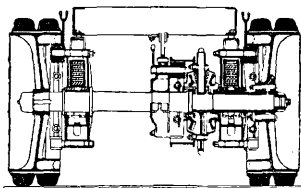
Паровая машина. Машина состоит из двух цилиндров двойного действия с углом между кривошипами в 90°. Б. ч. применяют машины простого расширения, но встречаются также машины двойного расширения. В последнем случае предусматривается такое приспособление, к-рое позволяет при трогании с места пускать свежий пар в цилиндр низкого давления. Равномерность крутящего момента паровой машины такова же, как у восьмцилиндрового бензинового двигателя. Парораспределение производится поршневым золотником или клапанами. Передний и задний ход, а также различные степени наполнения достигаются при золотниковом распределении посредством переставного эксцентрика или кулисного механизма. В более простых конструкциях паровых машин применяют тарельчатые клапаны или шаровые клапаны, которые приводятся в движение передвижными кулачковыми валиками, на которых имеются кулачки для двух или трех различных степеней наполнения, а также кулачки для заднего хода. В паровой машине Аткинсона выпускное окно открывается и закрывается поршнем. Вследствие этого отпадают

выпускные клапаны и кулачковый вал, управляющий выпуском, и вся конструкция очень упрощается. Для смазки цилиндров посредством особых масленок впрыскивается цилиндрическое масло для горячего пара в трубопровод свежего пара. В то время как в медленно вращающихся старых машинах еще встречаются открытые кривошипные механизмы, которые смазываются посредством фитильных масленок, в современных машинах, делающих 1 000 об/м. и более, весь механизм совершенно закрыт от проникания пыли и пропуски масла и имеет смазку под давлением из резервуара в картере коленчатого вала. Это требует особенно внимательного закрытия картера от проникновения конденсата. С этой целью между поршнем и кривокопфом ставят еще второй сальник. Своеобразную конструкцию представляет собой машина «Националь», состоящая из двух двухцилиндровых машин, расположенных под углом 90° друг к другу. Обе машины—типа тендем с цилиндрами высокого и низкого давления.

Подогреватель и питательная помпа. С целью подогрева воды в некоторых конструкциях отработавший пар отводит в водяной бак, однако применяют также и особые подогреватели, обогреваемые отработавшим паром, хотя при таком устройстве создается некоторое нежелательное противодавление. В некоторых конструкциях котлов можно с успехом ставить подогревание дымовыми газами. Питательные приспособления должны устанавливаться всегда без всасывания. Для питания служат инжекторы или помпы. Последние приводятся в движение паром независимо от эксцентрика от коленчатого вала машины или от одного из валов передачи. Независимый привод имеет то преимущество, что при остановке автомобиля помпа может продолжать свое действие. Вообще помпы предпочтительнее инжекторов тем, что они лучше регулируются. Вследствие этого обслуживание помпы требует меньше внимания. Помпа не так чувствительна к грязной воде, что имеет значение при наполнении резервуаров в пути. Помпа может работать при более подогретой воде, чем инжектор, и вообще она надежнее в работе. С другой стороны, инжектор не имеет движущихся и подвергающихся износу частей, в особенности сальников, работает бесшумно, и его большая производительность м. б. использована во многих случаях для того, чтобы энергичным питанием избежать травления пара. Кроме того благодаря инжектору делается до некоторой степени излишним подогреватель.

Трансмиссия. В то время как более старые паровые автомобили строились без всякой перемены передач, современные машины почти без исключения снабжены коробками скоростей. В большинстве случаев имеются две или три скорости, а в некоторых случаях четыре и шесть скоростей. Коробка скоростей в соединении с высоким крутящим моментом машины дает возможность автомобилю преодолевать тяжелые подъемы и передвигаться без толчков по рыхлой почве. Другое преимущество коробки скоростей состоит в том, что машина может работать на холостом ходу, что не было бы возможно иначе вследствие отсутствия особого механизма сцепления. Перемена передач во время движения автомобиля из-за отсутствия сцепления невозможна. Включение скорости производится или перестановкой зубчатых колес

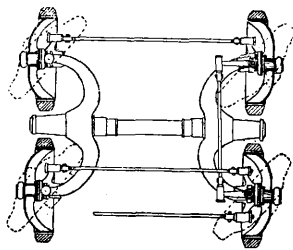
или включением кулачковой муфты. Вообще коробка скоростей состоит из промежуточного вала, к-рый приводится в движение от коленчатого вала путем зацепления той или другой пары зубчатых колес и от к-рого движение передается задним колесам. Для передачи движения к задней оси служат цепи, карданный вал или двойная шестеренная передача (Ritzel-antrieb). Двойная передача встречается на более старых машинах и требует особых мер для выравнивания игры рессор. Цепной привод бывает в виде одной или двух цепей. При одиночной цепи цепное колесо сидит на дифференциале задней оси (фиг. 1 и 9).



Фиг. 9.

Сентинель оба задних колеса приводятся в движение отдельными цепями (фиг. 3). В этом случае дифференциал находится на промежуточном валу. В автомобилях Йоркшир, у к-рых коленчатый вал расположен в направлении движения, карданный вал, примыкающий к промежуточному валу, приводит в движение второй поперечный промежуточный вал с дифференциалом; от последнего вала привод двумя цепями идет к задним колесам. В шестиколесных автомобилях Йоркшир передача совершается двумя карданными валами без цепного привода (фиг. 2). Карданный привод все в большей мере применяется и для четырехколесных автомобилей.

Задняя ось. Автомобиль Аткинсона имеет нагруженную заднюю ось с дифференциалом (фиг. 9). Только одно колесо получает вращение от оси. Другое колесо приводится в движение от шестерни дифференциала через втулку. Другие фирмы разгружают заднюю ось вполне или частично, как это принято в бензиновых автомобилях. В шестиколесном автомобиле Сентинель (фиг. 3) задние оси образуют качающуюся тележку и колеса вращаются на цапфах, жестко связанных с осями. Заднее колесо тележки получает движение от переднего посредством отдельной цепной передачи.

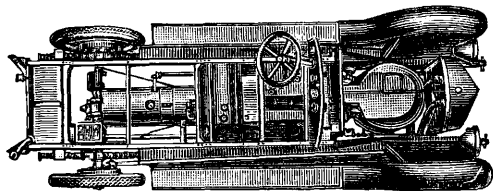


Фиг. 10.

Передняя ось и управление. У немногих типов осталась еще поворотная передняя ось (фиг. 1), большинство же автомобилей имеет передние оси с поворотными цапфами. Восьмиколесные автомобили Сентинель снабжены качающейся передней тележкой (фиг. 10). В отношении тормозов, рессор, колес и рам современные паровые автомобили не отличаются существенно от бензиновых автомобилей.

Уход и обслуживание. Работы, к-рые необходимо производить для пуска в ход парового автомобиля, состоят из проверки уровня воды в котле, очистки колосниковой решетки и растопки дровами. Работы по содержанию автомобиля в порядке зависят от характера службы автомобиля и от качества употребляемой воды. В общем можно эти работы разделить на недельные и годовые. Примерно раз в неделю производят промывку котла и продувку

паром для очистки от котельной накипи и грязи. Трубки проверяют на плотность их посадки в отверстиях решеток и в случае необходимости разжимают дорном или уплотняют вставкой колец. Затем проверяют и подтягивают все прокладки и сальники. Одновременно производится проверка установки клапанов или золотников. Ежегодно котел подвергают подробному инспекторскому осмотру, для к-рого приходится снимать всю обшивку котла. Затем проверяют все подшипники паровой машины и в случае надобности пригоняют их. Паровая машина вообще не выдерживает сильного износа без значительной потери мощности. Загрузку колосниковой решетки в пути следует производить часто и небольшими порциями топлива. При этом топочная дверка должна быть открыта возможно короткое время, так как охлаждение стенок топки поступающим холодным воздухом может вызвать появление трещин. Для регулирования горения водитель пользуется золотниковой заслонкой для приглушения огня и увеличением тяги путем пуска струи пара в дымовую трубу для усиления горения. Питание водой д. б. по возможности непрерывным. Быстрое питание при помощи инжектора требуется только во избежание травления пара на остановках и на крутых спусках. Мощность паровой машины регулируют гл. обр. изменением степени наполнения. Впрочем поль-



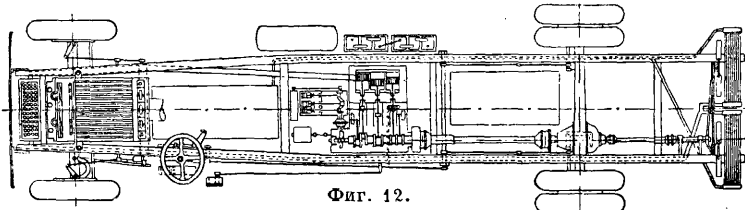
Фиг. 11.

зуются также и дроссельным клапаном. Большое значение в отношении достижения большей средней скорости и экономичности работы имеет то обстоятельство, знает ли водитель условия пути и принимает ли соответствующие меры. Перед подъемами он должен позаботиться о достаточном наполнении котла и поднять давление пара, а путем своевременного регулирования питания и горения он может избежать травления пара на спусках и остановках. Перед началом крутого подъема необходимо останавливать автомобиль для переключения передачи в коробке скоростей.

Легковые автомобили. К легковым автомобилям предъявляются гораздо более тяжелые требования, чем к грузовикам. Легковой автомобиль должен иметь: 1) нефтяную топку, 2) постоянную готовность к действию, 3) вполне автоматич. регулирование давления пара, уровня воды в котле и режима топки, независимо от умения и внимания водителя, и 4) конденсационное устройство. Подготовка нефти для горения совершается в форме распыления при помощи воздуха или пара или в форме испарения. Распыленное топливо требует большего объема топки для совершенного сгорания и связано с опасностью закапчивания топки сажей и несгоревшими остатками нефти. При котлах с большим объемом воды д. б. еще вспомогательная горелка для поддержания давления в котле на остановках. Она не нужна для котлов мгновенного парообразования. Но последние требуют очень большой точности регу-

лировки питания котла и режима топки. Конденсационное устройство д. б. достаточно объемистым для дальних поездок в жаркую погоду без добавления воды. Америк. автомобиль Стенлей (фиг. 11) является наиболее удачным паровым легковым автомобилем. Он имеет вертикальный паровой котел с дымогарными трубами подобно котлу Лейланда (фиг. 6). Барабан котла соединен с днищем сваркой и для усиления обмотан струнной проволокой; горелка—испарительного типа, и кроме того имеется вспомогательная горелка. От колнчатого вала двухцилиндровой паровой машины движение передается непосредственно задней оси без промежуточного включения механизма сцепления и коробки скоростей.

Автобусы. К автобусам предъявляются такие же требования, как и к легковым автомобилям.



Фиг. 12.

На фиг. 12 показано шасси америк. автобуса. Котел с дымогарными трубами подобен котлу автомобиля Стенлей. Для сжигания приготовленного испарительной горелкой топлива требуются топки очень небольших размеров. Поэтому в отличие от паровозного котла этот котел состоит из одного барабана, в к-ром проходят дымогарные трубки. Барабан изготовлен путем сварки и обмотан проволокой. Горизонтальная трехцилиндровая паровая машина через карданный вал приводит в движение заднюю ось. Конденсаторы поставлены у задней стенки автомобиля и обдуваются воздухом от вентилятора, имеющего привод от задней оси. Давление пара достигает 50 atm.

Лит.: Doble A., Electrically Controlled Steam Automobiles, «Journal of the Society of Automotive Engineers», 1918, May; Discussion on Steam Automobiles, ibid., 1918, May; Sturgess J., The Gase for the Steam Car, ibid., 1918, May; Miller J. F., Steam Bus in Actual Service, Bus Transportation, N. Y., 1928, Jan.; Lindemann L. O. E. W. e. n. b. e. r. g., Hochdruck-Dampfomnibus, «Z. d. VDI», 1929, 32; Eight Wheeled Steam Waggon, «Motor Transport», L., 1930, Sept. 8-th; Jones L. M., Steam Road Vehicles, 2 ed., L., 1921.

Л. В. Шенберг.

СПЕЦОДЕЖДА, см. *Защитные приспособления*.

СПИНТАРИСКОП, изобретенный Круксом прибор, позволяющий наблюдать действие отдельных α -частиц на люминисцирующий экран; состоит (фигура) из небольшого экрана a , сделанного из цинковой обманки, перед которым на конце стрелки помещена крупинка соли, содержащая радий. Экран вместе со

стрелкой заключен в металлическую трубку, зачерненную внутри и имеющую на противоположном экрану конце лупу. Если наблюдать этот экран в лупу, то оказывается, что он испещряется быстро вспыхивающими и угасающими звездочками (спинтилляция). Каждая из таких спинтилляций получается в результате удара одной α -частицы в экран. Явления,

наблюдаемые в С., дают возможность непосредственного счета числа α -частиц, испускаемых радием. Для этого необходимо создать такие условия опыта, при к-рых число испускаемых в 1 ск. α -частиц было бы настолько значительно, чтобы можно было успеть их сосчитать. Такие опыты при помощи С. были произведены Регнером, более же точные опыты с помощью электрометра были сделаны Резерфордом и Гейгером, которые определили число α -частиц, испускаемых ежесекундно 1 г радия, в $1,4 \times 10^{11}$.

И. Мельников.

СПИРТ ви н н ый, см. *Винокурение и Этиловый алкоголь*.

СПИРТЫ, см. *Алкогали*.

СПИЧЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. I. Сырье и материалы спичечного производства. Для С. п. в качестве основного сырья употребляют осину.

В нек-рых странах вместо осины применяют и другие породы дерева (липа, тополь и др.), однако применение их производится только в том случае, если невозможно получить осинового материал. *Осина* (см.) встречается в лесах как примесь к листовым породам, причем в производстве идут обычно осинные деревья возрастом ок. 60 лет. Более старые деревья обычно бывают поражены гнилью и для производства непригодны. Молодые деревья имеют малый диаметр, что обуславливает и малый полезный выход древесины в производстве. При заготовках осины обращают внимание на то, чтобы древесина была здоровая (без гнили) и без трещин (от луп—трещины по годичным слоям дерева). Как гниль дерева, так и отлуп понижают полезный выход древесины. Лесорубами качество древесины определяется на корню, причем признаками больного дерева являются табачные сучья (см. *Дерево*, пороки дерева) и грибы на стволе дерева (губы). Эти признаки с достаточной точностью определяют наличие гнили в дереве. Наличие отлупа в дереве по внешнему виду определить не представляется возможным. При заготовках осины помимо ограничений указанных пороков выставляется целый ряд дополнительных требований, не относящихся к порокам дерева: 1) диаметр осинового бревна в верхнем отрубе д. б. 180—200 мм, т. к. чем меньше диаметр чурки, тем меньше полезный выход древесины, а следовательно тем больше отходов; 2) количество сучьев на стволе д. б. минимальным; это требование иногда вводится в ограничение длины бревна, а именно из одного дерева принимается только лишь одно бревно длиной 6,5 м; в производстве сучковатые полуфабрикаты отбрасывают, следовательно помимо того, что пропадает сук, пропадает и значительная часть древесины, расположенная около сука; 3) бревна осины доставляют на фабрику неокоренными, в противном случае они быстро высыхают, растрескиваются и становятся негодными для производства.

Весной и летом осина содержит в себе большее количество влаги, чем в остальное время года. Влажность осины в течение года колеблется в пределах от 44 до 56% к весу сырого дерева. Уд. в. воздушно-сухой осины (влажность 15%) равняется 0,47; 1 м³ свежесрубленной осины при влажности 50% весит 0,8 т. Заготовку осины производят исключительно в зимнее вре-



мя, причем, если на ф-ку осину доставляют по ж. д. или гужом, то осиновый ствол разделяют в лесу на чурки длиной до 2 м или чурки размером, соответственно требуемым для щепальных машин. Если же осина на ф-ку доставляется сплавом, то из ствола дерева вырезают бревна длиной 6—8 м. Доставленную на ф-ку осину укладывают в штабели, причем под нижний ряд бревен д. б. подложены прокладки для предохранения нижнего ряда ссины от гниения. Между остальными рядами бревен не д. б. никаких прокладок для предохранения бревен от высыхания. Весной торцы деревьев с этой же целью закрашивают иззестью или заклеивают бумагой. Срубленная осина быстро приходит в негодность для производства, поэтому всегда стремятся держать ее на складах минимальные сроки. Осиновый материал, пролежавший два лета на складе, становится негодным для производства.

Бумага для производства спичечных коробок употребляется рольная шириной 31,5 мм, 50 мм листовая этикетная. Бумага этикетная (ОСТ 316) д. б. односторонней гладкости и по составу имеет целлюлозы < 45% и древесной массы > 55%. Степень проклейки бумаги по штриховому методу д. б. < 0,5 мм. Плотность бумаги для накладных этикеток 55 г (вес 1 м² бумаги). Средняя разрывная длина 2 200 м (длина полоски бумаги, разрывающейся от собственного веса). Бумага должна выдерживать 5 двойных перегибов (на 180°). Цвет бумаги принимается желтый. Бумага бобинная рольная (ОСТ 317) должна иметь одностороннюю гладкость и содержать целлюлозы < 45%, а древесной массы > 55%. Степень проклейки бумаги д. б. > 0,75 мм и < 0,5 мм по штриховому методу. Плотность бумаги 45 г/м². Разрывная длина—3 200 мм. Бумага должна выдерживать 10 двойных перегибов (на 180°). Бумажная лента, spojenная с шероховатой стороны водой при 20°, не должна скручиваться в течение 60 сек. Для внутренних коробок ширина ленты д. б. 31,5 мм, а для наружных 50 мм. Бумага как для внутренних, так и наружных коробок берется синего цвета. Бобинная бумага упаковывается в кипы, причем бобины надеваются на деревянную скалку. Вес одной кипы 50 кг.

Картофельный крахмал. Для клейки коробок наиболее целесообразно применение крахмала сорт прима и 1-й сорт, ОСТ 201; крахмал не должен иметь постороннего запаха и свободных минеральных к-т и хлора. Влажность крахмала д. б. > 20%. Содержание золы 0,6—0,8%. Количество крапи на 1 см² поверхности крахмала при подсчете невооруженным глазом > 8 для прима и > 15 для 1-го сорта.

Химикалии. В С. п. применяется значительное количество различных химикалий, а именно: 1) суперфосфат [кислая фосфорно-кальциевая соль $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2$], ОСТ 51; 2) серная кислота (см.), техническая 52° Вё, ОСТ 45; 3) парафин (см.); 4) бертолетова соль (см.); 5) хромпик калиевый $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (двуххромовокислый калий); 6) сера (см.); 7) камифоль (см.); 8) перекись марганца (пирролизит); 9) сурик железный, ОСТ 230; 10) мумия, ОСТ 279; 11) цинковые белила (см.); 12) стеклянный порошок; 13) трепел (см.); 14) фосфор (см.); 15) антимоний (см.); 16) клей (см.) мездровый; 17) гуммиарабик (см. Акациевые камеди); 18) гуммигрант (см. Трагакант).

Упаковочные материалы. Для упаковки спичек «в десятки» употребляется упа-

ковочная бумага в рулонах. Плотность бумаги упаковочной должна быть 40 г/м². Бумага—односторонней гладкости. Упаковка готовых спичек производится по 1 000 и 2 000 коробок в ящике (ОСТ 705).

При хранении производственных материалов необходимо красный фосфор хранить в изолированных и несгораемых складах, т. к. красный фосфор при наличии желтого фосфора обладает способностью самовоспламенения. Остальные горючие материалы (парафин, сера) должны храниться в каменном складе. Бертолетова соль—энергичный окислитель, а при наличии органич. примесей обладает способностью взрываться, поэтому должна храниться в каменных складах с деревянной кровлей изолированно от других складов (разрыв не менее 20 м). Все остальные материалы, не представляющие пожарной опасности, могут храниться в деревянных (дощатых) складах. Для бесперебойной работы ф-к нормы запасов материалов установлены в размере месячного запаса для материалов союзного производства, а для импортных—двухмесячного запаса.

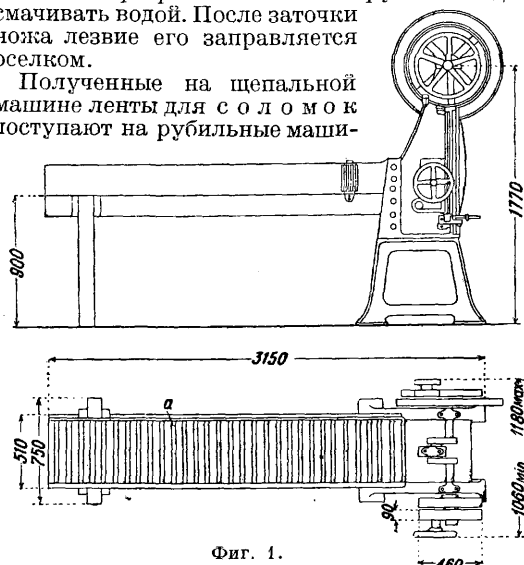
2. Технологический процесс и производственное оборудование. Осиновые бревна, поступающие с биржи в производство, первоначально разрезаются на чурки определенной длины в зависимости от размеров щепальных машин. Разрезка бревен обычно производится либо на циркульных балансирных пилах либо на поперечных пилах. Балансирная циркульная пила состоит из стального диска с зубьями по окружности, вращающегося по горизонтальной оси. Бревно, расположенное на транспортере, подводят под диск пилы и затем при опускании диска пилы оно отрезается. Эти пилы, потребляя значительное количество энергии (до 12 НР), обладают и большой производительностью, вследствие чего применяются на больших спичечных фабриках. В том случае, когда \varnothing бревен весьма большой, распиливание их на чурки на циркульной пиле затруднительно, т. к. \varnothing пилы ограничен, а следовательно ограничена и толщина распиливаемых бревен. В этом случае м. б. рекомендованы поперечные пилы, потребляющие значительно меньшее количество энергии (3—4 НР), но и обладающие зато соответственно меньшей производительностью. Эти пилы имеют пильное полотно, которое приводится в возвратно-поступательное движение от кривошипного механизма. Поперечные пилы, помимо прочих преимуществ, являются и менее опасными, чем циркульные пилы.

Прежде чем пустить в дальнейшую обработку осину в зимнее время, необходимо предварительно оттаять, т. е. расплавить соки дерева, замерзшие в порах. Процесс оттаивания производится в специальных парильных камерах. Наиболее рационально устроены парильные камеры, которые представляют собой бетонные плотно закрывающиеся камеры внутри которых устанавливают вагонетки с оттаиваемыми чурками. Пар в парильные камеры подводится по трубам и выпускается из них в нижней части камер. Процесс оттаивания осиновых чурок обычно продолжается 4—6 ч., после чего камеры открывают, вентилируют и вагонетки с осиной удаляют из камер. Расход пара на оттаивание осины зависит от целого ряда причин. В действительности расход пара составляет 5—10 кг на ящик спичек. После оттаивания с чурок снимают кору. Очистка чурок по-

мимо ручного способа производится и механич. путем на корободирках (напр. кородерка Арена). Кородерка Арена имеет чугунный диск, расположенный в вертикальной плоскости; на нем имеются 4 ножа, расположенные в радиальном направлении. Чурку укладывают на столе в горизонтальном положении и обслуживающий рабочий поворачивает ее вокруг оси, вследствие чего производится постепенная очистка чурки от коры. Производительность кородерки Арена обеспечивает выработку ф-ки в размере 60 ящиков спичек в час при расходе энергии 10—12 НР, вследствие чего применение их может быть экономически целесообразно только в случае получения весьма дешевой энергии.

После очистки от коры чурки поступают на щепальные (т. н. лучильные) машины, которые развертывают чурку на бесконечную ленту требуемой толщины и ширины. Щепальная машина построена по принципу токарного станка. Чурка укрепляется между двумя вращающимися шпинделями. К вращающейся чурке подводится каретка с ножом, укрепленным в вертикальной плоскости на каретке станка. Нож, получая поступательное движение вместе с кареткой в направлении к чурке, снимает с нее ленту. Для получения лент необходимой ширины имеются отрезные резцы, разрезающие ленту по ширине. Для толстых лент (ленты на соломку) имеется пресс, служащий для прессования ленты в целях устранения трещин на ней. Полученные ленты тут же укладывают в особые пачки (клады), к-рые в дальнейшем поступают на рубильные машины. Для получения хороших лент необходимо, чтобы щепальный нож был хорошо отточен. Точку ножей производят на специальных точильных станках. Нож, укрепленный к каретке точильного станка, получает возвратно-поступательное движение вместе с кареткой машины. В это время наждачный точильный круг, вращающийся на горизонтальной оси, стачивает лезвие ножа. Для предохранения ножа от перегрева точильный круг необходимо смачивать водой. После заточки ножа лезвие его заправляется оселком.

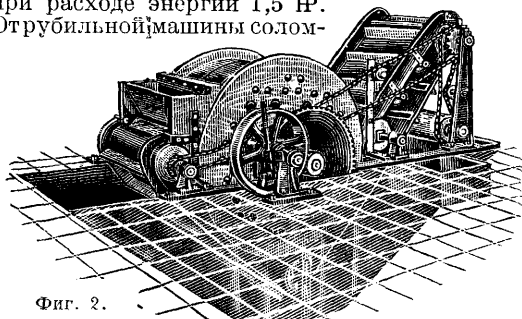
Полученные на щепальной машине ленты для соломок поступают на рубильные маши-



Фиг. 1.

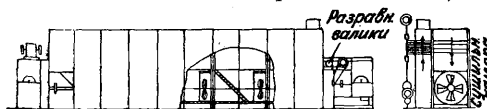
ны (фиг. 1). Рубильная машина имеет роликовый стол *а*, на к-ром укладывают (клады) пачки лент. Затем эти кладки с помощью особого механизма подаются к ножу машины с каждым его ходом на толщину соломок. Нож машины,

укрепленный на вертикальном ползуне, приводится в возвратно-поступательное движение (в вертикальной плоскости) от кривошипа. На ползуне кроме того укреплен державка с резаками, отрезающими соломки по длине. Производительность машины для лент шириною до 400 мм определяется 3 000 000 соломок в час при расходе энергии 1,5 НР. Отрубильной; машины соло-



Фиг. 2.

ки следуют в импрегнировку. Процесс импрегнирования соломок заключается в пропитывании соломок фосфатными соединениями (раствор суперфосфата, фосфорнокислого аммония и др.). После того как соломки пропитаны импрегнирующим раствором, они приобретают способность обугливаться без тления древесины. Это обстоятельство имеет существенное значение как противопожарное мероприятие. Роль импрегнирующих растворов объясняется тем, что фосфатные соединения обладают способностью плавиться при известной t° , вслед-

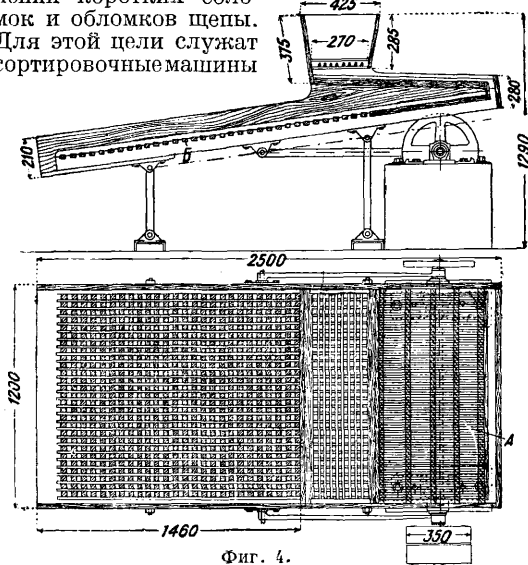


Фиг. 3.

ствие чего они, обволакивая уголок соломки, прекращают к нему доступ воздуха, чем и устраняют тление. В СССР в качестве импрегнирующего раствора применяют раствор суперфосфата—кислый раствор, к-рый не допускает применения механич. аппаратов. За границей применяется фосфорнокислый аммоний—вещество нейтральное, вследствие чего там имеют применение механические импрегнирующие аппараты. На фиг. 2 дан аппарат Роллера, который состоит из резиновой ленты, проходящей через чан с раствором. До сих пор в СССР импрегнирование производилось путем погружения в чан с раствором коробов или корзин, наполненных соломками. Импрегнированные соломки в дальнейшем поступают в сушку. Существует целый ряд конструкций сушильных аппаратов, к-рые применяются для сушки соломок, но из среды их особенно выделяются своими экономич. преимуществами сушильные аппараты сист. Шильде (фиг. 3), построенные на принципе многократного использования воздуха. Эти аппараты при сравнительно небольших размерах обладают большой производительностью. Соломка транспортной сеткой перемещается вдоль соломокосушительного аппарата. В это время воздух при помощи небольших вентиляторов прогоняется многократно через слой соломок на транспортной сетке. Для нагревания воздуха в верхней части аппарата над транспортной сеткой расположены калориферы. На фиг. 3 указано стрелками направление движения воздуха. Производитель-

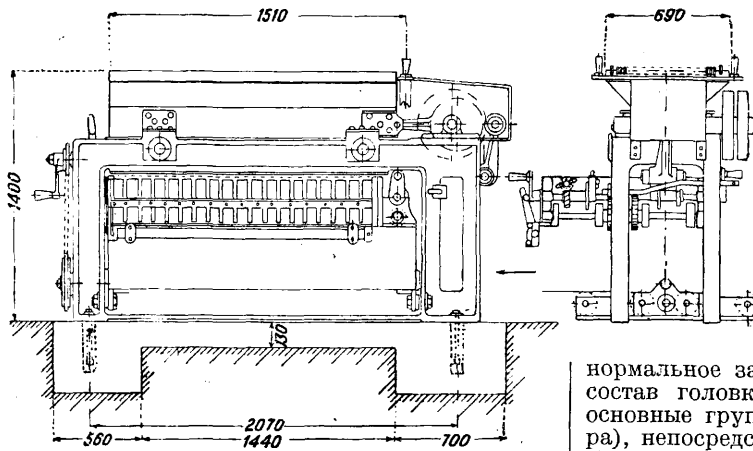
ность сушильного аппарата типа ВА_{7,5} определяется 2 000 000 стандартных соломок и тип ВА_{10,5} 3 000 000 соломок в час. Расход энергии в первом случае ок. 5 HP, а во втором—ок. 7 HP.

После высушивания соломки подвергаются очистке и отделке. Отделка заключается в том, что соломки пропускаются через полировочный барабан, где они, пересыпаясь, трутся одна о другую, а в результате все неровности и усики стираются и соломки получаются более чистыми и гладкими. После отделки соломки подвергаются сортировке, заключающейся в удалении коротких соломок и обломков щепы. Для этой цели служат сортировочные машины



Фиг. 4.

(фиг. 4) с двойной сортировочной решеткой, где одна решетка А, состоящая из стальных параллельно натянутых проволок, служит для отделения щепы, а решетка Б—для сортировки соломок по длине. Такие сортировочные машины оправдали себя на практике. После сортировки соломки для дальнейшей переработки д. б. уложены правильными рядами; для этой цели служит особая соломоукладочная машина. Соломоукладочная машина Роллера



Фиг. 5.

(фиг. 5) имеет сверху укладочный ящик, разделенный перегородками на ячейки, в которых укладываются правильными рядами соломки. Ящик имеет обратно-поступательное движение

вдоль оси машины в горизонтальном направлении. Под ящиком расположена тележка, имеющая два отделения. В каждом отделении устанавливаются 16 кассет для соломок. По мере наполнения соломками кассеты одного отделения тележки передвигаются т. о., что под ящиком устанавливается второе отделение с порожними кассетами. Производительность соломоукладочной машины обеспечивает выработку до 60 ящиков спичек в час при расходе энергии 2,5 HP. На этом заканчивается процесс производства соломок.

Прежде чем перейти к описанию процесса превращения соломок в спички, необходимо осветить химич. сторону производства. Головка спички в своем составе имеет горючие вещества (серы) и энергичные окислители (бертолетова соль), следовательно головка находится как бы в заряженном состоянии и требует только лишь внешнего воздействия на головку, чтобы началась реакция соединения серы с бертолетовой солью, т. е. горение головки. Этой внешней силой м. б. нагревание какого-либо участка головки до 170—200°. Так в действительности оно и происходит, т. к. в намазочном составе коробки (табл. 1) имеется красный

Табл. 1.—Основные рецепты для намазки.

Наименование материала	Состав в %			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Фосфор красный . . .	31,30	29,45	25	33,4
Антимоний	34,50	32,45	27,5	—
Марганец	9,30	—	—	—
Стекло	3,10	2,85	2,5	10
Клей мездровый . . .	18,70	—	—	—
Цинковые белила . . .	3,10	2,85	2,5	6,6
Декстрин	—	11,80	20	30
Мумия	—	17,75	15,0	10
Клей костяной	—	2,85	7,5	10

фосфор, к-рый с бертолетовой солью вступает в реакцию при значительно более низкой t° . В момент трения головки о намазку происходит соприкосновение бертолетовой соли головки с красным фосфором намазки. В то же время при трении головки о намазку выделяется нек-рое количество тепла, достаточное для того,

чтобы красный фосфор и бертолетова соль вступили в реакцию. В результате соединения их выделяется тепло, уже достаточное для того, чтобы начался процесс соединения серы и бертолетовой соли в головке, т. е. горение головки. Т. к. время сгорания головки весьма коротко и недостаточно для того, чтобы зажечь соломку, то конец соломки под головкой предварительно протирается парафином, к-рый воспламеняется значительно быстрее, чем древесина, и это обеспечивает

нормальное зажигание соломок. Входящие в состав головки материалы м. б. разбиты на основные группы: 1) горючие материалы (серы), непосредственно участвующие в горении; 2) окислители (бертолетова соль), вещества, поддерживающие горение; 3) клеевые вещества (клей), склеивающие входящие в состав головки материалы и приклеивающие головку к соломке; 4) наполнители (стекло и другие материалы), индифферентные вещества, не

участвующие в горении, но служащие для придания объема и окраски головки; эти вещества кроме того служат для уменьшения скорости сгорания головки, что имеет большое значение для надежного загорания соломок (табл. 2). В намазочный состав входят мате-

зажигающуюся при трении о любую поверхность. Такие спички (с е с к в и с у л ь ф и т н ы е) имеют в своем составе сесквисульфит, или пятайсернистый фосфор,—соединение серы и фосфора. Пятайсернистый фосфор, обладая необходимыми свойствами желтого фосфора (легкость

Табл. 2.—Рецептура спичечной зажигательной массы.

Наименование материалов	С о с т а в в %														
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11	№ 12	№ 13	№ 14	№ 15
Бертолетова соль	53,65	52,12	56,00	51,00	53,00	50,00	18,00	46,00	41,00	52,85	52,23	51,23	49	52,65	56,80
Хромпик	5,61	1,96	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,05	1,28	0,95	1,14	5,61	2,21
Сера	2,07	3,92	13,11	9,12	7,33	5,30	4,74	3,18	1,62	4,50	5,22	3,6	3,70	2,07	7,30
Цинковые белила	—	5,21	—	2,21	—	—	—	—	—	2,00	2,55	2,84	—	—	1,78
Стекло молотое	5,61	13,0	10,00	19,30	23,85	25,00	27,12	29,30	30,75	15,25	15,60	19,93	18,68	5,61	10,26
Клей мездровый	7,87	8,47	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	10,15	6,37	11,9	11,61	7,87	6,77
Клей костяной	—	—	3,0	3,0	—	—	3,0	3,0	3,0	3,0	4,05	5,10	—	—	—
Гуммиарабик	8,58	3,92	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	—	1,28	—	—	8,58	3,40
Инфузорная земля	—	1,30	—	—	3,26	5,14	6,0	8,15	9,50	3,05	1,28	2,81	—	—	3,31
Сурик железный	12,0	—	6,00	—	—	—	—	—	—	6,05	—	6,61	14,76	12,0	2,65
Красители	—	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,40	0,40	—	0,63	—	—	—	—
Перекись марганца	5,61	9,77	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	—	—	—	—	1,54
Мумия	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,05	0,63	—	—	5,61	—
Кизельгур	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,83	—	—	—	—
Охра	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,02	—	3,98

№№ 1—13 употребляются в СССР, № 14—в Англии, № 15—в Германии.

риалы, которые м. б. разбиты на следующие группы: 1) горючие материалы (красный фосфор, антимоний), вещества, воспламеняющиеся от соприкосновения с бертолетовой солью головки в момент трения последней о намазку; 2) клеевые вещества (клей), склеивающие входящие в состав намазки вещества и приклеивающие их к коробке; 3) наполнители (мумия, марганец и др.) для окраски намазки и увеличения ее объема. Заполнители также служат для изоляции отдельных частиц фосфора (и антимония) друг от друга. Если бы этой изоляции не было, то с первой же вспышкой фосфора сгорела бы вся поверхность намазки коробки. Правда, такую же роль, как наполнители, играют и клеевые вещества. Приготовление зажигательного состава заключается в том, что клеи мездровый и костный примерно за 24 часа д. б. замочены в холодной воде и перед приготовлением состава их нагревают на водяной бане до $t^{\circ} 80^{\circ}$. В то же время химикалии д. б. предварительно измельчены в сухом состоянии (стекло, марганец, антимоний, сера и др.). Размол сухих материалов производится обычно на шаровых мельницах. При отвешивании пропорций материалов, при изготовлении смеси из них и клеювого раствора бертолетова соль д. б. отдельно и в первую очередь смешана с клеювым раствором, после чего добавляют уже и остальные ингредиенты. Перед употреблением приготовленный состав д. б. перетерт в мокром состоянии. Для этой цели применяются конич. мельницы. Эти мельницы имеют по паре чугунных жерновов, из к-рых верхний жернов неподвижный, а нижний вращающийся. Толщина помола регулируется нажатием жерновов. Для получения хорошей головки необходим хороший размол массы, который обычно производится двукратно. В состав головки входят основные материалы (в %):

Бертолетова соль	50—55
Сера	3—5
Клей	10—13
Заполнители и другие материалы	37—37

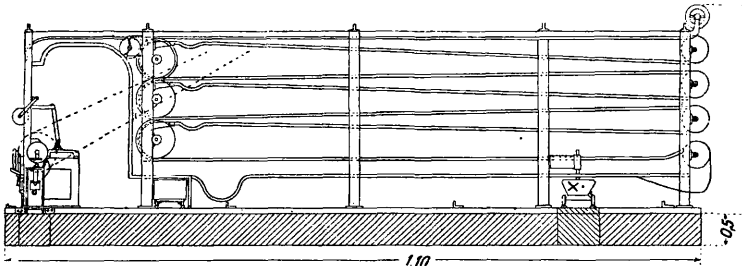
За границей сравнительно большое распространение получили спички, имеющие головку,

воспламенения при сравнительно незначительном повышении t° , в отличие от последнего не имеет ядовитых свойств его, вследствие чего как производство спичек, так и их применение не являются опасными.

При современном состоянии техники производство спичек, превращение соломок в спички, производится автоматически на спичечных автоматах. В Европе существуют три основные конструкции спичечных автоматов: 1) «Нов. Симплекс»—А. Роллера (Германия); 2) «Червени»—А. О. Арена (Швеция); 3) «Идеал»—Баденского машиностроительного з-да (Германия). Все эти автоматы построены на одном принципе и имеют только лишь конструктивные отличия. Соломка, уложенная правильными рядами, закладывается в магазин наборного аппарата автомата. Здесь соломки изолируются одна от другой путем накатывания их «в пар» наборной плиты. Эта плита в дальнейшем разрезает соломки вставляет в отверстия транспортной ленты. Таким путем соломки, насаженные в отверстия транспортной ленты, вместе с лентой транспортируются к парафинировочному аппарату, где производится обмакивание концов соломок в расплавленный парафин. После парафинировочного аппарата соломки транспортной лентой доставляются к макальному аппарату, где производится обмакивание соломок в зажигательную массу. После обмакивания соломок в зажигательную массу спички вместе с транспортной лентой проходят достаточно длинный путь в течение 45—50 минут, необходимых для подсушивания головок. Подсушенные спички далее выталкиваются из транспортной ленты и укладываются в специальные касеты. На этом заканчивается автоматич. процесс превращения соломок в спички на спичечных автоматах. Преимуществами спичечного автомата «Червени» является солидность конструкции и надежность его в работе, но эти автоматы являются довольно сложными машинами. Автомат «Нов. Симплекс» (фиг. 6) изготовляется в настоящее время в СССР. Этот автомат отличается значительной простотой конструкции (что ясно видно из сравнения рисун-

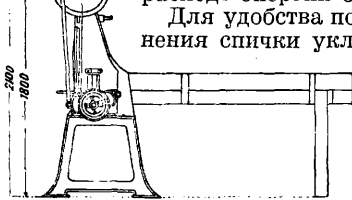
ков), большей производительностью вследствие большего числа отверстий в планках транспортной ленты. Но кроме этих положительных мо-

рины и толщины. Эти ленты затем пачками (клады) поступают на делительные машины, которые разрезают их на драночки необходимой ширины. Делительные машины (фиг. 7) построены на том же принципе, что и соломокорубильные. Полученные на делительных машинах драночки в процессе дальнейшей работы поступают на коробокклеильные машины для склеивания коробок. Ниже на фиг. 8 изображена коробокклеильная машина для клейки наружных коробок. Пачки драны закладываются в магазин машины А, откуда они периодически по

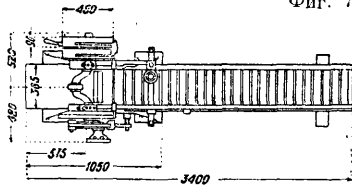


Фиг. 6.

одной драночке выдаются на вращающийся болван машины В. Одновременно

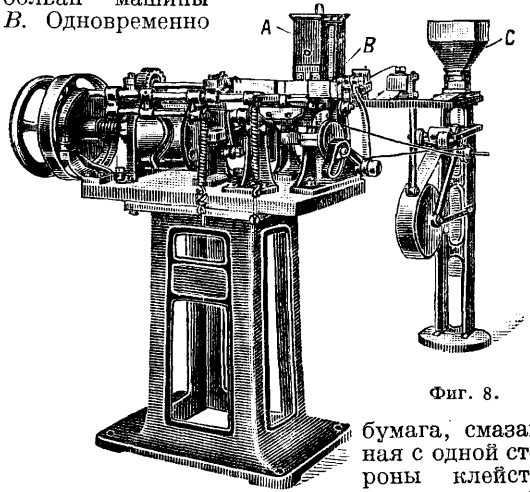


Фиг. 7.



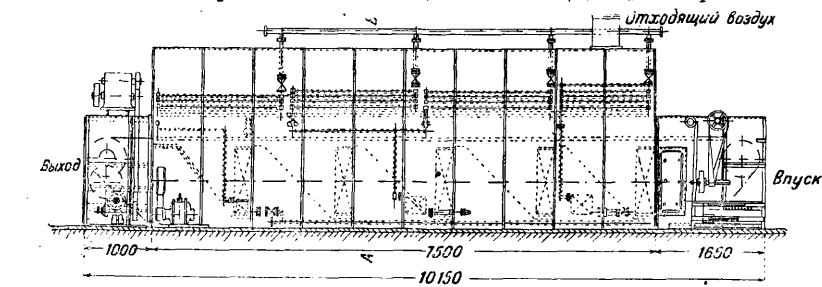
Для удобства пользования и хранения спички укладывают в коробки емкостью 50 — 75 спичек в коробке. По существующему стандарту в СССР в коробке должно помещаться не менее 55 штук спичек. Коробки (ОСТ 52) изготовляют из тонкой осиновой драпки и оклеивают снаружи бумагой. Размеры спичечных коробок: наружная часть — длина 53 мм, ширина 37,5 мм, высота 16,5 мм, толщина

бумага, смазанная с одной стороны клеем в воронке С, подается также на болван машины, где и оклеивается коробка бумагой. Вся работа машины производится автоматически и обслуживающий рабочий должен производить только лишь подачу материалов в машину и вести наблюдение

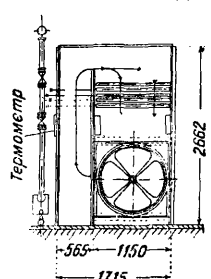


Фиг. 8.

за правильной работой машины. Производительность машины составляет 120—150 коробок в минуту, при расходе энергии 0,1 л. Внутренние коробки клеят также на подобного рода машинах, но более сложных, т. к. для каждой коробки кроме того необходимо вставить и заклеить доньшко. Принцип работы этих машин в основном соответствует предыдущим машинам, но вследствие необходимости приклеивать доньшко машина не может развивать свыше

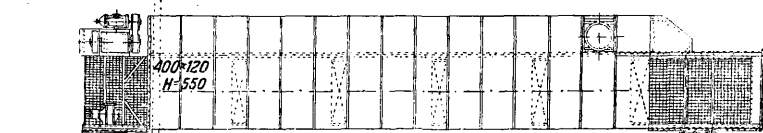


Фиг. 9.



Разрез по АВ

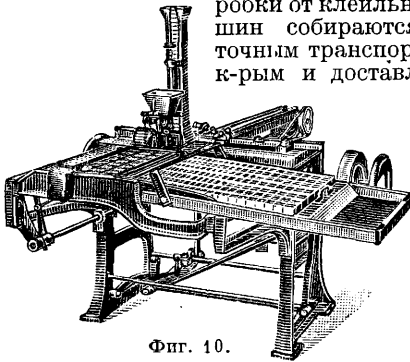
Привод вентиляторов может также происходить и с этой стороны



драни 0,6 мм; внутренняя часть — длина 52 мм, толщина драни для ободка 0,5 мм, для доньшка 0,8 мм. Дрань для коробок получается на специальных машинах в виде лент требуемой ши-

рины и толщины. Эти ленты затем пачками (клады) поступают на делительные машины, которые разрезают их на драночки необходимой ширины. Делительные машины (фиг. 7) построены на том же принципе, что и соломокорубильные. Полученные на делительных машинах драночки в процессе дальнейшей работы поступают на коробокклеильные машины для склеивания коробок. Пачки драны закладываются в магазин машины А, откуда они периодически по

100—110 об/м., что и определяет производительность машины в 80—100 коробок в минуту при расходе энергии 0,1 лр. Готовые коробки от клеильных машин собираются ленточным транспортером, к-рым и доставляются



Фиг. 10.

в сушильный аппарат для подсушивания. В последнее время начали применять коробкосу-

ходе из сушильного аппарата коробки поступают на этикетировочнозадвигные машины, которые, наклеивая этикетку на поверхность наружной коробки, одновременно задвигают внутренние коробки в наружные. Последняя операция—задвигание коробки—является подготовительной для работы коробконабивных машин. Этикетировочнозадвигная машина Арена (фиг. 10) имеет лоток с бесконечным ремнем, где производится загрузка внутренних коробок, и магазин для наружных коробок. Коробки первоначально задвигаются; а затем этикетуются. Готовые коробки укладываются особым аппаратом в специальные лотки, на которых они и поступают к коробконабивным машинам. Производительность этикетировочнозадвигной машины—5 тыс. коробок в час при расходе энергии 0,2 лр. Коробконабивная машина Арена (фиг. 11) имеет транспортную цепь, которой перемещаются коробки вдоль всей машины. На одном конце машины порожние

коробки загружаются в гнезда транспортной цепи и доставляются ею к набивному аппарату, производящему наполнение коробки спичками из особого магазина. Готовые наполненные коробки машинно укладываются правильными рядами в специальные лотки. Производительность машины 7—8 тыс. коробок в час при расходе энергии 0,25 лр. Лотки со спичками далее поступают на коробконамазывательные машины для нанесения на боковых поверхностях коробок слоя зажигающего состава (намазка). Здесь коробки в вертикальном положении двигаются бесконечной непрерывной лентой между непрерывной лентой, наносящими слой намазки на две боковые грани коробок. Далее коробки проходят в таком же положении через сушильную часть машины для подсушивания намазанного состава. Производительность машины 20—30 тыс. коробок в час при расходе энергии 0,15 лр. После намазки коробки поступают на

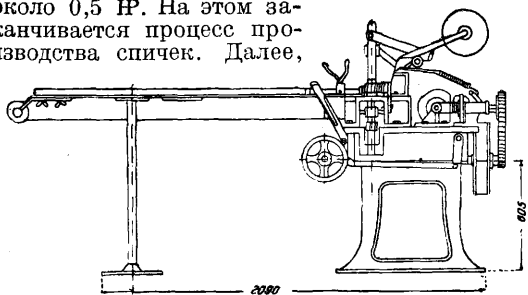
спичильные аппараты с многократной циркуляцией воздуха типа Шильде (фиг. 9), являющиеся экономически более выгодными. По вы-

званного состава. Производительность машины 20—30 тыс. коробок в час при расходе энергии 0,15 лр. После намазки коробки поступают на

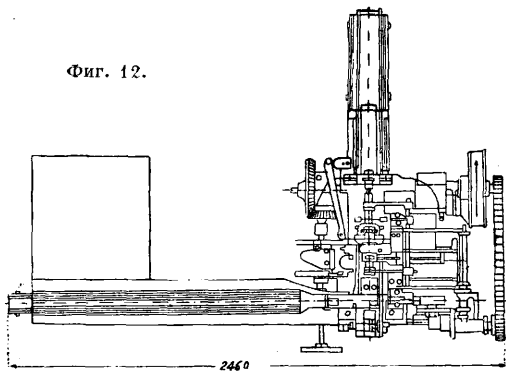
Табл. 3.— Характеристика основного производственного оборудования спичечных фабрик в СССР.

Наименование оборудования	Система	Марка	Потребн. мощн., лр	Число об/м.	Шкив		Вес нетто, кг	Размер машины, м	Производительность в час
					Диам., мм	Ширина обода, мм			
Циркулярная балансирная пила	Арена	ВAB	10—12	325	400	155	650	1,2×3,1	100 тыс. коробок
Щепальная машина	Арена	CAR	3	270	508	133	1 600	2,5×1,9	2,1 млн. соломок
Соломкорубильная машина	Арена	DAD	1,5	100	450	90	800	3,2×1,2	2,4 млн.
Делительная машина	Арена	DEN	0,5	40	450	90	500	3,5×1	30 тыс. коробок
Коробокклеильная машина для наружных коробок	Арена	НАК	0,1	125—150	300	50	235	1,6×1	7—8 тыс. коробок
То же для внутр. коробок	Арена	JAT	0,1	110	300	50	325	1,7×1,3	»
Соломокосушильн. аппарат	Шильде	BA _{7,5}	5	—	—	—	10 000	10,1×1,75×2,8	2 млн. соломок
Коробкосушильн. аппарат	Шильде	—	9	—	—	—	—	13,5×1,95	80 тыс. коробок
Автомат	Роллер	SCD	3,5	110	630	130	14 000	11,2×4,1×3,25	1,4 млн. соломок
Этикетировочная машина	Арена	KOR	0,1	100—120	300	50	370	2×1,7	5 тыс. коробок
Коробконабивная машина	Арена	ROB	0,25	160—170	365	65	1 700	4,5×2	7 тыс. »
Коробконамазывает. машина	Роллер	SAM ₆	0,1	30—40	310	50	700	9,0×1,0	12—15 тыс. короб.
Упаковочная машина	Арена	VAS	0,5	40	550	95	1 100	2,9×2,4	20 тыс. »
Автоматическая соломоукладыват. машина	Роллер	HGS	2,5	450—500	400	65	1 650	2,25×1×1,5	2,5 млн. соломок

упаковочные машины, завертывающие спички по 10 коробок в бумажные пакеты. Эти машины (фиг. 12) процесс упаковки производят вполне автоматически. Производительность машины в час 1 800—1 900 пакетов при расходе энергии около 0,5 Ю. На этом заканчивается процесс производства спичек. Далее,



Фиг. 12.



спички упаковываются в фанерные ящики и отправляются на склад. В табл. 3 дается характеристика производственного оборудования спичечных фабрик.

Изложенный процесс производства спичек является наиболее распространенным. Однако до сих пор в Европе существуют и более старые методы производства, где производственный процесс не механизирован до таких пределов. В США в последнее время значительное распространение получило производство спичечных книжечек, где самый тип спичек в сравнении с европейским имеет существенное отличие. Спички-книжечки представляют собой либо плоские деревянные спички, прочно укрепленные своими концами в особой бумажной обложке, либо картонные, также плоские. В такой обложке-книжечке упаковывается от 20 до 50 спичек. При употреблении спичек они отламываются от обложки и зажигаются, причем намазочный состав для зажигания спичек наносится на обложку. Эти спички в Америке являются средством рекламы. Для этой цели на обложке и даже на отдельных спичках печатаются рекламные надписи. Применение спичек-книжечек в свою очередь в значительной степени упростило производство, а по последним сведениям там существуют уже машины, выполняющие весь процесс производства спичек автоматически (автоматы сист. Бустаманте и С. Ред). В Зап. Европе, в отличие от Америки, спички-книжечки такого распространения не получили. Там известное распространение имеют спички, зажигающиеся на любую поверхность, и восковые спички, где деревянная солома заменяется восковой свечечкой.

Себестоимость. По последним проектным данным для новейших спичечных ф-к мы имеем следующие техно-экономич. показатели.

Выработка 1 автомата при трехсменной работе (по 7 часов) 315 дней в году определяется 140 000 акцизных ящиков спичек (по 1 000 коробок); производительность труда при описанном выше технологич. процессе определяется затратой труда на выработку 1 ящика спичек (всех рабочих) в размере ок. 2,5 чв-ч.

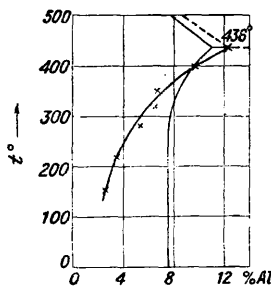
Лит.: K a n h ä u s e r F., Über hohe Temperaturen u. hitzbeständige Werkstoffe in d. Wissenschaft u. Praxis, Ausg. 1926; K o l l e r T., Die Impregnerungs-Technik, B. 1, 2 Aufl., W.—Lpz., 1923; A n d e s L., Feuersicher-Geruchlos u. Wasserdichtmachen, W.—Lpz., 1922; D i x o n W., The Match Industry, London, 1925; J e t t e E W., Zündholzfabrikation, W., 1897; A n s t u t z W., Die Schwedische Zündholzfabrikation, Weinfeld, 1928; S c h a f f E., Internationale Verflechtungen in d. Zündholzindustrie, Lpz., 1929; «Zündholz-Ztg», Rudolfstadt; «Zündwaren-Ztg», B. B. Марасанов.

СПЛАВНОЕ ДЕЛО, см. Лесосплав.

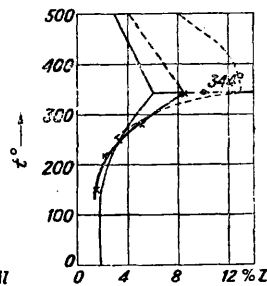
СПЛАВЫ, твердые растворы (см.), составленные из различных компонентов (металлов). Однородность сплавов зависит в сильной степени от кристаллических решеток сплавляемых компонентов.

Сверхлегкие С. Под именем сверхлегких известны во Франции и Италии С. на основе магния. В Германии, где их впервые ввели в практику (1909), они известны под названием электрона. В Америке те же С. обозначают именем производящей фирмы—дауметалл (Dow-metal). Т. к. за С. алюминия установилось название легких, то название сверхлегких в применении к С. магния следует считать рациональным: магний есть единственный известный в практике металл более легкий, чем алюминий. О магнии и его сплавах см. Спр. ТЭ, т. II, стр. 390—395.

Обычные составляющие легких С. Cu и Si находят весьма ограниченное применение в С. сверхлегких, т. к. растворимость их в магнии

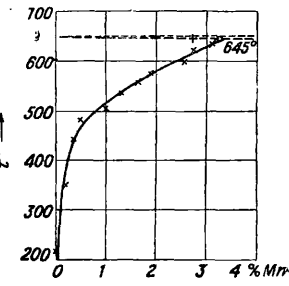


Фиг. 1.



Фиг. 2.

в твердом состоянии ничтожна: для Cu она составляет 0,03% при 470—480° и 0,02% при комнатной t° (Jones, 1931). По данным Schmidt (1927) сплав с 0,16% Si уже дает ясную эвтектику по границам зерен. Обычные составляющие сверхлегких С. — Al, Zn, Mn — имеют значительную растворимость в магнии; диаграммы растворимости их приведены на фиг. 1—3. Исследования разных авторов дали для этой растворимости весьма различные числа, в зависимости от применявшихся методов исследования. По новейшим данным, полученным рентгеновским методом (Schmidt, 1931), растворимость при t° эвтектики для Al (при 436°) 12,1% (фиг. 1), для Zn (344°) 8,4% (фиг. 2), для Mn



Фиг. 3.

(645°) 3,3% (фиг. 3). Растворимость при комнатной t° для Al ~ 2%, для Zn несколько выше 1%, для Mn уже при 200° практически нуль. Для Cd имеем непрерывный ряд твердых растворов, с разрывом растворимости в средней части диаграммы (Hume-Rothery, 1927). Из тройных систем исследована более полно Mg—Al—Si (Losann, 1931). Система Mg—Al—Zn, представляющая большой интерес, в отношении растворимостей в магниевом угле исследована неполно (Уразов, 1931). В области, прилегающей к стороне Mg—Zn, предельная растворимость при 325° составляет 8—10% суммарного содержания Al+Zn. Попытки сплавления магния с бериллием до недавнего времени имели отрицательный результат. Работы Государственного исследовательского ин-та цветных металлов (1932) установили, что в условиях плавки под давлением водорода (100 atm) при $t^\circ_{пл}$ бериллия (1 270°) в магний переходит ок. 0,5% Be (данные спектрального анализа). Структура С. заставляет предполагать существование и изменение растворимости в твердом состоянии. В табл. 1 приведены составы наиболее употребительных марок сверхлегких С., преимущественно по итальянским данным (Unzoni).

Табл. 1.—Составы более употребительных марок сверхлегких сплавов (в %).

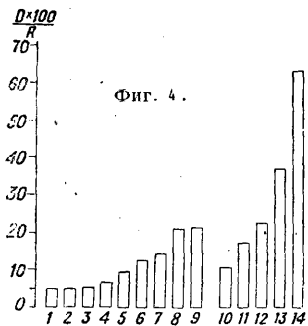
Марки	Al	Zn	Mn	Si	Cu	Cd
Германские сплавы						
AZF *1	4—4,5	3—3,5	0,3—0,5			
AZG *2	6	3	0,3—0,5			
AS82 *3	8—10			2—3		
V1 *4	10		0,3—0,8			
AZM *5	6—7	0,5—1,0	0,5			
AZ31 *6	3	0,5—1,0	0,5			
Z1b *7		4—4,5				
AM503 *8			1,5—2,5			
AZD *9	4	3	0,3—0,5			3
Американские сплавы						
A *10	8		0,3—0,5			
D *11	8	0,5	0,2		2	1
E *12	6		0,25			
F *13	4		0,3—0,4			
T *14	2		0,2		4	2
AM74 *15	7		0,4			
Английские сплавы *16						
46	3,5—4					
55	4—5		0,8			
56	2		0,4		4	
10DF	5,5—6					
65	8—9		0,4			
59	5	3	0,5			

*1 Литье в землю. *2 Литье в землю. *3 Литье в кокиль или под давлением (по некоторым данным выходит из употребления). *4 Прессовка. *5 Прессовка, прокатка, ковка. *6 Прессовка, прокатка, ковка. *7 Прессовка, ковка. Красится. *8 Прокатка, сварка, ковка. По итальянским данным состав: 5% Al; 0,5% Mn. *9 Прокатка, прессовка. *10 Литье. *11 Литье. *12 Прессовка. *13 Прессовка, ковка, прокатка. *14 Литье (порошн.). Выходит из употребления. *15 Литье. *16 Прессовка, обработка давлением.

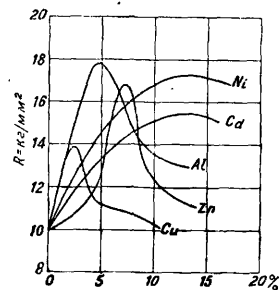
В действительности число С., упоминаемых в литературе, больше. Более распространены германские С., применяемые также в Англии, Франции и Италии. Все С. с медью выходят из употребления: сильная коррозия обесценивает их другие ценные свойства; то же относится к сплавам с кремнием.

Ценные свойства сверхлегких С. определены самим их названием. Фиг. 4 дает понятие о по-

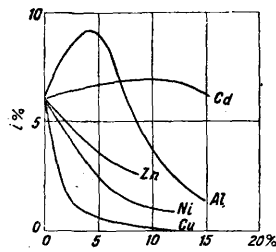
ложении сверхлегких С. по их уд. весу и крепости в ряду других С., применяемых на практике. По ординате дано отношение уд. веса к временному сопротивлению на разрыв, помноженное на 100, по абсциссе—сплавы: 1—склерон (наклепанный), 2—Vfw, 3—AZM, 4—дуралюмин, 5—никелевая сталь облагороженная, 6—никелевая сталь отожженная, 7—мягк. сталь отожженная, 8—особо мягк. сталь отожженная, 9—прокатанная латунь, 10—AZF, 11—немецкий сплав, 12—латунь, 13—бронза, 14—чугун (1—9—обработанные давлением; 10—14—литые). Влияние составляющих (Ni, Cd, Al, Zn, Cu) С. на его сопротивление разрыву видно из диаграммы на фиг. 5, а на удлинение—на фиг. 6. Этим опре-



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

деляется выбор состава С. Низкий модуль упругости сверхлегких С. и его значительный температурный коэф.—одна из их особенностей, что видно из Фы и таблицы, данных Vollegrath'ом (1932):

$$E_t = E_{20} [1 - \alpha(t - 20) - \beta(t - 20)^2],$$

где E_t —модуль упругости при температуре t ; E_{20} —модуль упругости при 20°. Значения E_{20} , α , β , t_{max}° , t_{min}° для некоторых сплавов приведены ниже (t_{max}° и t_{min}° —температурный интервал, для которого дается ф-ла):

	E_{20}	$\alpha \cdot 10^{-4}$	$\beta \cdot 10^{-7}$	t_{max}°	t_{min}°
AZM	4 270	6,18	1,45	+75	-190
Vfw	4 280	4,19	3,45	+80	-190
Dural 681 ZB	7 180	3,62	—	+25	-190

Фиг. 7 дает понятие о мере остаточной деформации (в зависимости от напряжений) в обработанных давлением С. Значения букв (кроме Fh, Fw) соответствуют маркам С. табл. 1.

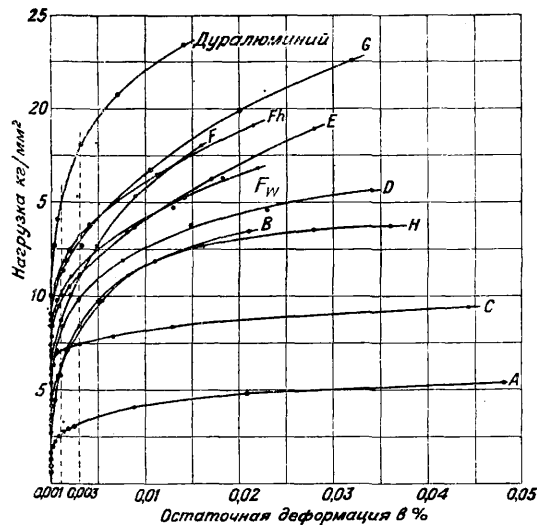
A	B	C	D	E	F	Fh	Fw	G	H
56	55	Z1b	AZM	10DF	V1	V/2	V/w	65	AZ31

Динамич. испытания служат предметом усиленных работ в последние годы. Сверхлегкие С. и в этом отношении не стоят на высоте, уступают легким. Фиг. 8 дает диаграмму усталости при ударе, кроме некоторых указанных на фиг. 7 С., еще для силумина и двух литых С.:

Il Jg
AZF AZG

Табл. 2 приводит (по Шмидту) данные о механич. свойствах ряда германских С. Полые литые сплавы (V и др.) по механич. качествам мно-

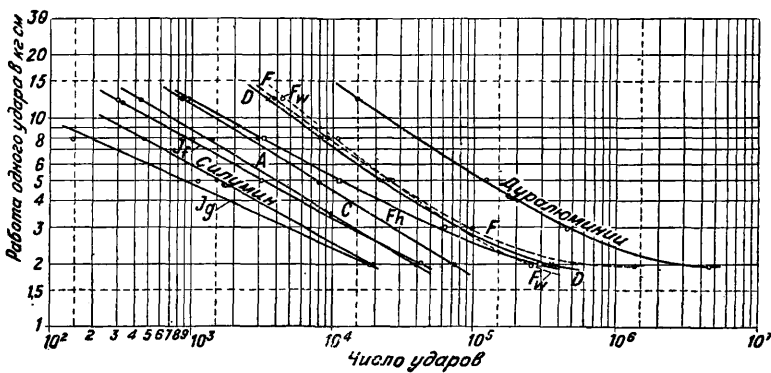
го превосходят даже прессованные сверхлегкие С., не говоря о других ценных свойствах.



Фиг. 7.

Сверхлегкие С. плавят в газовых горнах, применяя графитошамотовые, лучше железные сварные тигли с цельным штампованным дном. Целесообразно производить алитирование внешней поверхности железных тиглей, чем увеличивается стойкость их к окислению. Чугунные тигли дешевле, но хуже; стальные тигли специальных патентованных составов наилучшие. Шихта при плавке закладывается вся сразу и присыпается флюсом в холодном виде. Обычный флюс готовится путем простого высушивания и сплавления смеси солей (60% $MgCl_2$ и 40% KCl или $NaCl$) с последующим истиранием в порошок. После расплавления, перемешивания и снятия шлака зеркало вновь присыпается флюсом, после чего тигель с металлом перегревается в горне до образования

твердой корки флюса (800—900°). Иногда применяют добавки к основному флюсу для улучшения его свойств. Флюс состава 60% $MgCl_2$, 35% KCl , 5% MgF_2 легче образует корку. De Fleury рекомендует и более сложные добавочные флюсы (flux correctifs): 1) 85% MgF_2 , 5% NH_4HF_2 , 3% NH_4Cl , 7% B_2O_3 , 2) 70% MgF_2 , 15% BaF_2 , 5% NH_4FHF , 3% NH_4Cl , 7% B_2O_3 , 3) 30% NH_4HF_2 , 70% B_2O_3 . Литье происходит после выстаивания при температуре 720—750° (температура тем выше, чем сложнее отливаемая деталь и чем выше содержание магния в С.). Попадание флюса в отливку действует на нее губительно, обуславливая не только общее ухудшение крепости, но и быстрое наступление коррозии. Для задерживания флюса применяют иногда весьма сложные ловушки, увеличивающие расход металла и сложность операции. Остаток металла в тигле засорен осадком флюса и в дело не идет. Перед литьем зеркало присыпают серным цветом; серным же цветом припыливают струя в начале литья. Литье без флюса возможно, но связано с большим угаром магния. Для формовки применяются тощие пески со средней проницаемостью. По итал. данным герм. песок (terga ross tedesca) имеет состав: 13% цемента (глина), 87% песка; проницаемость 24,7. Вид готового для формовки песка дан на фиг. 9, тот же песок, очищенный от цемента, дан на



Фиг. 8.

фиг. 10. В песок добавляется сера (5%) и борная к-та (0,25%). Литье возможно, смотря по детали, в сухую и сырую опоку. Стержни серы

Табл. 2.—Механические свойства германских сверхлегких сплавов. *1

Марка	Наименование: сплавов	Z_e^{*2}	Z_p^{*3}	Z_{max}	i	q	D_{max}	D_p^{*4}	E	H_{Br}	a	S_{max}	M_{max}	Примечания	
Литые сплавы:															
AZG	Желто-белые	4—5	10—11	16—20	3—6	7	33	10—11	4 300	53—57	35	14	7—8	Ответств. литье	
AZF	Желто-зелен.	4	9	17—21	5—9	9	32	9	4 200	43—47	50	13	5,5—7,5		Литье, подверж. ударам
V ₁	Желто-голуб.	5	11	11—17	2	4	33	11	4 300	60	50	13	7—8		
AZ31	Желто-голуб.	5	11	10—17	2	4	30	11	4 300	64	50	13	—	Литье под давл.	
AZ31	Желто-черн.	3	6,5	16—20	6—8	9	29	6,5	4 000	40	100	11	5	Нагреваем. литье	
Прессованные сплавы:															
V ₁	Голубой . . .	19—21	23—28	33—37	7—9	9—12	37—40	13	4 550	70	40	16	12	Части, требующие особой твердости	
V/w	Голуб.-красн.	19—21	23—23	33—37	9—12	13—18	35—38	13	4 100	60	75—100	16	12		
V/h	Голуб.-желт.	22—24	25—30	37—42	2—5	3—6	10—45	13	4 600	85—90	30	18	13		
AZM	Белый	17—19	20—22	28—32	11—16	25—30	35—38	12	4 500	55	100—140	14—16	13	Нормальный материал для конструкций	
AZ31	Желто-черн.	14—16	18—20	25—28	8—12	30—35	34—36	—	4 300	48—50	100—110	13—15	10		
Z1b	Красный . . .	9—13	16—18	25—27	15—18	25—30	31—36	—	4 300	45	120	13—15	9		Для окраски травлен.

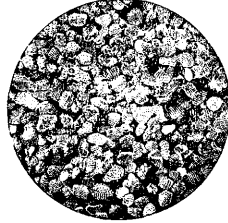
*1 См. (спр. ТЭ, т. II, стр. 156 и 157. *2 При удлинении на 0,02. *3 При удлинении на 0,2. *4 При сжатии на 0,2.

не должны содержать. Исследования Гинцвет-мета (1932) показали, что присадка бериллия к С. (с 8% Al, 0,4% Mn) дает возможность получения хорошего литья в сырую форму без всякого применения серы (как в земле, так и в виде припыла) при 750°. В настоящее время применяется гл. обр. фасонное литье в землю и намечается литье в кокили. Литье под давлением уже применяется; в последнем случае приходится пользоваться машинами плунжерного типа или в пневматич. машинах пользоваться инертным газом (водород, гелий). Трудности в этом направлении еще не преодолены, но сверхлегкие С. имеют здесь то преимущество перед легкими, что обеспечивают лучшую сохранность стальных матриц.

Пластическая деформация сверхлегких С. характеризуется особенностями кристаллографической структуры магния и его твердых растворов (гексагональная решетка), допускающей скольжение только по базису призмы. Между тем алюминий, обладая кубич. решеткой, имеет восемь систем плоскостей скольжения. В то время как дуралюмин после предварительного обжатия при 400—500° на 50—60% уже легко прокатывается на холоду, С. AZM получает эту способность лишь после горячего обжатия в 90—95%; при этом количество отжигов увеличивается. Темп-ра деформации сверхлегких



Фиг. 9.



Фиг. 10.

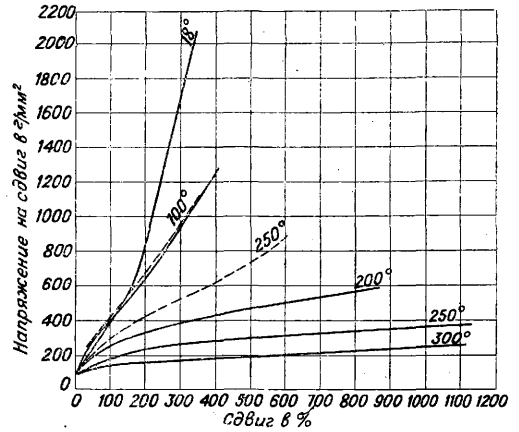
С., часто неправильно даваемая, определяется зависимостью сил сдвига от степени сдвига. Эта зависимость дана для различных t° на фиг. 11 для кристалла магния. Влияние содержания Al (в %) на напряжения наклепа дано на фиг. 12. Практически t° обработки давлением сверхлегких С. лежит в пределах 300—400° или 350—420°. В нек-рых случаях необходим подогрев инструмента, особенно при ковке и штамповке. Прокатка листов (обычно из С. AZM и AM503) особых затруднений не представляет. Ниже приведены основные механич. свойства (сопротивление разрыву R в кг/мм², удлинение i в %, твердость H_{Br}) листов двух типичных С.: AM503 и DowE, мягких и наклепанных:

	R		i		H_{Br}	
	мягк.	накл.	мягк.	накл.	мягк.	накл.
AM503	20—24	28—32	12—14	2—3	40	55
DowE	28—38	34—40	12—14	1—3	55	65

Ковка и штамповка сверхлегких С. представляют наибольшие затруднения, требуя подогрева инструмента; прессовка и волочение сделали наибольшие успехи; прессы и инструмент те же, что и для легких С.

Опыты термич. обработки в целях повышения механических свойств С. дали некоторый результат в смысле повышения твердости. Для С. с 6—12% Al применялись выдержки при 400° с последующей закалкой и старением при 150—200°. Повышение твердости составило для С. с 12% Al ок. 50%. Однако это повышение твердости в меньшей степени сопровождается повышением крепости, что может зависеть от

формы выделения составляющей фазы из твердого раствора. Эти выделения имеют пластинчатую форму и нарушают связность кристаллитов, что не мешает применению отжига для литых С. с целью выравнивания состава. Сведе-



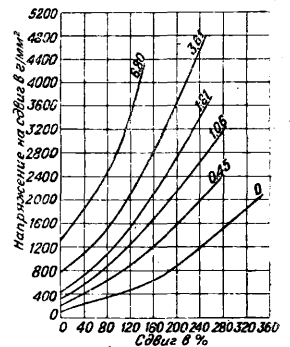
Фиг. 11.

ния о практич. применении термич. обработки сверхлегких С. разноречивы. Широкого применения она повидимому не имеет, особенно в связи с представляющей опасностью пережога и даже возгорания изделий. Применение соляных ванн для сверхлегких С. также опасно; селитровые ванны могут вызвать возгорание.

Обработка резанием очень легка, допускает большие скорости и не требует смазки. Это одно из преимуществ сверхлегких С. Разработаны специальные профили инструментов для сверхлегких С. (AFW—Normblatt № 107). Скорости станков приближаются к таковым для обработки дерева, что удешевляет стоимость обработки сравнительно с легкими С. Потребляемая мощность также меньше примерно в 3 раза при одинаковых скоростях. Опасность возгорания имеет место только для мелкой стружки и пыли, каковую необходимо изолировать, а в случае воспламенения (от соприкосновения с огнем) тушить сухим песком, но не водой (опасность взрыва). Воспламеняются при обработке резанием изделия, протравленные в HNO_3 .

Сварке поддается единственный сверхлегкий С. AM503. Имеются сведения о возможности

сварки труб и профилей из С. AZM. Путем сварки листов из С. AM503 получают ценные изделия (бензиновые баки для самолетов и пр.). Для автогенной сварки применяют проволоку того же С.; возможна точечная электросварка. Операция требует большой тщательности выполнения. При сварке применяется водный раствор (8,3%) безводного хлористого лития и 8,1% хлористого калия, который, испаряясь, дает легкоплавкий флюс. Шов должен быть весьма тщательно очищен. Диаметр отверстия горелки $\frac{1}{2}$ —1 мм; расстояние 2—4 см от шва. Для клепки применяется сплав алюминия с 5% магния.



Фиг. 12.

Сверхлегкие С. подвержены коррозии больше, чем легкие и всякие другие С. Это служит едва ли не главным препятствием к их широкому распространению. Обычная присадка 0,2—0,5% Mn имеет целью уменьшить активные свойства С. Наилучшим С. в отношении устойчивости к коррозии является AM503. Попытки введения Ве также имели целью получение антикоррозионного С. Действительно, работы Гинцветмета (1932) показали, что присадка Ве к двойному С. (с алюминием) уменьшает загоряемость жидкого С. и повышает устойчивость к коррозии твердого С. В деле исследования коррозионного действия растворов к-т и солей на сверхлегкие С. большая работа проделана во Франции (Cazand, 1929). Наиболее обычный метод—окисливание в растворах солей хромовой к-ты; Suttan (1931) приводит два рецепта, оцениваемые им как лучшие: 1) $1\frac{1}{2}\%$ $K_2Cr_2O_7$, 1% квасцов, $\frac{1}{2}\%$ NaOH; 2) $1\frac{1}{2}\%$ $K_2Cr_2O_7$, $1\frac{1}{2}\%$ $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Окисливание идет при 95°; деталь требует очищения в 10%-ной HNO_3 . Детали точных размеров промываются в 2%-ном NaOH (щелочи на сверхлегкие С. не действуют). Наилучшим способом Suttan считает комбинацию окисливания с покрытием ланолином и целлюлозной эмалью. Для защиты от коррозии широко применяется окрашивание масляными красками. Части моторов меньше подвержены коррозии именно потому, что их защищает имеющаяся всегда пленка смазочного масла. В самое последнее время был предложен способ покрытия сверхлегких С. селеном (Bengough, 1932). Покрытие совершалось погружением в ванну из раствора селеновой к-ты. Это покрытие устойчиво к морской воде.

Область применения сверхлегких С. определяется их названием и уже теперь очень обширна. Все подвижные части машин, средства транспорта, особенно воздушного, мелкие предметы обихода с успехом могут изготовляться из сверхлегких С. Однако применение их для поршней двигателей внутреннего сгорания, несмотря на возлагавшиеся надежды, не дало пока вполне хороших результатов, по крайней мере в авиационных моторах. Причиной явилась та же коррозия, усиленная действием высокой t° , а также понижение механич. качеств от этой же причины. Прочие части мотора—картер, насосы, части магнето и пр.—м. б. с успехом изготовлены из сверхлегких С. Некоторые германские (берлинские) фирмы с успехом пользуются сверхлегкими С. для омнибусов (колеса, скамейки, полки, части шасси и пр.). Эти С. находят ценное применение для подвижных частей текстильных машин, для оправ точных оптич. инструментов и биноклей; было успешно испробовано применение сверхлегких С. для клише. В Италии сверхлегкие С. широко применяются в автостроении, давая значительный выигрыш в весе. В последнее время (1931 г.) были попытки изготовления из этих С. корробок дизелей и трамвайных стрелок.

Лит.: 1. Сплавы магния с Al, Zn, Mn, Cd, Cu, Sn, В. Schmidt E., Beiträge zur Physik und Metallographie des Magnesiums, «Zeitschrift f. Elektrochemie», 1931, В. 37, р. 457; Salden a. Samotorin, The Solubility of Aluminium and Magnesium in the Solid State at Different Temperatures, «Journal of the Institute of Metals», London, 1932, в. 48, р. 221; Уразов, Природа сплавов алюминия и магния, «Изв. Ин-та физ.-хим. анализа», 1924, т. 2, стр. 480; Hansona a. Gayler, The Constitution of Alloys of Aluminium and Magnesium, «Journal of the Institute of Metals», L., 1920, в. 24, р. 201; Hume-Rothery a. Rounsefell, The System Magnesium—Zinc, ibid., 1929, в. 41, р. 119; Chadwick, The Constitution of the Alloys of Magnesium and Zinc, ibid., 1928, в. 39, р. 285; Deardon, The Magnesium—

Manganese Alloys, «I. Eng. Chem.», 1930, в. 22, р. 367; Hume-Rothery a. Rowell, The System Magnesium—Cadmium, «Journal of the Institute of Metals», L., 1927, в. 38, р. 137; Jones, The Copper—Magnesium Alloys. The Equilibrium Diagram, ibid., L., 1931, в. 46, р. 395; Losann, Sistema ternaria—Aluminio—Magnesio—Silicio, «La Metallurgia Italiana», Milano, 1931, в. 23, р. 367; Bruni, Sandonini u. Quercigh, Ueber die ternären Legierungen von Magnesium, Zink und Cadmium, «Ztschr. anorg. Chem.», Lpz., 1910, В. 68, р. 73; «Metal Industry», L., 1932, в. 41, р. 299; Kroll u. Jess, Ueber die Legierbarkeit von Beryllium mit Calcium und Magnesium, «Wiss. Veröff. a.d. Siemens-Konzern», 1931, В. 10, Lief. 2, р. 29.—2. Технология и применение. Chadwick, The Constitution of the Magnesium a. Zinc, «Journal of the Institute of Metals», L., 1928, в. 39, р. 285; «Revue de métallurgie», P., 1932, в. 29, р. 341; Rührmann n., Elektrometall in Strassenbahn-Wagenbahn, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1931, Jg. 23, р. 69; Schmidt W., Technologie und Anwendung des Elektrometalls, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1931, В. 37, р. 508; Guzzoni, L'impiego delle leghe di alluminio e di magnesio nelle costruzioni moderni, «La Metallurgia Italiana», Milano, 1931, в. 23, р. 177; Player, Production and Properties of Magnesium-Alloys Castings, «Metal Industry», L., 1931; Рольшиков, Магний и его сплавы (электрон), «Цв. мет.», М., 1931, стр. 355; Rührmann, Ueber Elektrometall in Flugzeugbau, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1930, Jg. 22, р. 317; Bonaretti, L'electron e le sue varie applicazioni industriali, «La Metallurgia Italiana», Milano, 1929, в. 21, р. 174; Gann a. Winston, Magnesium and Its Alloys, «I. Eng. Chem.», 1927, в. 49, р. 1193; Gann n., Treatment and Structure of Magnesium-Alloys, «Transactions of the American Institute of Mining Engineers», N. Y., 1929; Reiniger, Das Schmelzen und Gießen von Magnesium-Legierungen, Gieserei, Düsseldorf, 1927, Jg. 14; Light Metals and Alloys, Aluminium, Magnesium, «Bur. of Stand. Circ.», 1927, 346; Jones, Magnesium and Its Alloys, «Journal of the Royal Aeronautical Society», London, 1926, в. 30, р. 743; Bolletrath, On the Influence of Temperature on the Elastic Behaviour of Various Wrought Light Metal Alloys, «Journal of the Institute of Metals», L., 1932, в. 48, р. 255; Mathaas, Dynamische Festigkeitseigenschaften einiger Leichtmetalle, «Ztschr. f. Metallkunde», Berlin, 1932, Jg. 24, р. 176; Saran, Leichtmetall-Sandguss, seine statische und seine Schwingungsfestigkeit, ibid., Jg. 24, р. 181, 297; Schmidt, Die Bedeutung der Kristallaufbaues für die Beurteilung der Elastizitätsgrenze und Dauerfestigkeit von Elektrometall, ibid., 1931, Jg. 23, р. 54; Jones, On Metallic Magnesium, «Journal of the Institute of Metals», L., 1930, в. 43, р. 237; Hidnert and Sweney, Thermal Expansion of Magnesium and Some of Its Alloys, «Bur. of Stand. Research», Wash., 1928, 29.—3. Обработка давлением. Ravagnone Guzzoni, La deformabilità sotto carichi statici delle leghe ultra-legere, «La Metallurgia Italiana», Milano, 1931, в. 23, р. 475; Schmidt W., Das Pressen von Stangen aus Elektrometall, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1927, Jg. 19, р. 378.—4. Термическая обработка. Meissner, Age-Hardening Tests with Elektron-Alloys, «Journal of the Institute of Metals», L., 1927, в. 38, р. 195; Archer, The Hardening of Metals by Dispersed Constituents Precipitated from Solid Solutions, «Transactions of the American Society for Steel Treatings», Cleveland, 1926, в. 40, р. 718.—5. Покрытие и коррозия. Bengough a. Whitby, Magnesium-Alloy Protection by Selenium and Other Coating Processes, «Journal of the Institute of Metals», L., 1932, в. 48, р. 147; Suttan, The Protection of Magnesium Alloys against Corrosion, «Journal of the Institute of Metals», L., 1931, в. 46, р. 53; Cazand, La corrosion des métaux et alliages légers et ultra-légers, «Revue de métallurgie», P., 1929, в. 26, р. 259, 299, 307, 367.—6. Сварка. Guzzoni e Nardi, La soldatura dei materiali metallici, «Aerotechnica», Roma, 1931, в. 11, р. 302. **В. Переслеган.**

Сверхтвердые сплавы, комбинации из чистых металлов и их карбидов, обладающие высокой степенью твердости. Типичными представителями являются карбиды редких тугоплавких металлов: вольфрама, тантала, молибдена, титана, циркония, хрома, ниобия, ванадия. Перечисленные металлы дают с углеродом соединения со свойствами, приведенными в табл. 3. Таким образом карбиды WC, W₂C, TaC, Mo₂C, NbC, TiC, ZrC по своей твердости приближаются к твердости алмаза (тверже их только карбид бора ВС с твердостью 9,8). Приготовить из этих карбидов изделия плавлением без ослабления их твердости в настоящее время не удается, и поэтому для использования их в технике применяют к ним обработку по т. н. ке-

Табл. 3.—Типы и свойства карбидов металлов.

Карбид	Тв. по Мосу	Уд. в.	Точка плавл.	Содержание С в %	Точка плавл. основного металла
WC	>> 9	15,5	2 900	6,12	} W 3 370
W ₂ C	>> 9	16,9	3 000	3,15	
Mo ₂ C	>> 9	8,9	2 500	5,88	Mo/3 620±10
TaC	>> 9	13,96	3 800	6,2	
Cr ₇ C ₃	8	6,6	1 800	13,3	Ta/2 860
Cr ₇ C ₃	—	6,9	1 665	9,0	
ZrC	7	6,75	—	5,45	Cr/1 615
ZrC	8-9	6,90	3 250	11,7	
TiC	9	4,25	3 250	20,0	Zr/1 700
ThC	—	8,90	—	—	Ti/1 800
NbC	9	7,36	3 800	6,2	Th/1 845
VC	7-9	5,36	2 800	19,0	Nb 1 152
					V 1 710

рамич. способу; для этого измельченный карбидный металл смешивают с порошком чистого металла (как цементирующим веществом), имеющего более низкую точку плавления по сравнению с карбидным металлом; смесь прессуют и затем подвергают термич. обработке, после чего получают изделие, состоящее из зерен карбидного металла, цементированных вспомогательным металлом. Цементация происходит путем обволакивания карбидных зерен плавящимся при термич. обработке вспомогательным металлом. В настоящее время наиболее разработано изготовление сверхтвердого металла из карбида вольфрама, цементированного кобальтом. В торговле вольфрамкарбидные сплавы имеют разные названия: в Германии их называют «видиа» (Крупп), в США «карболой», в СССР «победит» (Электрозавод). Состав этих разновидностей близок типичному составу: 87,4% W, 6,10% Co и 5,68% C. Характеристика этих сплавов дана в табл. 4.

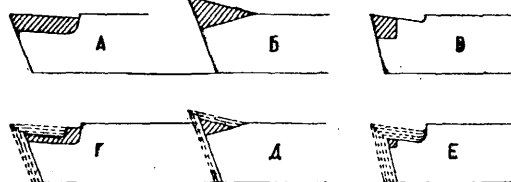
Табл. 4.—Характеристика вольфрамкарбидных сплавов.

Физические свойства	Содержание кобальта в %					
	3	6	9	13	20	100
Уд. вес	15,04	14,82	11,56	11,10	12,51	8,62
Тв. по Роввелу при шкале С и нагрузке в 60 кг	—	90	—	87	—	—
Число Винерса-Бриелля	1 380*1	1 450*1	1 365*1	1 235*1	755*2	280*2
Тв. по Шору Электрич. сопротивление в $\mu\Omega/\text{см}^2$ при 20°	190*3	115	—	130	—	—
Температурный коэф. электросопротивления при 20-30°	21,3	21,1	22,3	19,6	29,3	9,81
Коэф. термич. расширения в среднем на градус в интервале от 20° до 400°	0,0047	0,0045	0,0043	0,0044	0,0038	0,0036
	—	—	—	$6 \cdot 10^{-6}$	—	—

*1 При 10 кг. *2 При 30 кг. *3 Числа обозначают нагрузку для глубины вдавливания 0,0157 мм.

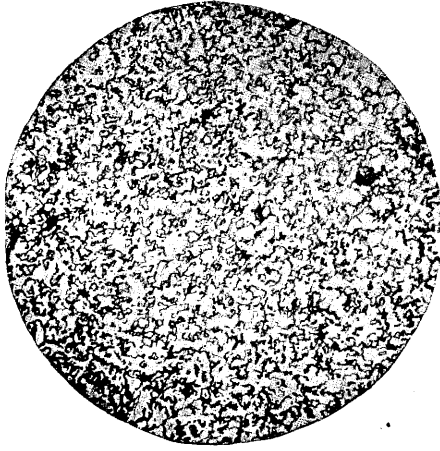
На прилагаемых photographиях (вкл. л.) изображены изломы и микрошлифы сверхтвердого металла «видиа» и *стеллит* (см.). «Видиа» изготовлен керамическими методами, а стеллит — плавлением его компонентов, вследствие чего их микроструктуры (вкл. л., 2, 4) дают характерную разницу. Изломы их также отличаются друг от друга (вкл. л., 1 и 3).

Изготовление вольфрам-карбидных сплавов. Качество изделий, приготовленных по керамич. методу, во многом зависит от химич. чистоты и от величины зерен применяемых компонентов, поэтому вольфрамовый порошок, подвергаемый карбонизации, получают из чистой окиси вольфрама; величина зерна д. б. в пределах 1—3 μ . Этот порошок смешивают с углеродом в виде сахарного угля в равных по весу количествах. Тщательно перемешанная в шаровых мельницах смесь подвергается нагреванию до 1 500° в течение 3 ч. Карбонизация вольфрама методом спекания обесценивает получение высшего карбида (WC), тогда как при карбонизации плавлением получается смесь карбидов WC+W₂C, причем излишек углерода выпадает в виде свободного графита. Для дальнейшего хода изготовления сверхтвердого металла важно, чтобы карбид вольфрама и порошок кобальта были тщательно смешаны. Это смешивание производят в шаровых стальных мельницах со стальными же шарами. После помола смесь просеивают через сито в 220 меш. Остаток на сите снова подвергают помолу и продолжают это до тех пор, пока весь порошок будет проходить через указанное сито. В результате такого помола должен получиться порошок, притягивающийся к магниту, что будет указывать на то, что частицы карбида вольфрама равномерно покрылись порошком кобальта. Тщательность этой операции имеет решающее значение на качество сверхтвердого металла. Из полученного порошка прессуют под гидравлическим прессом с давлением 3—5 т/см² изделия желаемой формы. Операция прессования производится так же, как и при изготовлении *вольфрамовой проволоки* (см.). Отпрессованные изделия подвергаются термич. обработке в два приема. Первая обработка, называемая предварительным спеканием, производится в электропечи при t°, не превышающей 1 000°, причем изделия укладывают в угольные лодочки и засыпают мелко отсеянным древесным углем; в печи создают водородную атмосферу путем пропускания водорода со скоростью ~1 200 л/ч. Продолжительность процесса различна в зависимости от величины изделий. Изделия, прошедшие предварительное спекание, имеют достаточную крепость и м. б. подвергнуты предварительной механич. обработке для получения требуемых размеров. Во время предварительного спекания изделия получают усадку до 20%. Затем механически обработанные изделия подвергают вторичному спеканию (аналогично первому) при t° в 1 400—1 500°, после чего они

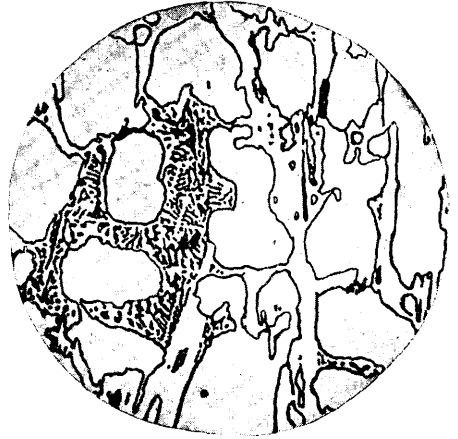


Фиг. 13.

приобретают свойственную им высокую твердость. Для резания применяют небольшие (в виду дороговизны металла) пластинки, которые припаивают к металлу. державке. Для державок применяют сименс-мартеновскую или для ответственных инструментов никелевую сталь со средним содержанием углерода. В тех



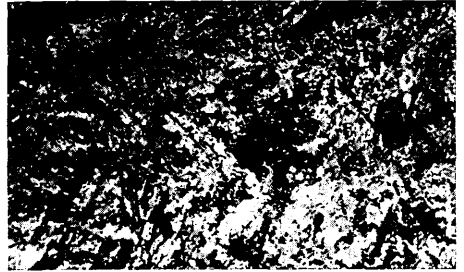
1а



1б



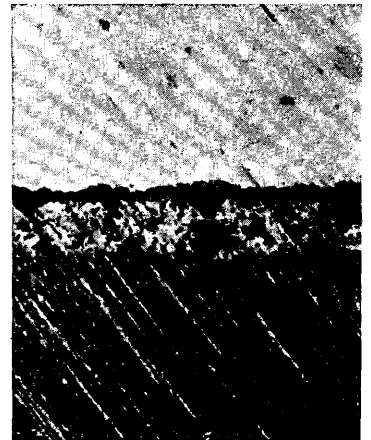
2а



2б



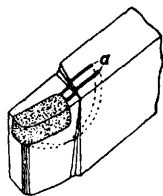
3



4

1а. Видна травлений ($\times 750$). 1б. Стеллит травлений ($\times 750$). 2а. Видна излом ($\times 5$). 2б. Стеллит излом ($\times 5$). 3. Шлиф припаяющей пластинки из видна: а—видна, б—припой, в—стальное тело резца. 4. Шлиф сваренной пластинки из видна: а—видна, б—место сварки с раковинами и порами, в—стальное тело резца.

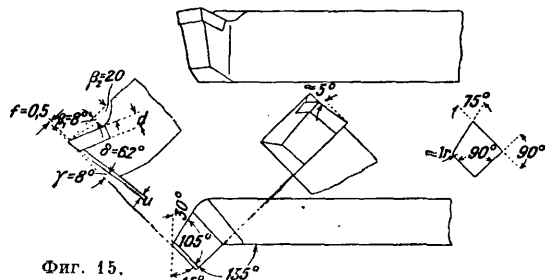
случаях, когда стойкость инструмента играет второстепенную роль, а преследуется гл. обр. долговечность,—инструмент весь делают из сверхтвердого металла, напр. сверла для твердого каучука, шифера, стекла, фарфора, бумаги, карболита и т. п. Пластинки из сверхтвердого металла для напайки на резы делают плоской прямоугольной (фиг. 13, А), треугольной (фиг. 13, Б) и четырехугольной (фиг. 13, В) формы. Как видно из фиг. 13, Г, Д, Е, показывающей последовательность снятия слоев металла при обточке, четырехугольная форма допускает наиболее полное использование материала пластинки. Напайка пластинок производится красной медью, жидко расплавленной при $t^{\circ} 1150^{\circ}$. Медь применяют в виде стружек, получаемых при обработке красномедных изделий. Латунь в виду ее меньшей по сравнению с медью теплопроводностью для припайки не применяется. Высокая теплопроводность места спайки желательна для быстрого отвода тепла, образующегося при резании в теле реза, и понижения т. о. t° лезвия, необходимого для сохранения его остроты. Одним из способов улучшить одновременно прочность пайки и облегчить теплопередачу от пластинки к телу реза является производство нескольких пропилов α (фиг. 14), к-рые, заполняясь при пайке медью, служат, с одной стороны, как бы якорями, связывающими пластинку с телом реза, а с другой,—увеличивая поверхность теплопередачи, облегчают отвод тепла от острия. На вкл. л., 5 и 6 приведены для сравнения при 15-кратном увеличении шлифы в местах присоединения пластинок из сверхтвердого металла к резу при помощи пайки медью (вкл. л., 5) и путем сварки (вкл. л., 6). Из этих шлифов ясно видно преимущество пайки перед сваркой как в отношении толщины промежуточного слоя, так и в смысле плотности металла, столь важной для хорошего отвода тепла. При пайке следует избегать непосредственного соприкосновения металла с паяльным пламенем, т. к. последнее вредно влияет на металл «видиа», окисляя его. Лучше всего производить напайку в муфельной печи. Место в державке, к-рому припаявается пластинка, подготавливают либо фрезованием либо проточкой и тщательной опиловкой тонкой пилой, заботясь о том, чтобы место соприкосновения с режущей кромкой было без пор и раковин. Необходимо заботиться о тщательной припасовке пластинки к опоре, т. к. при б. или м. толстом слое припая часто происходят изломы пластинок. Процесс пайки производится след. образом: державку инструмента предварительно нагревают в пламени паяльной лампы до t° ок. 800° и затем на место спая насыпают нек-рое количество буры, наблюдая, чтобы место спая при этом находилось в пламени. Когда бура расплавится, державку удаляют из пламени, и место спая очищают от окалины и грязи железной щеткой, затем быстро накладывают пластинку из «видиа» и все вместе помещают в муфельную печь, доводя нагрев до $t^{\circ} 1150^{\circ}$. Пластинку посыпают сверху бурой, и когда последние отбечет, то сверху пластинки кладут медные стружки; происходит плавление меди, к-рая заполняет пространство между пластинкой и державкой; затем изделие вынимают из



Фиг. 14.

муфеля, зажимают пластинку в ручные тиски и охлаждают, помещая в порошок древесного угля. Еще более совершенным способом напайки пластинок из сверхтвердого металла является нагрев в электрич. трубчатой печи, через к-рую во все время нагревания пропускают ток водорода или смеси азота и водорода; охлаждение совершают, как и при описанном способе, в угольном порошке. Изнашиваемость резов, припаянных этим способом, в $1\frac{1}{2}$ —2 раза меньше, чем при пайке в муфельной печи на древесном угле. Затачивание резов из сверхтвердого металла производится на специальных точильных кругах из самого твердого абразивного материала. Работа заточки должна протекать при обильном охлаждении водой; если станок, на к-ром производят заточку, не допускает охлаждения, то необходимо следить за тем, чтобы при сухом затачивании пластинка из «видиа» чрезмерно не нагревалась; при сухой точке не допускается внезапного охлаждения водой, т. к. от этого пластинка может дать трещины и надрывы. Далее при процессе заточки следует наблюдать за тем, чтобы металл не подвергался большому давлению. Весьма желательна правка лезвия после точки путем лощения фасок режущей грани зубом из сверхтвердого металла. Сверхтвердые металлы применяются гл. обр. для производства режущих инструментов всех видов. Основной об-

муфеля, зажимают пластинку в ручные тиски и охлаждают, помещая в порошок древесного угля. Еще более совершенным способом напайки пластинок из сверхтвердого металла является нагрев в электрич. трубчатой печи, через к-рую во все время нагревания пропускают ток водорода или смеси азота и водорода; охлаждение совершают, как и при описанном способе, в угольном порошке. Изнашиваемость резов, припаянных этим способом, в $1\frac{1}{2}$ —2 раза меньше, чем при пайке в муфельной печи на древесном угле. Затачивание резов из сверхтвердого металла производится на специальных точильных кругах из самого твердого абразивного материала. Работа заточки должна протекать при обильном охлаждении водой; если станок, на к-ром производят заточку, не допускает охлаждения, то необходимо следить за тем, чтобы при сухом затачивании пластинка из «видиа» чрезмерно не нагревалась; при сухой точке не допускается внезапного охлаждения водой, т. к. от этого пластинка может дать трещины и надрывы. Далее при процессе заточки следует наблюдать за тем, чтобы металл не подвергался большому давлению. Весьма желательна правка лезвия после точки путем лощения фасок режущей грани зубом из сверхтвердого металла. Сверхтвердые металлы применяются гл. обр. для производства режущих инструментов всех видов. Основной об-



Фиг. 15.

лостью применения являются резы и фрезеры. Нормальная форма универсального реза с напаянной пластинкой из сверхтвердого металла изображена на фиг. 15. Для обработки различных материалов углы резания м. б. изменены согласно данным табл. 5.

Табл. 5.—Углы резания для резов из сверхтвердого металла ($^{\circ}$).

Обрабатываемый материал	Задний угол γ	Угол острия δ
Закаленное литье	4	82—86
Твердая сталь	6—8	70
Сталь прочностью 45—65 кг/мм ²	8—6	60
» » 65—140 кг/мм ²	6—4	70—85
Чугун	6	75—70
Бронза, латунь и т. п.	8	70—75
Кремнистый чугун	3—5	80—81
Нержавеющая сталь	6—8	70—75
Стальное литье	6—8	60—75

При передних углах, больших 10° , на режущей кромке отполировывается алмазным порошком фаска шириной ок. 0,5 мм с углом наклона 4—8°. Фрезер со вставными лезвиями с напаянными пластинками из сверхтвердого металла изображен на фиг. 16. Лобовой кольцевой фрезер изображен на фиг. 17, на к-рой указаны углы, придаваемые режущим кромкам. На фиг. 18 изображена пила для холодной распиловки металла с вставными зубьями из сверх-

твердого металла; преимуществом таких пил помимо повышенной производительности является возможность снижения толщины пропила, а как следствие этого—уменьшение работы резания. На фиг. 19 изображена головка для рассверливания отверстий с напаянными пластинками из сверхтвердого металла. Значения углов резания приведены в табл. 6.

Табл. 6.—Значения углов резания для сверлильных головок.

Обрабатываемый материал и операция	Углы лезвия в °			
	γ_1	γ_2	β_1	ϵ
Чугун, латунь, бронза (обдирка)	2	4—2	0	0
Чугун, латунь, бронза (шлихтовка)	1	4—6	0	0—(—5)*
Алюминий (обдирка)	1	6	10	15
» (шлихтовка)	2+1	6	10	15

* Левая спираль при правом направлении вращения. Скорости резания при рассверливания м. б. приняты равными 60—75 м/мин для чугуна, 90—120 м/мин для латуни, 75—105 м/мин для бронзы и 450 м/мин для алюминия. Подача должна иметь такую величину, чтобы на 1 зубец приходилась стружка толщиной 0,05—0,125 мм.

Сверло с впаивной пластинкой из сверхтвердого металла изображено на фиг. 20. Основным требованием для работы инструментом из сверхтвердого металла является отсутствие ударов, т. к. твердый, но хрупкий материал резцов при этом легко выкрашивается. Обширное распространение сверхтвердые металлы получили в режущих инструментах для обработки бумаги, изолировочных пластич. масс, мрамора, стекла и т. п. материалов. На фиг. 21 изображена пила с вставными зубьями *a*, снабженными припаянными пластинками из «видиа» для распиловки изолировочных материалов. Кроме указанных областей применения сверхтвердые металлы с успехом заменяют благородные и полублагородные камни при изготовлении буровых коронок (см. *Волонит*), фильеров для волочения проволоки, ступок (типа агатовых). Углы конусности волочильных глазков сверхтвердого металла для волочения проволоки из различных металлов приведены ниже (в °):

Алюминий, серебро	16—18
Мель	12—16
Латунь, бронза	9—11
Железо	8—12
Сталь	4—6
Материалы тверже стали	~3

Переставная волочильная матрица для квадратных и прямоугольных прутков изображена на фиг. 22. Затем сверхтвердые металлы применяют для напайки на рабочие поверхности калибров и измерительных инструментов.

Производительность режущих инструментов из разных материалов приведена в табл. 7 и 8. Скорости резания инструментами сверхтвердого металла для обточки на токарном станке и для фрезерования приведены в табл. 9 и 10. Кроме карбида W применяются также и карбиды других металлов, имеющих высокую точку плавления, а именно: карбиды Ta и Ti. На рынке тантал-карбид, цементированный никелем, называется металл-рамет, а титан-карбид, цементированный никелем или кобальтом,—металл-титанит. Первый, имея твердость ту же, что и «видиа», предпочтителен, т. к. карбид тантала имеет точку плавления, более высокую,

Табл. 7.—Производительность режущих инструментов из разных материалов при обработке чугуна средней твердости.

Материал инструмента	Снято металла в 1 мин., см ³	Время до вторичной заточки, мин.	Общее количество снятого резцом металла, г
Углеродист. инструментальная сталь	0,02032	1,7	649,2
Быстрорежущая сталь	0,098195	3,2	6 035,6
Первоначальный стеллит	0,1502	7,5	18 977,2
Цементированный вольфрамовый карбид	0,18161	16,5	57 930,4

Табл. 8.—Сравнительная производительность режущих инструментов при обработке мартеновской стали ($\sigma_2=57,2$ кг/см²), при глубине резания 4,8 мм и подаче 0,5334 мм/об.

Материал инструмента	Снято металла в 1 мин., см ³	Время до вторичной заточки, мин.	Общее количество снятого металла, г
Углеродистая инструмент. сталь	0,01143	4,7	217,9
Быстрорежущая сталь	0,04191	10,1	1752,4
Первоначальный стеллит	0,07429	10,6	4300,6
Цементированный вольфрамовый карбид	0,09271	26,0	9988,0

Табл. 9.—Скорость резания для обточки на токарном станке инструментами из сверхтвердого металла и быстрорежущей стали.

Род работы и обрабатываемый материал	Глубина резания, мм	Подача s, мм/об	Скорость резания v, м/мин	
			Быстрореж. сталь	Сверхтверд. металл
Чистовая обточка стальных частей	0,5—1	10—15	14	38
Обточка чугунных дисков	4—5	0,4	12—14	40
Обточка чугунных фланцев	3—4	0,4	16—18	60
Обточка стали $\sigma_2=50\div60$ кг/мм ²	20	0,35	25	80
Подрезка стали $\sigma_2=60\div65$ кг/мм ²	3	0,2	20	70

Табл. 10.—Скорость резания при фрезеровании плоскостей фрезями из сверхтвердого металла.

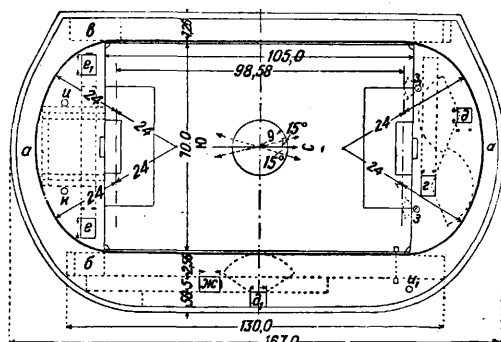
Обрабатываемый материал	Скорость резания в м/мин для		
	обдирки		чистовой обточки
	Глубина резания > 3 мм	Глубина резания < 3 мм	Глубина резания < 1,6 мм
Чугун мягкий	60—75	75—100	90—120
» средне-тв.	45—60	61—75	75—90
» твердый	30—40	40—52	45—75
Литая сталь	30—60	45—75	60—90
Углеродист. сталь мягкая	45—60	52—75	60—105
Углеродист. сталь средней твердости	30—45	45—68	52—75
Углеродист. сталь твердая	22—30	30—45	45—60
Латунь	90—120	105—150	120—180
Бронза	60—90	75—105	105—150
Алюминий	250—360	300—450	450—160

чем карбид вольфрама, поэтому режущий инструмент из него может работать без потери твердости при больших скоростях. Титанит еще мало испробован в пром-сти, но более низкая цена самого титана и большая распространенность его в земной коре могут сделать титанит серьезным конкурентом «видиа» и «рамета». Опыты с титанитом выяснили его меньшую чувствительность к ударам по сравнению с карбидом вольфрама. Карбиды редких металлов применяются также для облицовочной наварки на буровой инструмент, изготовленный из железных металлов для образования режущей или дробящей кромки высокой твердости. Наварочным материалом для бурильных инструментов служит карбид вольфрама, изготовленный сл. обр.: чистый вольфрамовый порошок смешивают с сажей в количестве, теоретически необходимом для образования WC, увлажняют смесь легким бензином; по испарении последнего добавляют сахарный сироп или патоку до приобретения смесью консистенции каши. Смесью постепенно нагревают до 300—350°, перемешивая образующуюся сгущенную массу; затем по охлаждению до 80—70° ее протирают через металлич. сито с отверстиями до 2 мм; полученный зернистый порошок и служит материалом для наварки. Наварку производят либо электродугой либо ацетиленовой горелкой. Такие порошки из карбида вольфрама в Америке называют «блеккор» (76,25% W; 7,49% C); у нас «вакор», «догнать» и пр. К этому типу относится и порошок из сталинита, в котором исходным металлом служит хром.

Лит.: Соколовский А. и Оглоблин А., Видиа и др. Быстрорежущие металлы, М., 1931 (указана библиография); Мигай В., Теория резания металлов, М.—Л., 1931; Кривоухов Б., Обработка металлов резанием, М., 1931 (указана лит.). Т. Алксенко-Сербин.

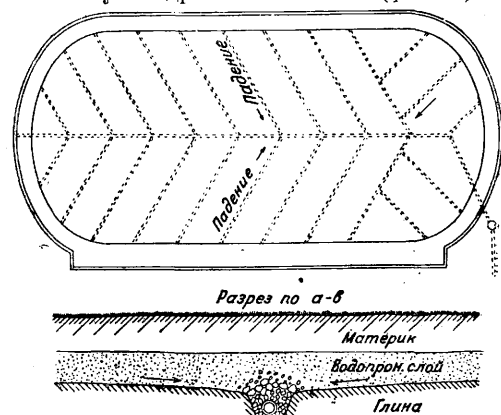
СПОРТИВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, сооружения, предназначенные для спорта. Наиболее изученными являются С. с. общественного и коммунального строительства, обслуживающие главн. обр. возрастную группу 18—45 лет. Для расчета необходимой земельной площади для С. с. берется 9 м² на физкультурника. Количество населения в возрасте 18—45 лет принимается в 44% от общего количества населения. Из этого количества резервируется площадь по расчету на вовлечение населения в физкультурное движение в размере 50%. Расчет земельной площади для прочих возрастных групп производится аналогичным образом. Дошкольный возраст (0—7 лет) принимается в 21% от общего количества населения, и площади рассчитываются по 50 м² общей площади на все школьные сооружения на ребенка при 100%-ном охвате. Школьный возраст (8—14 лет) принимается в 15% и школьные площадки рассчитываются по 14 м² площади физкультурных сооружений на человека при 100%-ном охвате. Возраст свыше 45 лет принимается в 16% и рассчитывается по 5 м² на человека при 90%-ном охвате. Внутреннее распределение площади земельного участка ведется соответственно проценту вовлечения по отдельным видам физич. культуры и пропускной способности отдельных объектов сооружений. При этом расчете надлежит учесть, что каждый физкультурник в среднем занимается двумя видами спорта, приходя на базу через два дня. Что касается самих спортивных сооружений, то они состоят из основных сооружений на от открытом воздухе, основных сооружений в закрытых помещениях, подсобных помещений и комплексных сооружений.

Основные С. с. на открытом воздухе. 1) Футбольное поле одновременно может служить полем ручного мяча, зоной приземления снарядов легкой атлетики и полем массовых действий. Международные размеры поля игры для футбола 105 × 70 м (фиг. 1). На фиг. 1 изображено типовое спортивное ядро, где а—беговая дорожка круговая 400 м; б—беговая дорожка прямая финишная 7,50 × 130 м; в—прямая финишная 7,20 × 130 м; г, д, е, е, е, жс—места для прыжков; з, з, и, и, к—круги для метания диска и толкания ядра. Вместе с аутами строительные размеры нормального футбольного поля будут 108 × 71 м. В случае недостатка места или экономии средств тренировочное поле м. б. умень-



Фиг. 1.

шено до 90 × 60 м при общих строительных размерах 93 × 61 м. Ориентировка поля по странам света—меридиональная. Допустимо отклонение на 15° в обе стороны. При выборе места надлежит обратить серьезное внимание на защищенность поля игры от ветра. Грунт должен гарантировать возможность возведения без особых затрат верхнего слоя поля на высоте не менее 0,7 м от самого высокого уровня грунтовых вод. При недостаточной водонепроницаемости грунта поле д. б. дренировано. Расположение усов дренажа елочное (фиг. 2). Пе-



Фиг. 2.

ред началом работ по планировке поля и проведению дренажей следует снять и сохранить верхний слой растительной земли, к-рый вновь наносится после окончания работ по планировке. Слой растительной земли не д. б. тоньше 25 см. После нанесения растительного слоя поверх дренажа поле засеивается или выстилается дерном. Травяной покров д. б. сплошным, ровным, густым и состоять из мягких много-

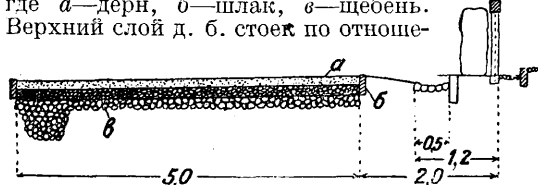
летних злаковых растений с развильной полустоячей рыхлой формой куста с мощной мочковатой корневой системой. Раз засеянный покров должен служить долгое время, выдерживая сильное вытаптывание. Газон должен быстро трогаться в рост весной, хорошо и быстро отрастать после скашивания. Для залужения средней полосы и С.-З. области следует употреблять следующий состав: 40% полевницы белой (*Agrostis alba*), 40% овсяницы красной (*Festuca rubra*), 10% мятлика лугового (*Poa pratensis*), 10% овсяницы луговой (*Festuca pratensis*). Уход за площадкой заключается в периодической прокатке поля 1-м катком, косье, полке трав и поливке. Для поливки поля, если имеется водопровод, необходимо предусмотреть гидранты, к-рые располагаются между боковыми линиями игры и строительными границами поля.

2) Беговая дорожка состоит из двух прямых виражей с коробовыми кривыми. Нормальная длина дорожки 400 м, минимальная—350 м. Измерение длины беговой дорожки на закруглениях производится на расстоянии 0,30 м от внутреннего края дорожки. Минимальная ширина дорожки: на закруглениях 3,6 м, а на прямых 6 м. Максимальная ширина: на закруглениях 6,0 м, а на прямых 7,5 м (фиг. 1). Основные данные для построения дорожки приведены в табл. 1, где D —общая длина беговой дорожки в м; r —малый радиус коробовой кривой в м; R —большой радиус коробовой кривой в м, Ω —длина обеих кривых в м; L —длина обеих прямых в м; l —расстояние между центрами окружностей малых радиусов; k —игровые размеры футбольного поля, к-рое помещается внутри круговой дорожки, в м.

Табл. 1.—Основные данные для проектирования дорожек.

D	r	R	Ω	L	l	k
350	21	42	177,80	172,20	86,10	60 × 100
400	21	42	202,84	197,16	98,58	70 × 105

Беговая дорожка должна иметь массивный, хорошо дренирующий фундамент и твердоэластичный верхний слой. Фундамент дорожки делают из двух слоев щебня или шлака последовательной крупности зерен 5—2,5 см (фиг. 3). На фиг. 3 изображен разрез дорожки, где a —дерн, b —шлак, c —щебень. Верхний слой д. б. стоек по отноше-



Фиг. 3.

нию к атмосферным воздействиям, не размокать в мокрую погоду и не пылить в сухую. Толщина верхнего покровного слоя дорожки должна быть 7—10 см. Все материалы, входящие в покровный слой беговой дорожки, распределяются на три группы: глинистые, пылеватые и песчаные. Наилучшее соотношение их в верхнем покровном слое следующее: 80% песчаных частиц, 14% пылеватых частиц и 6% глинистых частиц. Указанное соотношение подлежит варьированию в зависимости от климатич. условий. В сыром климате количество глинистых частиц должно быть уменьше-

но за счет увеличения остальных. Подробный расчет механического состава грунта по трем группам в зависимости от крупности зерен м. б. произведен графически с помощью координат Фере. Производство работ как во время сооружения фундамента, так и во время сооружения верхнего слоя должно сопровождаться систематической поливкой и укаткой 1—1,5-м катком. Систематич. поливка и укатка должны производиться также в течение всего времени эксплуатации, поэтому по бортам дорожки д. б. предусмотрены гидранты. Для отвода дождей вод поверхности беговой дорожки придается поперечный уклон 0,01 на прямых участках и 0,04 на закруглениях внутрь пространства, окружаемого беговой дорожкой. Край беговой дорожки закрепляется бортовыми досками 3,8 см, причем на виражах располагают два ряда тонких досок. С наружной стороны беговая дорожка д. б. ограждена барьером высотой 1 м и полосой газона шириной 2 м.

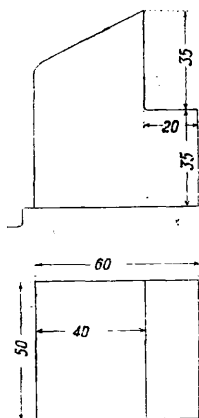
3) Места для прыжков состоят из дорожки для разбега и ямы для приземления. а) Место для прыжков в длину должно иметь дорожку 40 × 1,2 м и яму не менее 2,5 × 6 м. б) Место для прыжков в высоту должно иметь сектор для разбега с радиусом $R = 16$ м и с углом в 130° и яму не менее 5 × 3 м. в) Место для прыжков с шестом должно иметь дорожку для разбега 40 × 1,2 м и яму для приземления 5 × 5 м. Грунт дорожек для разбега аналогичен грунту беговой дорожки; яма—на глубину 0,40 м вровень с поверхностью наполнена смесью опилок и песка; дно ямы дренируется.

4) Место для метаний (фиг. 1) состоит из собственно места для выполнения упражнений и зоны приземления снаряда. Место для выполнения упражнений д. б. ровным, горизонтальным, эластичным. Зона приземления должна давать возможность точного определения места падения снаряда. Собственно места для метаний подразделяются на место для метания и толкания из круга (диск, молот, вес, ядро) и место для метания и толкания от планки (копье, мяч, граната, камень). Разбег перед планкой 35 м. Круг для метания диска д. б. диам. 2,5 м, для группового обучения круг заменяется прямоугольником шириною 2,5 м, длину из расчета 3,5 м на каждого занимающегося. Круг для метания молота, веса и толкания ядра делается диам. 2,13 м. Для учебно-тренировочной работы место для толкания представляет собой прямоугольник с двумя дорожками, расположенными параллельно друг против друга на расстоянии не менее 15 м. Ширина дорожки 2,13 м, длина из расчета 3 м на одного занимающегося. Пространство между дорожками является зоной падения. Зона падения молота и веса—сектор с радиусом $R = 55$ м и углом 90° ; зона падения ядра—сектор с радиусом $R = 16$ м и углом 45° . Дальность полета мяча, копья, камня и гранаты 80 м.

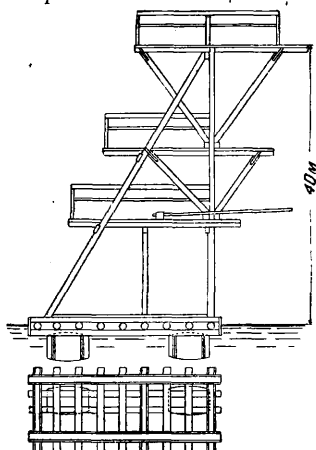
5) Места для различных игр (баскетбол, волейбол, теннис и пр.) имеют размеры сообразно с особенностями каждой игры. На фиг. 4 дан разрез безгазонной площадки для игры. Работы по подготовке безгазонной площадки состоят в следующем. В грунте выкапывают корыто глубиной 25—40 см в зависимости от плотности и дренирующих свойств грунта и делают дренаж. Основанию корыта придается уклон на два ската от продольной оси, равный 0,02. По основанию выстилается слой из кирпичного половняка плашмя или из

комнаты боцмана, жилых комнат для актива, библиотеки-читальни, антропометрич. кабинета и веранды с соларием на крыше.

Помещение первого этажа занимает элинг (название, условно принятое в спортивной

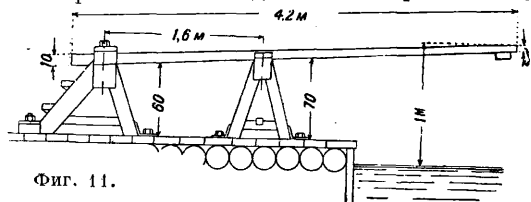


Фиг. 9.



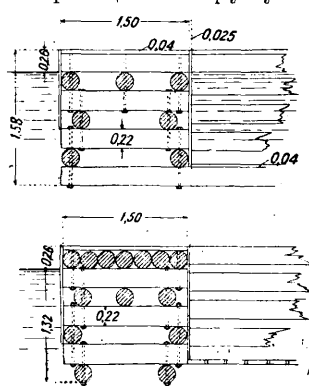
Фиг. 10.

практике, но не вполне правильное по существу); размеры его должны строго соответствовать размерам судов, для к-рых он рассчитан. Вдоль стен элинга и посередине вдоль столбов укрепляются кронштейны в 3—4 ряда. На этих кронштейнах подвешены спортивные су-



Фиг. 11.

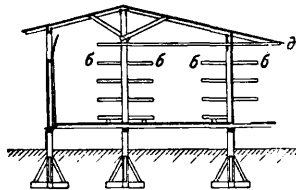
да. Вдоль стен на полу могут стоять учебные лодки. Вдоль части задней стены, свободной от запасных ворот, располагаются стеллажи для весел. Весла хранятся стоймя. В передней торцовой стене, обращенной к воде, делают двое двухстворчатых ворот, размером 4 × 3 м каждые, открывающихся наружу. От ворот идут деревянные сходы на плот. Ширина схода равна ширине элинга. Сходни строят из двух частей: надземная (неподвижная) часть укрепляется на сваях, надводная (подвижная) часть прикрепляется на петлях одной своей стороной к неподвижному сходням, а другой укрепляется на плот в ц. т. по продольной его оси; последнее делается в целях возможнорав-



Фиг. 12.

вномерной загрузки плота. Сходни должны быть поэтому составными, возможно легкой конструкции. Настилка схода ведется по балкам из 5-см досок с зазором в 2 см. По настилу нашиваются планки через 30 см в предупреждение скольжения при выноске судов. Элинг

не отапливается во избежание рассыхания лодок. По потолку м. б. устроены стеллажи для хранения запасных весел, старых легких судов и т. д. Если задача станции ограничивается обслуживанием небольшого союза, отдельного района, ф-ки и пр., то элинг м. б. построен в виде одноэтажного сарая для лодок. В одноэтажном элинге крышу рекомендуется делать толевую, т. к. накаляющаяся летом железная крыша способствует рассыханию и короблению лодок. Если для раздевален нет по близости подходящего помещения, то их иногда располагают вдоль наружных стен элинга. На фиг. 13 показан схематически в разрезе и плане примитивный элинг: а—средняя стойка, б — кронштейн стеллажа, в—наружная стойка с кронштейном, д—навес, е—стойка у стеллажей для весел. Стеллажи стоек служат для хранения на них лодок, лесного материала и т. п. Между стойками устанавливаются оконные коробки и переплеты на высоте от 2,5 м от пола элинга; от прямых лучей дневного солнца окна прикрыты большим свесом крыши. Основные размеры элинга в плане по наружному обмеру 16,4 × 7,7 м; высота от уровня пола до верха обвязки равна 4 м. На фиг. 14 показана деталь устройства стеллажей. В стойках а, имеющих обычно сечение 20 × 16 см, на коротких сторонах делаются вырезы, по высоте большие, чем высота поперечины б, а по глубине отвечающие ей. Вырезы прикрыты железными (из котельного железа) или чугунными прямоугольными планками в, прижатыми к стойкам болтами д. Вложив в прорез стойки а поперечину б, забивают оставшийся зазор клиньями е. Для уборки поперечины достаточно выбить клинья, и поперечина свободно вынимается. Такое устройство дает прочное, простое крепление поперечин, позволяя их в то же вре-



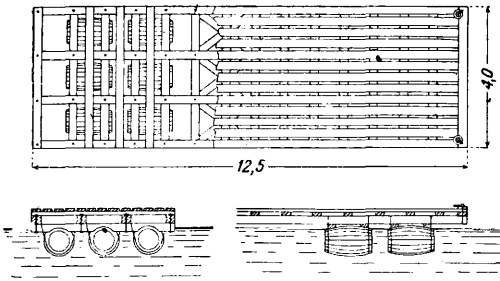
Фиг. 13.

мя убирать или менять местами по надобности, имея для этого поперечины разной длины применительно к ширине лодок. Клинья лучше делать из более твердых пород дерева. Гавань крушной гребной станции обычно состоит из плота для спортивных судов и плота для прогулочных лодок. Плот для спортивных судов строят размером не менее 25 × 4 м. Такой плот дает возможность одновременного спуска и приставания двум судам. Плот для прогулочных судов д. б. не менее 4 × 5 м. От берега плот



Фиг. 14.

следует устанавливать на расстоянии ок. 3 м. Сходни желательно устанавливать т. о., чтобы они укладывались в верхней, по течению реки,



Фиг. 15.

части плота. На фиг. 15 показана конструкция плота на бочках.

8) Треки (см.).

Основные физкультурные сооружения в закрытых помещениях. 1) Залы для физических упражнений служат для занятий по гимнастике, по военно-прикладным упражнениям, играм, борьбе, боксу, поднятию тяжестей и по владению холодным оружием. Размеры зал проработаны Коммунальной академией и приняты ВСФК (табл. 3).

Табл. 3.—Основные размеры зал для физических упражнений.

Наименование зала	Площадь, м ²	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Максим. пропускная способность (чел.)
Школьный малый	128	16	8	5,0	30
Школьный большой	162	18	9	5,0	40
Малый	198	18	11	6,0	50
Средний	288	21	12	6,0	60
Большой	663	37	18	7,5	130

На фиг. 16 приведен физкультурный зал размером 11 × 18 м. Освещенность естественным светом $\frac{1}{4}$ площади пола; освещенность искусственным светом 40 lx; t° воздуха 15°. В случае, если зал перекрывается арочной конструкцией, начало арки д. б. на высоте не менее 3 м от пола. Затыжка не допускается. Внутренняя отделка зала должна давать возможность свободного мытья и гарантировать от накопления пыли и от возможности получения травматич. повреждений. Пол—деревянный брусчатый, палубного типа на лагах, некрашенный, тщательной столярной работы, допускающий закрепление стационарного оборудования шурупами 10 см. На фиг. 17 представлен разрез брусчатого пола на лагах: а—лаги, б—толь, с—бетон. Стены гладкие, без выступов. В зале не д. б. никаких приспособлений для хранения нестационарного оборудования. Сооружение стен и потолков д. б. без карнизов. Подоконник в месте расположения шведской стенки должен возвышаться над ней не менее, чем на 10 см. Верх окон не должен отстоять от перекрытия более, чем на 0,40 м. Остекление—армированным стеклом. В случае отсутствия его надлежит предусмотреть устройство съемных решеток или сетки для защиты стекол. Арматура электроосвещения д. б. также небуоющаяся. При зале как неотъемлемая его часть устраивается кладовая инвентаря. Проемы из зала в кладовую следует закрывать дверьми не уже 2 м или што-

рами. Пол кладовой д. б. на одном уровне с полом зала (выдвигание снарядов). Площадь кладовой составляет около 15% площади зала. В средних больших залах д. б. предусмотрен запасный выход. При проектировании надлежит предусмотреть соответствующее расположение стационарного оборудования. Балки и кронштейны для подвески стационарного оборудования закрепляются на высоте 5—7 м. Кронштейны следует рассчитывать на динамич. нагрузку 100 кг, а балки—на динамич. нагрузку 100 кг на каждый снаряд. 2) Помещение тяжелой атлетики предназначается для занятий по боксу, борьбе и поднятию тяжестей. Размер помещения 8 × 14 м при высоте 4 м. В зависимости от характера деятельности того или иного объекта строительства данное помещение д. б. приспособлено для посменных занятий всеми перечисленными видами физической культуры или для части их. Размер кладовой м. б. уменьшен до 20 м². Остальное—аналогично залам для физических упражнений.

3) Искусственные бассейны служат для обучения, сдачи норм, тренировки и соревнования по плаванию, прыжкам и игре в водное поло и т. д. Основные строительные размеры указаны в табл. 4.

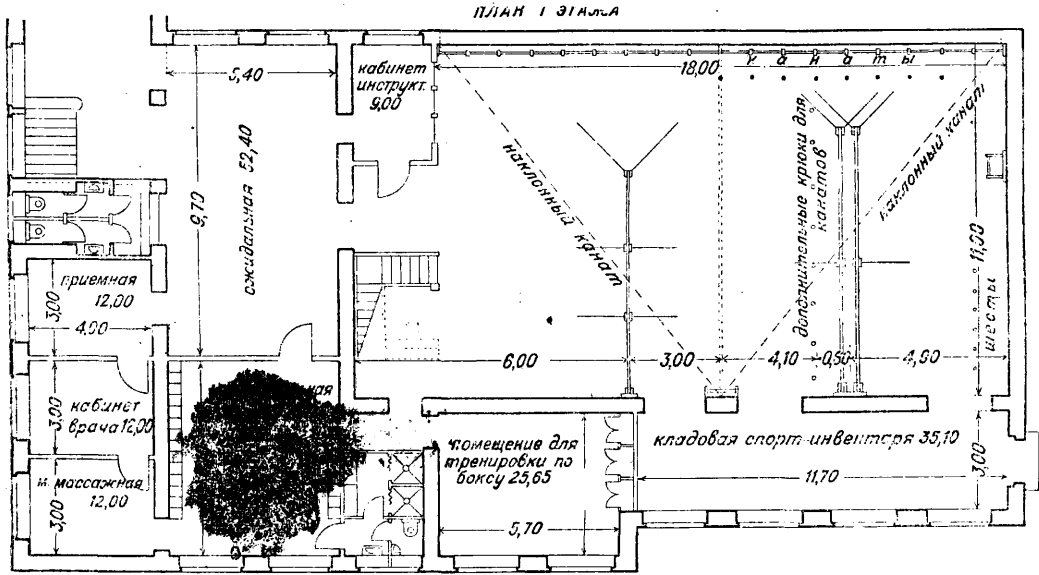
Табл. 4.—Основные строительные размеры искусственных бассейнов.

Наименование бассейна	Длина, м	Ширина, м	Миним. глубина, м	Максим. глубина, м	Единовременная пропускная способность (чел.)
Школьный	20	8	0,70	1,5	40
Учебно-тренировочный	25	10	1,0	3,5	50
Спортивно-демонстрационный	25	14	1,0	4,5	50
Летний большой спорт.-демонстрационный	50	20	1,0	4,5	100

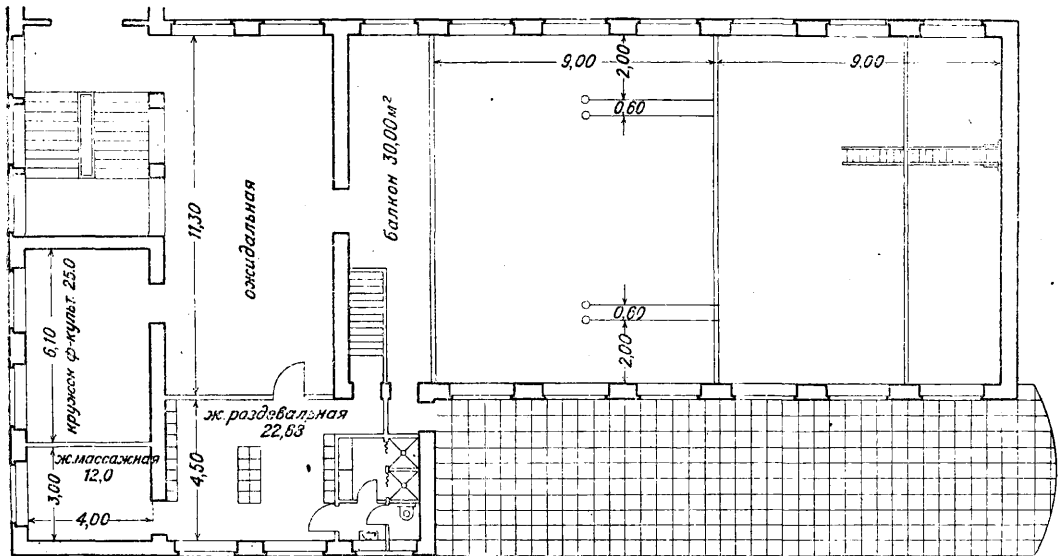
Очистка воды в бассейне должна производиться путем фильтрации и хлорирования. Действие очистительных сооружений д. б. бесперебойным. Смена всей воды и генеральная очистка стен и пола бассейна должна производиться в сроки, устанавливаемые лабораторией при бассейне. Нормы очистки те же, что и для питьевых вод. Температура воды в бассейне д. б. не ниже 22—23°; t° воздуха 24—25° на уровне 1,5 м от пола проходов вокруг бассейна и 1,0 м от наружных стен или приборов отопления. При соревнованиях t° воды не д. б. выше 20°. Отопление должно гарантировать указанные основные показатели благоприятного теплового режима в здании, не иметь пригорания пыли на поверхности приборов и не должно допускать конденсации водяных паров на внешних частях здания. Вентиляция рассчитывается в каждом отдельном случае по содержанию водяных паров в воздухе. Обмен воздуха д. б. не менее трехкратного. Естественное освещение 1 : 6 (отношение площади окон к площади пола). Искусственное освещение должно гарантировать на поверхности воды бассейна 40 lx; во время соревнований желательно 70 lx. Кроме этого необходимо предусмотреть дежурное ночное освещение бассейна, выделенное в осо-

бую группу. Форма и поверхность перекрытий и стен бассейна должны хорошо поглощать звуки и гарантировать хорошую слышимость. Профиль дна (фиг. 18) как правило должен быть в предотвращение несчастных случаев ровный, гладкий, без ступеней. Вдоль боковых сторон бассейна на глубине 1,2 м от уровня воды устраивается уступ шириною 15 см, служащий упором для неумеющих плавать. Для отведе-

периметру. Впадина эта устроена для того, чтобы зимой при замерзании воды можно было дать свободное расширение льду по откосу впадины. Устройство ледяной впадины нарушает требование, предъявляемое к торцовым стенкам бассейна в отношении их вертикальности (для оттаивания при поворотах). Чтобы устранить указанное неудобство, в гарднеровской купальне были применены деревянные



ПЛАН II ЭТАЖА

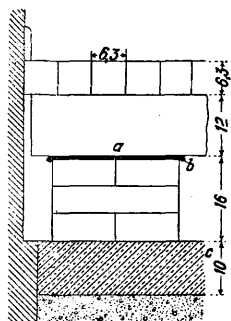


Фиг. 16.

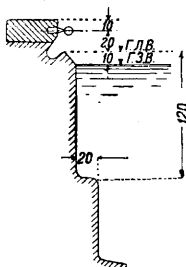
ния с поверхности воды пены по длинным сторонам бассейна на уровне воды устраивается лоток (пенное корытце). На фиг. 19 показан разрез продольной стенки зимнего закрытого бассейна в Гёттингене с пенным корытцем, сточным лотком и уступом для отдыхающих, а на фиг. 20—схематич. разрез продольной стенки летнего бассейна типа бассейна в берлинском спортфоруме. В последнем случае стенка бассейна имеет впадину, идущую по всему

периметру, закрывающие на эксплуатационный период впадины. Сточные отверстия пенного корытца делаются через каждые 2,5 м, сток происходит через трапы с водяным затвором-сифоном. Через эти лотки вода м. б. отведена с прохода вокруг бассейна. Лотки не устраиваются на торцовых стенах водоема. Помимо лотка по длинным сторонам должны быть устроены плавательницы. Внутренняя поверхность бассейна отделывается глазурованными или мет-

лахскими плитками, с выделением по дну границ дорожек из плиток контрастных цветов: а) вдоль бассейна на расстоянии 2,25 м одна от другой и 1,375 м от боковых стенок в бассейне шириною 10 м; 1,25 м в бассейне шириною 14 м; б) поперек бассейна одна полоса в расстоянии 1 м от старта. По длинным сторонам в надводной части бассейна особой вы-

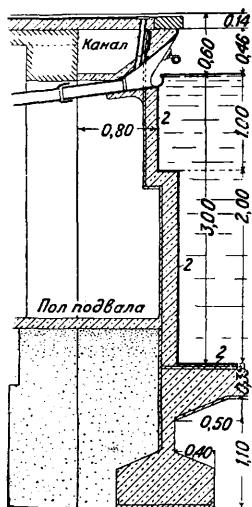


Фиг. 17.

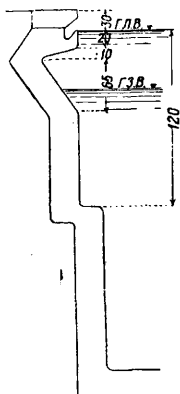


Фиг. 18.

кладкой цветных плиток обозначаются через каждые 5 м глубины и расстояние от старта. Сопряжение стенок и дна бассейна д. б. плавным. Для оттапливания при поворотах торцовые стенки бассейна д. б. выстланы нескользящими плитками. Для притока очищенной и обезвреженной воды надлежит устраивать ряд мелких отверстий, расположенных гл. обр. в мелкой части бассейна. Спускные устройства следует помещать в глубокой части бассейна и частично вдоль боковых стен немного ниже пенного корыта. Радиаторы или гладкостенные трубы д. б. убранные в ниши, но вместе с тем д. б. доступны со всех сторон для очистки. Пол проходов вокруг бассейна м. б. сделан с уклоном 0,005 от стены к парапету ограждения. Пол проходов и площадок вокруг бассейна выстилается рифлеными плитками, а в случае отсутствия их м. б. заменен цементным или в крайнем



Фиг. 19.



Фиг. 20.

случае торкретной штукатуркой. Трубопровод д. б. расположен главным образом под полом проходов вокруг бассейна. Желательно иметь при бассейне оборудование для регулирования уровня воды. Диаметр сточных труб д. б. рассчитан на опораживание всего бассейна не более, чем в 4 часа. Отверстия труб д. б. закрыты решеткой в 5 мм. Стартовые трубы устраивают по

торцевой стене в мелкой части бассейна; они служат опорой пловцу во время стартового прыжка при скоростных заплывах. Высота края тумбы до уровня воды м. б. 1 м.

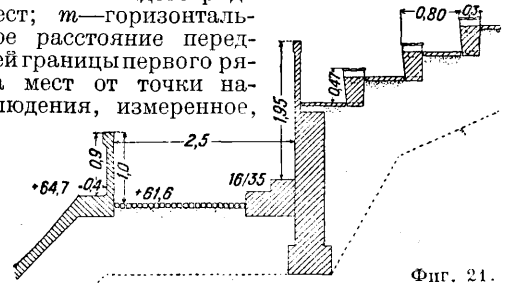
Обслуживающие помещения. 1) Раздевальни подразделяются по роду хранения платья на раздевальни с индивидуальными шкафчиками и раздевальни с охраняемым гардеробом. Последние, не исключают возможности оборудования их именованными ящиками для постоянного хранения спортивных костюмов, полотенец и пр. Норма площади—0,8 м² на раздевающегося, без площади, занимаемой шкафчиками или гардеробом. Высота помещений 2,8—3,1 м. Темп-ра 18° на уровне 1,5 м от пола. Освещение естественное из расчета 1/8 площади пола. Освещение искусственное 10 лх в плоскости скамьи. Пол теплый, допускающий хождение босиком. График движения должен по возможности изолировать идущих в обуви от босых. 2) Душевые, обслуживающие физкультурников, занимающихся в гимнастич. залах, д. б. запроектированы из расчета 1 : 10 в обычных условиях как минимум. Количество рожков в душевых для школьных зал и бассейнов д. б. увеличено в соответствии с основным физкультурным процессом до соотношения 1 : 2. Площадь душевой на 1 рожок 1,5 м², t° 23°. Вентиляция—вытяжная. Освещение естественное из расчета 1/10 площади пола; искусственное—20 лх. Душевые при залах для гимнастики, игр, тяжелой атлетики д. б. расположены т. о., чтобы мокрая дорожка из душевой в раздевальню не пересекала сухого пути из раздевальни в зал. Душевые при бассейнах д. б. расположены на пути из помещений для подготовительных упражнений по плаванию в бассейн. В непосредственной близости д. б. расположены уборные из расчета 1 : 40. 3) Комната инструктора служит раздевальной инструкторского состава, местом индивидуального отдыха и комнатой для подготовки к занятиям. Площадь на одного инструктора 4 м². Минимальные размеры комнаты 9 м². Расположение комнаты инструктора должно обеспечивать удобное сообщение с раздевальными физкультурников и основными физкультурными помещениями. 4) М а с с а ж н а я д. б. размещена в раздевальне или в непосредственной близости от нее. Для каждого массажного стола необходима площадь 7 м². В случае устройства отдельного помещения на один стол, площадь такого помещения не м. б. меньше 12 м². Освещение естественное из расчета 1/6 площади пола; освещение искусственное—электрич. плафонами на потолке; сила света 15 лх в плоскости 1 м от пола. Отопление одинаковое с прочими помещениями; t° не ниже 20°. Вентиляция—при трехкратном обмене воздуха. 5) П р и е м н а я в р а ч а располагается непосредственно перед кабинетом врача и служит для ожидания посетителей и целей самоконтроля. Минимальная площадь для приемной с уголком самоконтроля 12 м². Отопление, освещение и вентиляция нормальные, как для раздевальной. 6) К а б и н е т в р а ч а имеет размеры: в виде первоначальной ячейки—не менее 12 м, нормальные—24 м². Соотношение сторон 1 : 1,5. Высота одинаковая с прочими вспомогательными помещениями. Освещение естественное—окнами из расчета 1/8 площади пола и искусственное—электрическое с плафонами на потолке, настольной лампой, запасными штепселями и блоками. Сила света 30 лх в плоскости 1 м от

пола. Отопление то же, что и во всем здании; t° не ниже 20° . Вентиляция с двукратным обменом воздуха (60 м в час на 1 чел.). Стены звукопроницаемые. До высоты 1,75 м стены д. б. окрашены масляной краской; в остальной части стен не д. б. нарушена их пористость. Пол деревянный прочный, не допускающий дрожания, крашенный за два раза после тщательной шпаклевки (при малейшей возможности следует покрывать пол линолеумом по теплоизоляционной подготовке). Двери, соединяющие кабинет с другими помещениями, д. б. двухстворчатые, максимально звукопроницаемые. Кабинет д. б. ориентирован на южные части горизонта. Врачебный кабинет должен иметь ближайшее сообщение с общим гардеробом и быть функционально увязанным с основными помещениями здания (гимнастические залы, бассейн и пр.). 7) Места для хранения велосипедов могут иметь стеллажи одноэтажные или двухэтажные. Для хранения при двухэтажных стеллажах требуется на велосипед $0,5 \text{ м}^2$ площади пола. Для хранения под открытым навесом при одноэтажных стеллажах требуется на велосипед $0,8 \text{ м}^2$ площади пола. Места открытого хранения велосипедов должны располагаться непосредственно у входа на спортплощадку, станцию и пр. Место хранения в закрытом помещении должно располагаться при вестибюле, перед гардеробом. 8) Помещение для хранения лыж, палок и пьекс должно иметь высоту не менее 3 м. Ширина в зависимости от фронта выдачи; глубина 6—12 м. На каждую пару лыж необходимо $0,25 \text{ м}^2$. Вдоль крытой галереи по одной из длинных сторон хранилища д. б. предусмотрен ряд проемов для выдачи инвентаря. Проем имеет Т-образную форму и состоит из двух частей: верхнего окошка высотой в свету 0,7 м и шириной 1 м и нижней щели, начинающейся непосредственно от пола. Ширина окошка в свету 0,3 м, высота 1,1 м. Расстояние между осями проемов 1,5 м. Верхнее окошко закрывается задвижным щитом. Щель закрывается дверцей на петлях. Запоры со стороны хранилища д. б. предусмотрены в мастерскую и в крытую галерею. 9) Места для зрителей (трибуны) бывают с местами для стояния, с местами для сидения и с ложами. Места для стояния допускаются к устройству в исключительных случаях, в качестве резерва сверх количества мест, определенного расчетом для нормальных условий. Места для стояния д. б. шириной 1,2 м в каждой террасе, уступ—0,18 м. Уклон каждой террасы ок. $1/10$. Места для сидения д. б. неподвижно закреплены к полу. Каждый ряд мест с проходом д. б. размером 0,8—0,9 м. Глубина сиденья не менее 0,3 м, свободный проход 0,5—0,6 м; высота скамьи 0,47 м. Ширина места по направлению ряда д. б. размером не менее 0,42 м. Ширина каждого ряда кресел в ложах д. б. не менее 0,9 м (от спинки до спинки) при ширине прохода 0,5 м и ширине сиденья 0,4 м. На фиг. 21 показаны места для сиденья немецкого стадиона в Берлине с проходом между рядами. Места для стояния должны иметь площадь не менее $0,3 \text{ м}^2$ на человека. Свободная видимость на трибуне обеспечивается прохождением зрительного луча на 12 см выше уровня глаз впереди сидящего зрителя. Практически допустимо сокращение этого превышения до 6 см с удовлетворительной видимостью между головами зрителей ближайшего

ряда. Дальнейшее сокращение недопустимо, как сопряженное с непрерывным передвижением зрителей. Для определения потребного подъема рядов при эскизном проектировании графический способ не применим по его неточности вследствие малой величины превышения рядов по сравнению с другими измерениями. В то же время величина подъема отдельных групп рядов непосредственно влияет на общую высоту сооружения. Для точного разрешения этой задачи аналитич. путем по проф. Беляеву служит ф-ла

$$H = nh \left(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{m+2} + \dots + \frac{1}{n-1} \right), \quad (1)$$

где H —превышение глаза зрителя последнего ряда мест группы над продолжением зрительного луча, соединяющего точку наблюдения с глазом зрителя первого ряда; h —величина превышения каждого ряда мест; m —горизонтальное расстояние передней границы первого ряда мест от точки наблюдения, измеренное,



Фиг. 21.

принимая за единицу глубину ряда мест; n —расстояние задней границы последнего ряда от точки наблюдения, измеренное таким же порядком. Наименьший подъем осуществляется при расположении рядов на вогнутой поверхности. Выгодным является увеличение расстояния m . Уровень пола трибуны определяется на 1,20 м ниже уровня глаз зрителей. Расположение мест на наклонной плоскости, нередко применяемое вместо расположения на вогнутой поверхности, вообще менее выгодно, т. к. сопряжено с большей величиной общего подъема. Причина этого лежит в том, что при данном превышении для последнего ряда превышения других рядов возрастают неизбежно против нормы по мере приближения к наблюдаемой точке. Для определения величины H в этом случае служит ф-ла

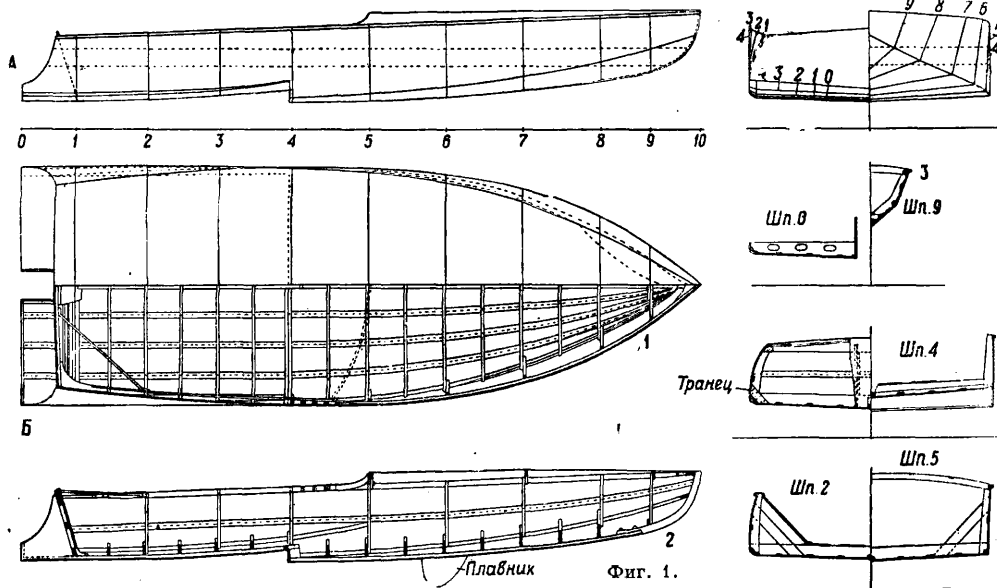
$$H = nh \frac{n-m-1}{m+1}, \quad (2)$$

где все величины имеют те же значения, что и в ф-ле (1). При одновременном возрастании величины m и этот прием становится практически неосуществимым как по высоте, так и крутизне подъема.

Число мест в ряду ограничивается предельными удалениями мест от выходов. Удаления измеряются числом мест, мимо которых лежит путь к выходу, включая данное место. Подсчет производится по пути к ближайшему выходу, считая по пути в ряду каждое место и по проходу каждый ряд мест, причем угловые места, принадлежащие той и другой части пути, считаются за единицу. Каждая группа, содержащая свыше 200 мест, д. б. обслужена не менее, чем двумя выходами. При расположении мест на уровне до 1 м от земли удаление может достигнуть 50 мест. Повышение уровня выхода более 1 м от земли влечет сокращение удаления на каждый м высоты: в каменных трибунах—на одно место и в деревянных—на три места. Ширина выходов определяется по числу людских

ния. Сила эта в незначительной мере проявляется при очень быстром движении судов всяких форм, но приданием корпусу особых образований можно довести ее влияние до максимума. В результате происходящего при этом приподнимания корпуса идущего судна сопротивление воды резко падает, и т. о. скорость значительно возрастает без увеличения мощности двигателя. Но при самых благоприятных фор-

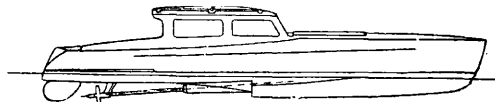
высокие, хотя и не максимальные скорости. На фиг. 3 изображена моторная крейсерская яхта **V**-образного (шарпи) типа длиной по грузовой ватерлинии 6,66 м, шириной 1,67 м, с осадкой 0,59 м, водоизмещением 1,288 т (**A**—теоретич. чертеж, **B**—детали набора). Лодка имеет две спальные койки, просторный кокпит, камбуз и уборную. Нормальные судовые обводы сохраняются лишь для лодок и катеров умерен-



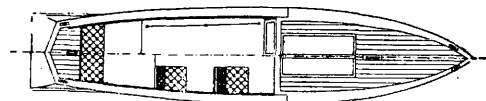
мах корпуса для наступления полного поднятия лодки она должна развить достаточно высокую скорость, достижение которой возможно лишь при большой мощности двигателя и при чрезвычайной легкости как двигателя, так и лодки. Невозможность в настоящее время иметь сверхлегкие двигатели очень больших мощностей ставит предел развитию типа глассера в сторону увеличения размеров. Область их распространения помимо создавшего их спорта охватывает всякого рода мелкие служебные и пассажирские суда, а также катеры военного назначения, прежде всего торпедные, как управляемые людьми, так и по радио, а затем самовзрывающиеся, противолодочные и т. д. Длина глассера достигает 20—25 м, а скорость 50 и более узлов. Минимальные же размеры до 2,5 м имеют глассеры с подвесными моторами. Нормальной формой глассера является реданная, т. е. имеющая вблизи середины днища уступ, который вместе с образующей второй уступ кормой помогает поднятию судна. На фиг. 1 изображен реданный глассер для подвесного мотора длиной 4,267 м (**A**—теоретический чертеж, **B**—детали набора): 1—полуширота, 2—бок, 3—шпангоуты. На фиг. 2 изображен реданный «водяной автомобиль» — изящное и быстроходное прогулочное С. с. Все образования глассера способствуют гидродинамич. поднятию его из воды и отрыву от его корпуса отходящих назад водяных струй. Иногда строятся и многореданные глассеры, но они не имеют определенных преимуществ.

При отсутствии реданов подъем может, хотя и в значительно меньшей степени, осуществляться одной формой корпуса. Такого **V**-образного типа строятся в настоящее время большинство всех лодок и катеров, рассчитанных на

ных скоростей. Но и здесь часто принимают **V**-образную форму вследствие простоты выполнения, особенно при любительской постройке. Для моторных С. с. умеренных скоростей применение реданной формы обуславливает сильное повышение сопротивления и т. о. является нерациональным, применение же **V**-образной формы дает лишь небольшой процент увеличения, каковой недостаток более чем уравнивается достигаемой этим простотой постройки. Предел, от которого целесообразно применение редана, определяется величиной $v : \sqrt{L} = 10$ при v в км/ч и L в м (т. е. для 9-м катера 30 км/ч). Для использования принципа планирования применяются также плотообразные корпуса с



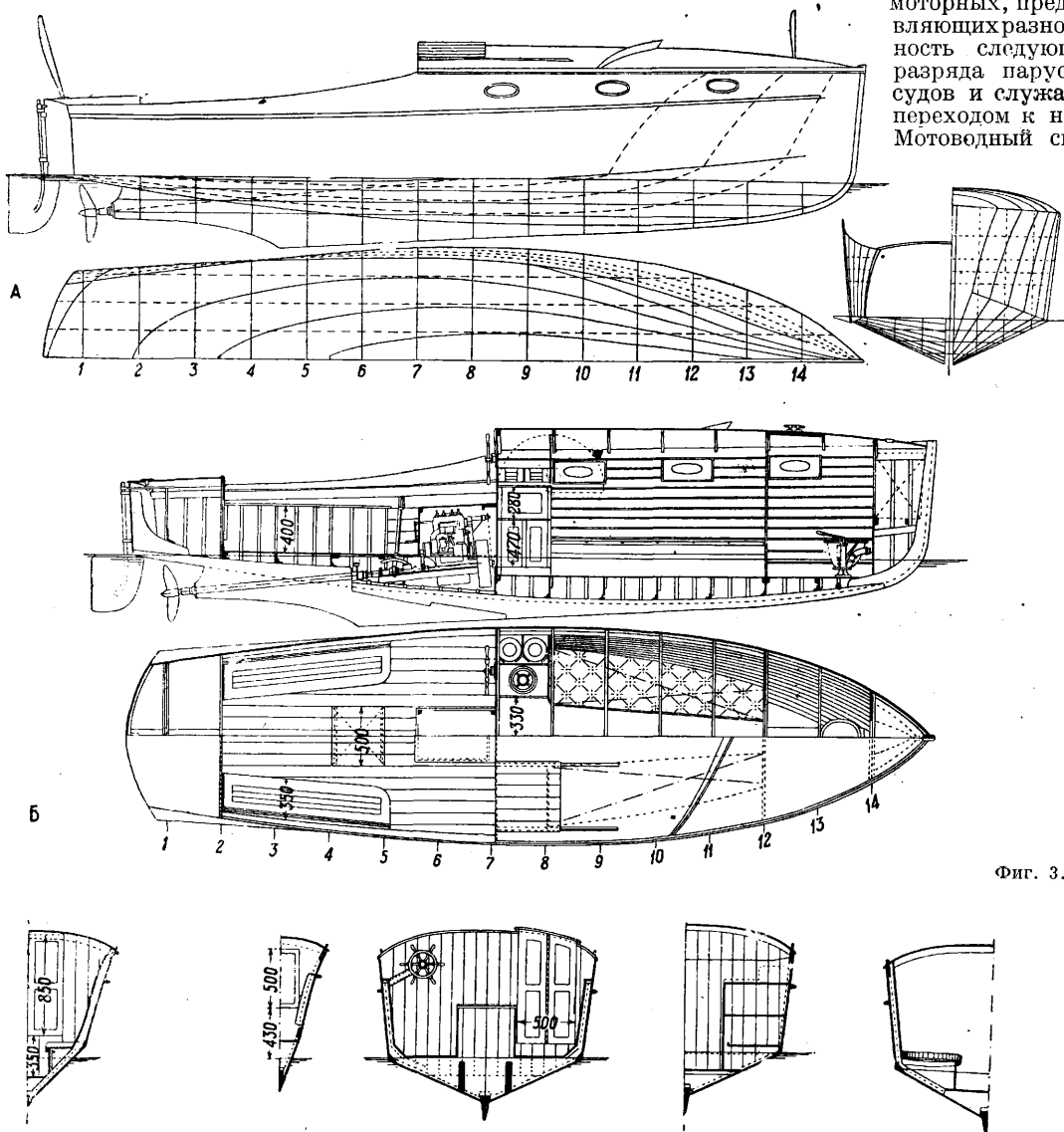
Фиг. 2.



реданами, отдельно поставленные поплавки, а затем тип морских саней (фиг. 4), имеющий в плане форму, близкую к прямоугольнику, и снабженный при отвесных бортах особым туннелем или сводом, идущим, постепенно понижаясь, от носа к корме. Этот тип отличается хорошими мореходными качествами, но развивает относительно меньшие скорости, чем чистый глассер. Неоднократно конструкторы возвращаются к мысли применить для планирования мотолодок укрепленные снаружи кор-

пуса наклонные пластины, достигая в отдельных случаях больших скоростей, но хрупкость подобного устройства делает его непрактичным. Моторные лодки-амфибии, т. е. могущие двигаться по суше на колесах и по воде посредством лопаток на колесах или винтов, находятя еще в

такие морские суда снабжаются небольшой вспомогательной парусностью, служащей для смягчения качки на большом волнении и увеличения хода при сильных ветрах, а также балластом в киле для увеличения устойчивости. Такое судно уже приближается к типу парусно-моторных, представляющих разновидность следующего разряда парусных судов и служащих переходом к нему. Мотоводный спорт

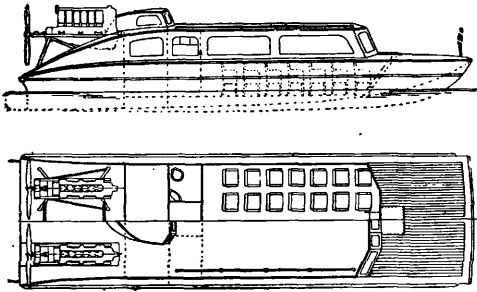


Фиг. 3.

состоянии опытов; пытаются также их применить в военном деле. Моторные С. с. умеренных скоростей охватывают как чисто морские, так и речные, снабженные внутренними помещениями или совершенно открытые. Речные имеют плоскостные формы и иногда снабжаются туннелями для гребных винтов (фиг. 5). Морские, совершенно закрытые (фиг. 6), незаливаемые, имеют прекрасные мореходные качества, позволяющие на суденышках ничтожной величины пересекать океаны. Очень часто

имеет ту особенность, что он дает не только кадры людей, к-рые можно широко использовать практически в управлении судами и механизмами, но весь его инвентарь м. б. также непосредственно использован практически в случае надобности, особенно военной. Во всех странах мотоводный флот берется на учет для военных целей, для к-рых могут иметь значение не только быстроходные катеры, но и самые маленькие лодки. Катеры м. б. использованы как мелкие боевые единицы на речных путях, как разведчики, для транспорта и пр. Поэтому при проектировании С. с. необходимо идти навстречу этим возможностям использования. У нас моторным спортом занимаются как индивиду-

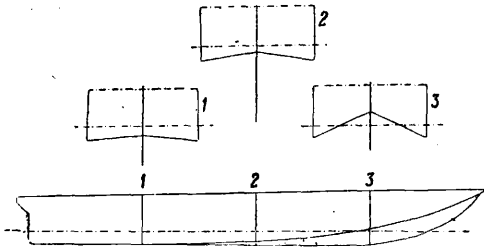
ально члены водных об-в Автодора, Осоавиахима, Освода, так гл. обр. сами эти организации в лице своих ячеек. Организации эти имеют в виду не только чисто спортивные цели, но и



Фиг. 4а.

содействие развитию водного транспорта, особенно быстроходного.

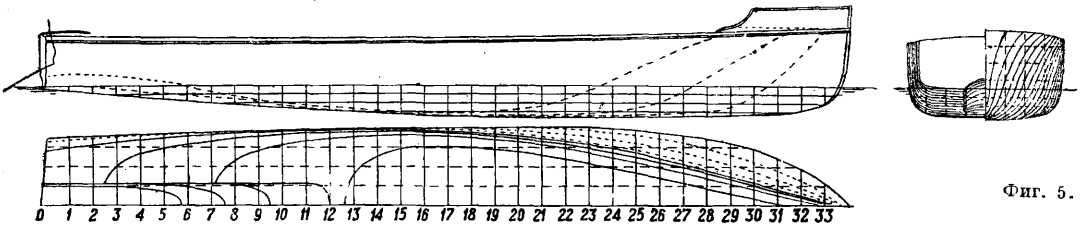
В качестве материала для постройки моторных С. с. применяется гл. обр. дерево, причем



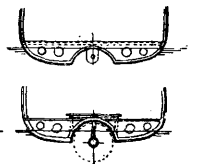
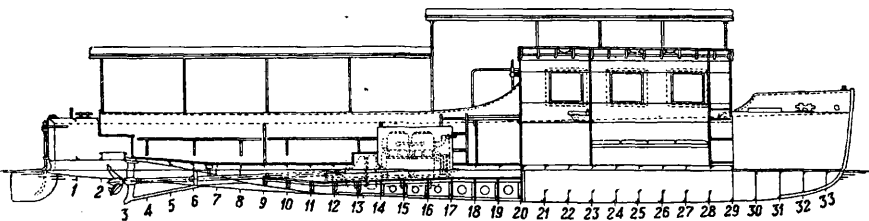
Фиг. 4б.

в странах с собственными лесными запасами корпуса до 70 м длины строятся исключительно деревянные. Лишь с переходом этой длины преимущество меньшего веса м. б. на стороне

лишь в единичных случаях, гл. обр. для быстроходных мотолодок, хотя первые опыты делались очень давно. По конструкции следует различать моторные С. с. внутреннего и морского плавания. Первые, гл. обр. быстроходные, выполняются обычно очень легкой конструкции. Обшивка очень часто, а у глиссеров всегда, делается или двухслойная или с пазовыми рейками. При двух слоях обшивных досок внутренние кладутся под углом 45° к горизонту, наружные—горизонтально, и между ними помещается пропитанная материя (фиг. 7). Пазовые рейки (фиг. 8) кладут изнутри вдоль соединения каждых двух досок обшивки плашмя (фиг. 8, А) или на ребро (фиг. 8, Б; продольные шпангоуты) и с ними склепывают. На маленьких мотолодках обшивку делают по шлюпочному—кромка на кромку (см. *Шлюпки судовые*). Шпангоуты ставят обычно дубовые, выгнутые в распаренном виде при округлых формах корпуса или составленные из частей при глиссерной. Обшивку склепывают со шпангоутами медными или оцинкованными гвоздями с шайбочками или же крепят оцинкованными гвоздями, не расклепываемые, а загибаемые в дерево. Все остальное крепление состоит из медных или оцинкованных винтов, болтов и заклепок и лишь для палубы—из гвоздей. Киль, форштевень и транец делают из твердых пород дерева, но если киль с резенкилем, то из твердого дерева можно делать только последний. Важной частью конструкции является фундамент мотора в тем большей степени, чем быстроходнее С. с. Фундамент протягивают на большей части длины корпуса (не менее $\frac{1}{3}$, часто до $\frac{2}{3}$ и более) и снабжают большим числом усиленных флор. Обычно он составляется из короткого фундамента и длинных флорных стрингеров. Материалом служат дуб и железо



Фиг. 5.

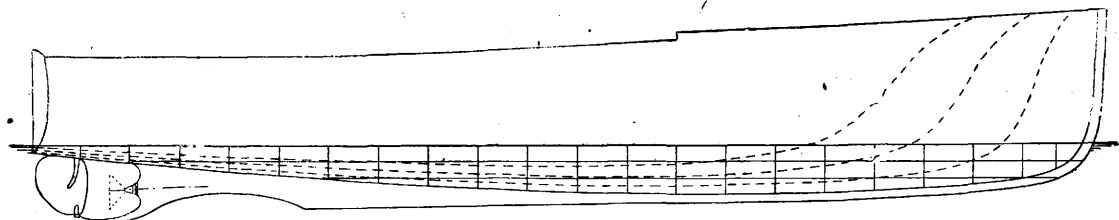


железа. Применяются гл. обр. следующие породы: дуб, ясень, лиственница, сосна, ель, кедр, красное дерево, тик, бук. Применение легких металлов для всего корпуса имеет место

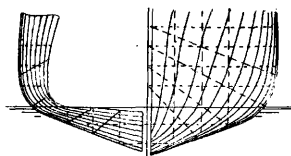
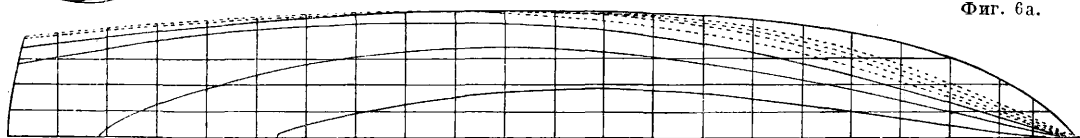
в виде листов и угольников как каждый материал по отдельности, так и вместе. На С. с. с большой скоростью хода фундаменты делают в виде сложной конструкции из легкого металла и дополняют в пределах длины двигателя решетчатыми шпангоутами. Вся конструкция рассчитана на то, чтобы распределить вес двигателей на все части корпуса, вклю-

чая палубу. Мореходные моторные спортивные суда имеют весьма солидную конструкцию и

ные, иногда смешанные из гнутых и выпиленных из дерева и железа. На быстроходных бо-



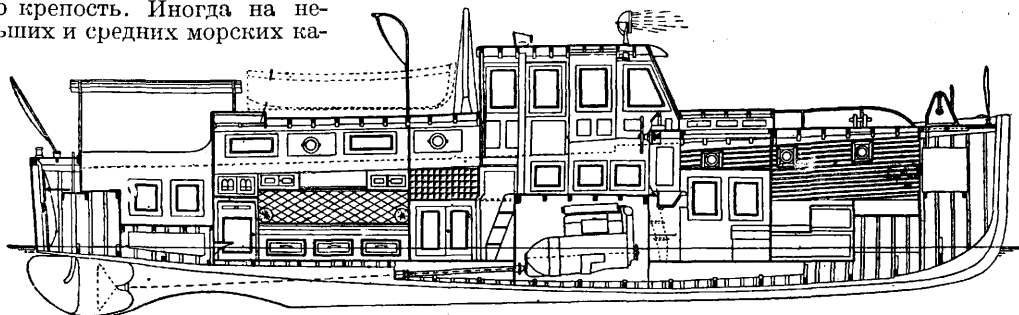
Фиг. 6а.



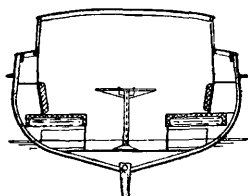
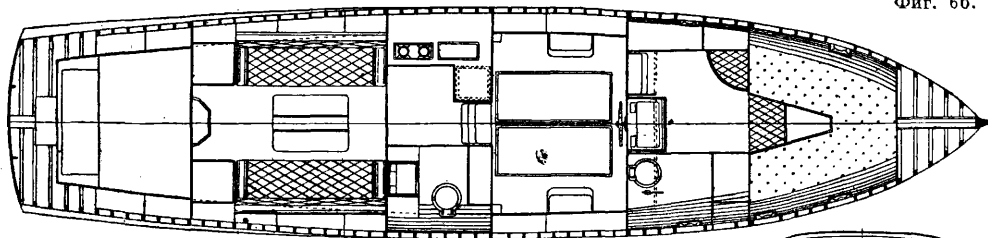
обыкновенно получают классификацию соответствующего учреждения. Обшивка чаще всего делается ординарная, но если требуется большая скорость, то для достижения легкости корпуса применяют диагональную двойную или тройную, дающую большую крепость. Иногда на больших и средних морских ка-

руют так же, как указано выше. Для защиты от червя и обрастания подводную часть обшивают тонкой медью. Необходимо предусматривать недопустимость соединения цинка и меди. На самых больших океанских моторных С. с. широко практикуется серийность, но число типов, выпускаемых каждой мастерской, остается все же значительным, мешающим стандартизации изделий и применению конвейерного способа их изготовления.

лее легких мореходных С. с. фундамент конструкции



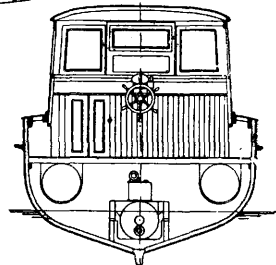
Фиг. 66.



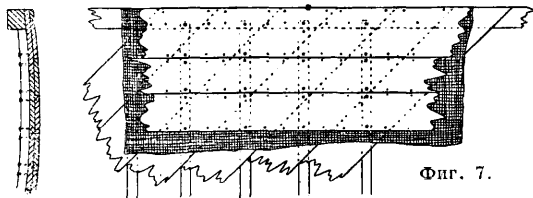
терях применяют гладкую обшивку подводной части, переходящую в обшивку кромка на надводной, чем достигается увеличение крепости. Шпангоуты ставят дубовые, гнутые; на больших моторных С. с. — составные из отдельных футоксов, иногда желез-

Смешанный тип С. с. представляет парусно-моторный. Это судно обычно каютного типа, свнутренним помещением. Оно может ходить как под парусами, так и под одним мотором; без парусов. Преимуществом его перед парусным судном является то,

Смешанный тип С. с. представляет парусно-моторный. Это судно обычно каютного типа, свнутренним помещением. Оно может ходить как под парусами, так и под одним мотором; без парусов. Преимуществом его перед парусным судном является то,

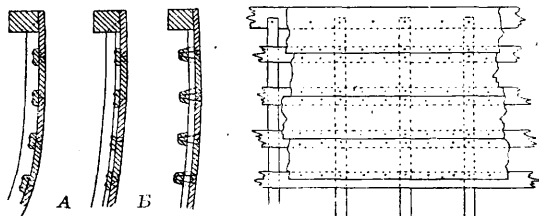


что оно не останавливается в случае отсутствия ветра, а может продолжать путь, пустив в ход мотор. Этот тип спортивных судов так-



Фиг. 7.

же близок к практически применяемому, так как парусно-моторными делаются многие рыболовные, лоцманские, сторожевые и прочие

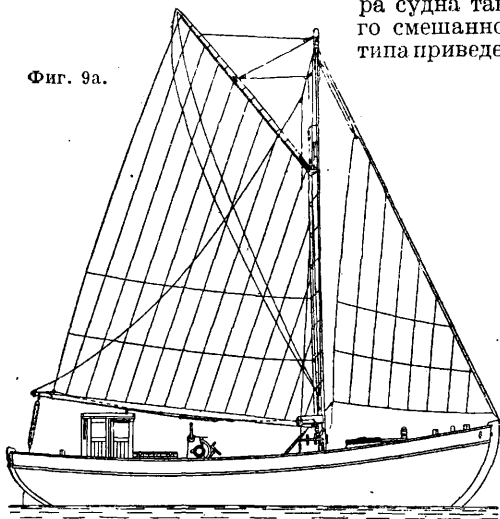


Фиг. 8.

суда. При благоприятных условиях возможно полезное использование одновременно обоих видов двигателей на судне. В качестве примера судна такого смешанного типа приведена

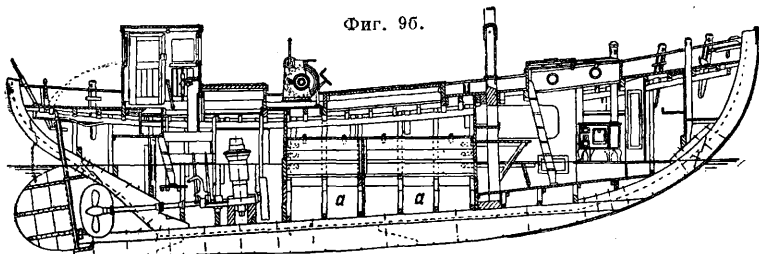
судна такого смешанного типа приведена

Фиг. 9а.



на фиг. 9а рыбацкая парусно-моторная лодка с прорезью (живорыбным садком), построенная для Балтийского моря. Полная длина —

Фиг. 9б.



12,62 м, наибольшая ширина—3,72 м, осадка—1,50 м, парусность—60,00 м², мотор—нефтяной с запальным шаром мощностью ~15 НР. Грузовой трюм состоит из двух частей: сверху находится помещение для сухих грузов, а внизу

находится прорезь *a*—помещение для живой рыбы, отгороженное от судна непроницаемой перегородкой и сообщаемое через отверстия в обшивке с заборной водой. Продольный разрез этого судна изображен на фиг. 9б.

Парусные С. с. делятся на большие—яхты и маленькие—ботки и шлюпки. Парусная яхта как правило чрезвычайно (по отношению к своей величине) мореходное маленькое судно, свободно справляющееся с такими неблагоприятными условиями ветра и погоды, которые трудно преодолевают даже суда гораздо большей величины. Подтверждением служат многочисленные плавания яхт, всего в несколько *t* водоизмещения, по океанам вокруг света. Устройство яхты таково, что она является практически неопрокидываемой благодаря тяжелому балластному килю. Большая мореходная яхта изображена на фиг. 10а и 10б; она полностью перекрыта палубой,

Фиг. 10а.



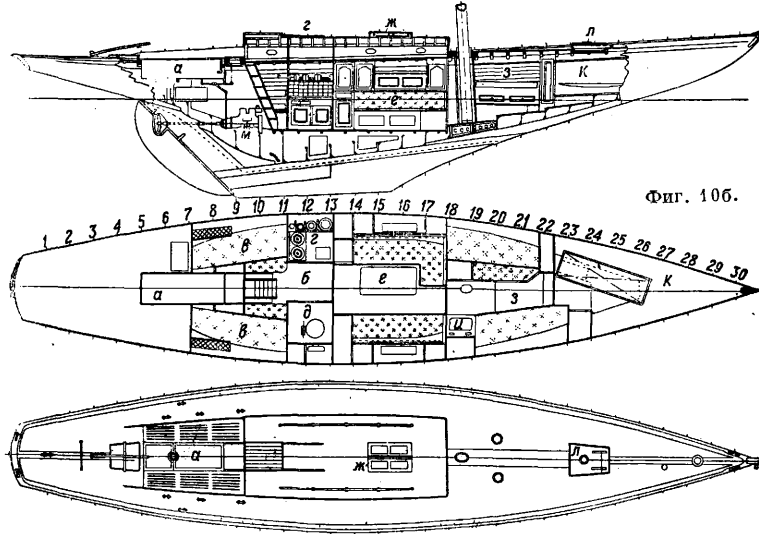
в к-рой для сидения сделан водонепроницаемый ящик-кокпит *a*, из него лесенка ведет в небольшую каюту *b*, где имеются две спальные койки *в*, *г*, далее идет короткий коридор, в к-рый выходят камбуз (кухня) *д* и уборная *е*; дверь ведет в салон *ж*, освещаемый иллюминаторами и светлым локомом *з*; из салона дверь ведет в спальную каюту *и* с двумя койками и умывальником *к*; в самом носу помещается каюта *л* для юнга, в к-рую ведет с палубы особый люк *м*. Яхта снабжена вспомогательным мотором *н*. Основные размеры корпуса: полная длина—15,15 м, длина по грузовой—10,10 м, наибольшая ширина—

3,10 м, осадка—1,99 м. Основная парусность состоит из грота *I* (59 м²) и квивера *II* (21,7 м²); кроме того имеются: два сменных квивера *IV* (25 м²) и *III* (15,4 м²); два балун-квивера *V* (30,2 м²) и *VI* (40,5 м²) и спиннакер (58,5 м²). Водоизмещение яхты—около 10 *t*. Мореходная яхта малых размеров изображена на фиг. 11; *a*, *б*, *в*; она

имеет под палубой небольшую каюту с двумя спальными койками, в носу помещается койка для юнга. Яхта снабжена вспомогательным мотором. Основные размеры корпуса: полная длина 9,90 м, длина по грузовой—6,60 м, наи-

большая ширина—2,30 м, осадка—1,30 м, водоизмещение—3,25 т. Основная парусность состоит из грота I (24,6 м²) и фока II (6,7 м²); кроме них имеются добавочные паруса: малый фок III (5,4 м²), два балун-кливера IV (8,8 м²) и (12,5 м²) и спиннакер V (15,3 м²). Малень-

сти и роторами Флеттнера их не удалось заменить (см. *Роторное судно*). В качестве средства морского воспитания парусное судно имеет ту особенную ценность, что оно наиболее непосредственно ставит человека лицом к лицу с погодой и морем и требует особенной наблюдательности и четкости в управлении. Поэтому парусные суда как в виде яхт, ботигов и шлюпок, так и в виде больших судов до сих пор применяются в качестве учебных в военном и торговом флотах большинства стран.



Фиг. 106.

В СССР обращено большое внимание на парусное физич. воспитание. В условиях нашей страны наиболее пригодными для этой цели судами являются, с одной стороны, большие суда типа шхун со вспомогательными моторами, как поднимающие много физкультурников сразу и вместе с тем более близкие к типам промысловых и торговых парусных судов, одновременно дающие оздоровление также и с двигателем, с другой стороны, пригодны парусные шлюпки, дешевые в изготовлении и близкие к судовым шлюпкам военного флота. Эта близость должна способствовать знакомству гражданского физкультурного населения с флотом и непосредственно содействовать подготовке кадров. Такие шлюпки обычно делают парусно-гребными, т. е. дающими возможность движения также под веслами. Самое маленькое парусное С. с.—это парусная байдарка, поднимающая лишь одного человека.

Форма парусных С. с. приспособляется к ходу под парусами, т. е., с одной стороны, к дви-

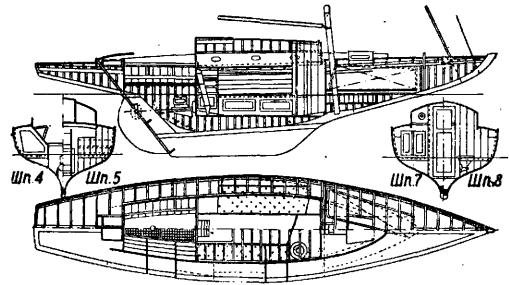
жению с креном, а, с другой,—к противодействию дрейфу. Самым важным является достижение хороших результатов при лавировке, которые даются благоприятной формой креновых ватерлиний, целесообразной формой и размерами килля, опущенного вниз в виде плавника, указанной выше формой парусов и их соответственным покроем, благодаря которому они получают нужный профиль. Глиссерная форма не может дать хороших результатов под парусами уже в силу малых скоростей. Угловатая форма шпангоутов вообще мало благоприятна для парусных С. с., но все же она довольно часто применяется в виду простоты постройки. В отношении материала к парусным С. с. относится все сказанное о моторных С. с. Особенностью конструкции является прежде

кие ботики с выдвижными киллями (швертами) а (фиг. 12), т. е. киллями, опускаемыми и поднимаемыми сквозь особый водонепроницаемый колодец, обычно являются легко опрокидываемыми, если вес килля не играет роли балласта. Двигатель парусной яхты (их паруса) за последние годы подвергся значительному усовершенствованию, на которое повлияли результаты динамических исследований для самолетостроения. Современные паруса как маленьких, так и больших яхт приближаются к форме и профилю крыла. Их вытягивают тр-ком вдоль длинных мачт и делят на большое число частей, гл. образом в вертикальном направлении. Таким обр. достигается



Фиг. 11а.

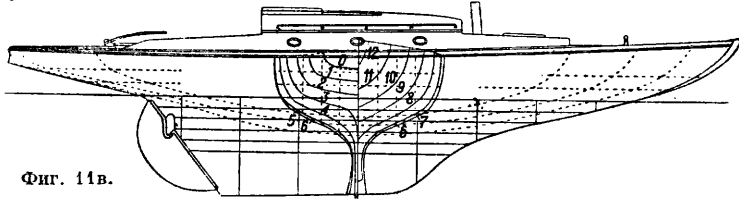
не только лучшее использование поверхности силой ветра, но и полезное взаимодействие отдельных парусов друг на друга. Сама старая парусная теория подверглась полному пересмотру. Практически паруса в качестве двигателя имеют преимущество несравненной экономично-



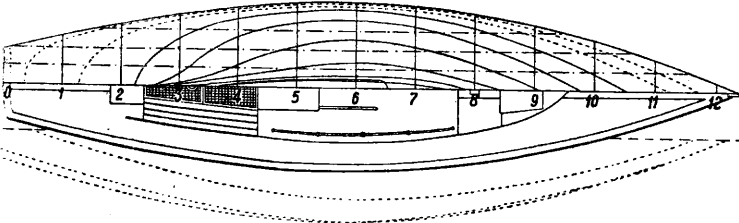
Фиг. 116.

сти и роторами Флеттнера их не удалось заменить (см. *Роторное судно*). В качестве средства морского воспитания парусное судно имеет ту особенную ценность, что оно наиболее непосредственно ставит человека лицом к лицу с погодой и морем и требует особенной наблюдательности и четкости в управлении. Поэтому парусные суда как в виде яхт, ботигов и шлюпок, так и в виде больших судов до сих пор применяются в качестве учебных в военном и торговом флотах большинства стран.

всего наличие глубокого килля. Нижняя часть килля представляет балласт (свинцовый или чугунный), выше его идет деревянный киль, а



Фиг. 11в.



Фиг. 12а.

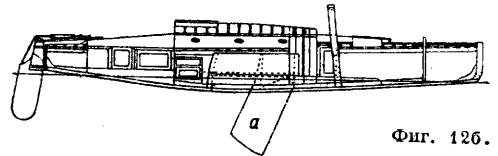
затем расширяющийся сверху узкий трюм. На железных парусных С. с. свинцовый балласт м. б. налит прямо в ящикообразный трюм. Вся конструкция рассчитывается на напряжения, к-рые корпус испытывает под противоположным действием с одной стороны балластного килля, а с другой — давления ветра на



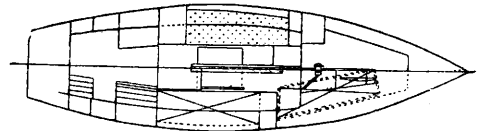
паруса. Обшивка применяется вгладь, а на самых маленьких — кромка в кромку; шпангоуты и др. части и крепление ставятся соответственно тому, как и на моторных С. с. Парусные бай-

стоят большие шлюпки типов, близких к судовым и с теми же навыками гребли. Эти шлюпки наиболее пригодны для совершения на них дальних водных экскурсий. Затем следуют лодки т. н. народной гребли. Это сравнительно небольшие лодки довольно разнообразных типов, характеризующиеся греблей парными короткими веслами с загнутыми лопастями. К лодкам народной гребли относятся несколько более широкие (около 1,2 м ширины), ф о ф а н ы (лодки массового катания), затем прогулочные с той же или иногда несколько большей шириной и наконец полугички (фиг. 13) узкие (не шире 1,10 м, чаще 1,0 и 0,9 м), длинные, малоустойчивые, чисто речные лодки, на которых часто устраивают гонки. По-

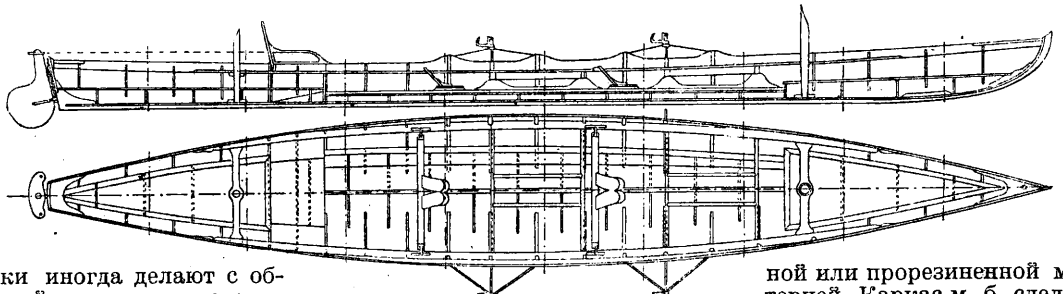
лугички бывают по числу гребцов двойки и четверки. Следующий особый разряд, байдарки, делится на сравнительно немногочисленные канадские и чрезвычайно распространенные повсюду, в том числе после революции в СССР, обычные байдарки типа каяка, происшедшие от известных эскимосских лодок. Байдарки этого типа делаются на одного или двух человек. Это — легкая лодочка (фиг. 14), имеющая палубу и в ней лишь отверстие для гребца,



Фиг. 12б.



часто закрываемое плотно охватывающим непромокающим фартуком. Благодаря такому устройству и низкому помещению ц. т. гребца, сидящего на днище, байдарка является чрезвычайно безопасной лодочкой, на к-рой возможно совершение самых дальних экскурсий как по рекам, так и по морям. Гребец сидит лицом вперед и держит в руках одно двухлопастное весло. Изготавливаются байдарки из дерева в виде деревянного каркаса, обтянутого паруси-



Фиг. 13.

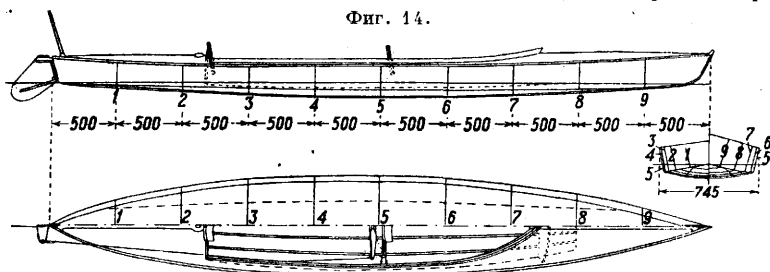
нок иногда делают с обшивкой вгладь; они снаружи обтягиваются материей.

Последний разряд — гребные С. с. — имеет несколько подразделений. На первом плане

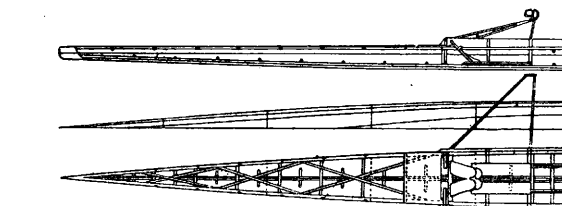
ной или прорезиненной материей. Каркас м. б. сделан складным, и тогда байдарка легко переносится за спиной или перевозится. Кроме того строятся и специальные гоночные

байдарки, узкие, неустойчивые, но развивающие значительно большие скорости. Последним подразделением гребных судов являются «академические» лодки. Если у всех перечисленных основных типов С. с. можно отметить, помимо чистой физкультуры, также экскурсион-

Фиг. 14.



ноне использование и практич. применимость, то академич. лодки не дают ни того ни другого, их назначением является исключительно возможность полного выявления искусства и силы гребцов. Это—чрезвычайно легкие лодки, построенные из тонких и легких материалов. Они устроены так, чтобы максимально использовать силу упора весла. Сами они подразделяются на «учебные»—несколько более широкие и «гоночные»—с шириной корпуса, доходящей до 0,27 м. Эти в свою очередь подразделяются на «клинкеры»—с наборной обшивкой и «скифы»—с гладкой. Кроме того по числу гребцов бывают одиночки, с рулевым и без него, двойки, с рулевым и без него, четверки и восьмерки. Уклучины делают вынесенными на кронштейнах за борт, а скамейки (слайты) гребцов—катающимися на роликах. Сверху академич. гоночные лодки всегда затягиваются легкой матерчатой палубой. Очень длинные весла для легкости делаются или пустотелыми или с желобками по бокам. В качестве примера гоночной гребной лодки на фиг. 15 изображен скиф-одиночка. Основные размеры: длина—7,50 м, ширина—0,40 м, осадка—0,10 м. Обращение с академическими лодками требует большой тщательности. Самые узкие из них не опрокидываются исключительно в силу упора весел на воду.



Фиг. 15.

К С. с. можно отнести также такие лодки, как охотничьи челноки, резиновые надуваемые лодки, водяные лыжи и велосипеды и всякого рода изобретаемые способы движения по воде. Постройка С. с. существовала в СССР до революции в незначительных размерах, а академических гребных судов впервые поставлена лишь в последние годы.

Лит.: Ш е д л и н г Ф., Постройка шлюпок, ч. 1, Парусные и гребные шлюпки, Л., 1928; е г о ж е, Постройка шлюпок, ч. 2, Моторные шлюпки, Л., 1930; Э н г е л м е й е р и др., Моторная лодка, М.—Л., 1930; О р л о в с к и й П., Как устроена моторная лодка, М., 1927; Ш е с т о п е р о в, Байдарка, М., 1927; В а с и л ь е в Н., Парусный ботик, Л., 1928; Л ю д е в и г Н., Парусный спорт, М., 1930; Ш е д л и н г Ф., Сам строю шлюпку, М., 1929; е г о ж е, Как самому построить па-

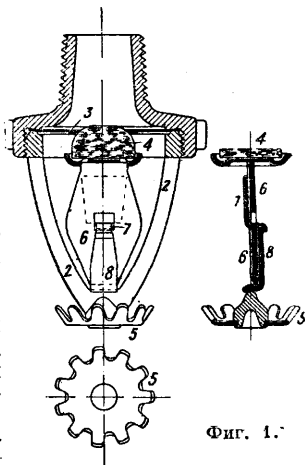
русно-гребную шлюпку, Л., 1926; е г о ж е, Как построить парусную шлюпку, Л., 1928; е г о ж е, Парусная лодка, Л., 1929; е г о ж е, Типы быстроходных матер., Техн. прил. к «Морск. сборн.», Л., 1928, 6; Б о й к о в А. А.

Глиссер, Справочная книга Автолора, Москва, 1929; N i c o l s o n D., «Transactions of the Institution of Naval Architects», L., 1927; R u t z W., «Wind u. Wasser», B., 1927, 24—53; B o r k, «Die Jacht», B., 1928, 38; B ö h m e U., ibid., 1929, 9—17; T i l l e r A. u. H a e d e r W., Motorboot u. Motorjacht, 2 Aufl., B., 1929; B r i x A., Bootsbau, Praktischer Schiffbau, 7 Aufl., B., 1929; S c h u l l m a n n, Aerodynamik u. Segel, B., 1925; C u r r y M., Aerodynamik des Segels, München, 1925; O s t l u n d R., Boken om Botar, Stokholm, 1924; P a t t e r s o n, Motor Boat Building, New York, 1929; L o h m a n n R., Die Segeljolle, Berlin, 4 Aufl., 1925; S c h m i t t H., Das Kanu, B., 1925; T i l l e r A., Kanu-Bau u. Segeln, B., 1926; L o h m a n n R., Bootskonstruktionen, 3 Aufl., Berlin, 1925; W u s t r a u H., Vom Kanu-

zum kleinen Kreuzer, Berlin, 1925; B ö h m e U., Renn-u. Stufenboote, B., 1929. Ф. Шедлинг.

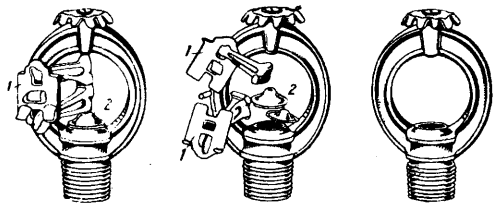
СПРИНКЛЕР, спринклерное оборудование, автоматически действующее устройство для борьбы с пожарами на ф-ках, з-дах, складах, ангарах, а также в театрах и других общественных зданиях и помещениях (включая океанские пароходы). Спринклерное оборудование состоит в следующем. Здание, предназначенное к спринклерованию, оборудуется во всех помещениях и во всех этажах, включая чердаки и подвалы, специальной водопроводной сетью, служащей только для питания С.; изолированные сводами и ничем незанятые чердаки, а также сводчатые подвалы, незанятые производством или огнеопасными складами, могут не спринклероваться. В трубы спринклерной сети ввертываются особые приборы, называемые С. В обычных условиях один С. обслуживает площадь пола в 9,3 м²; в более опасных местах (мельницы, винокуренные и маслобойные заводы, сушилки кожевенных з-дов, сцены театров) один С. ставится на каждые 6 м².

Принятый и изготовляемый в СССР и широко распространенный в других странах С. с металлическим замком сист. Гринделя (фиг. 1) состоит из бронзового штуцера 1 с винтовой резьбой на тонком конце для ввертывания в трубы сети. В широкий конец штуцера ввинчивается бронзовое кольцо, составляющее одно целое с дугою 2. Между штуцером и кольцом зажата тонкая металлич. диафрагма 3 с



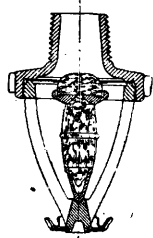
Фиг. 1.

отверстием диам. 12,7 мм (1/2 дм.). На конце дуги 2 укреплен дефлектор 3 с зубчатыми краями, служащий для разбрызгивания воды после выхода ее через отверстие в диафрагме. Отверстие диафрагмы прикрывается стеклянным клапаном 4 при помощи замка 6—7—8, состоящего из трех пластинок из красной меди, спа-



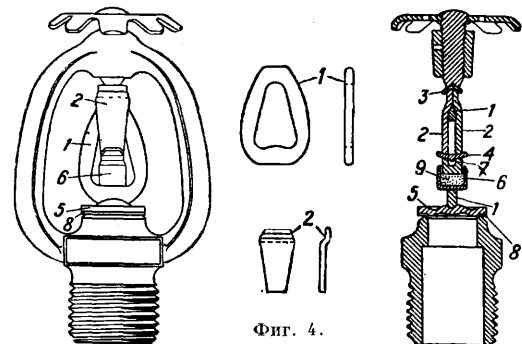
Фиг. 2.

янных между собою особым припоем. Осевая линия замка расположена несколько сбоку от осевой линии всего спринклера, потому замок стремится распахнуться как от давления воды в сети, так и оттого, что в собранном С. диафрагма сильно пружинит, способствуя вылету замка; для этого диафрагма зажимается между кончик. поверхностями штуцера 1 и дуги 2, и замок заводится в С. с усилием, выпирающим диафрагму в сторону, обратную выпучиванию ее, вызываемому наличием упомянутых кончик. поверхностей. Как только припой, связывающий части замка, расплавится, то весь замок с большой силой вылетает из С., стеклянный клапан 4 отпадает, и вода в форме душа получает выход к защищаемой площади. При возникновении огня С. вскрывается от повышения обычной t° помещения, в зависимости от которой выбирается $t^\circ_{н.л.}$ легкоплавкого припоя. Для помещений с обычной t° до 40° С. ставятся на температуру вскрытия в 68—74°, для помещений с обычной t° в 40—60°, 60—100° и свыше 100° соответственная t° вскрытия С. назначается в 93, 141 и 182°.



Фиг. 3.

Другой тип С., распространенный в США, с рычажным замком изображен на фиг. 2. При повышении t° распадутся спаянные пластинки 1, связывающие концы двух рычагов, другие концы которых предназначены удерживать клапан 2 С. в закрытом положении. В помещениях, где С. угрожает коррозии, могущая помешать замку распахнуться, применяют или золотеные С. или бульбеспринклер Гринеля (фиг. 3). В нем металли. замок заменен стеклянной капсулой, наполненной жидкостью при наличии небольшого количества воздуха;

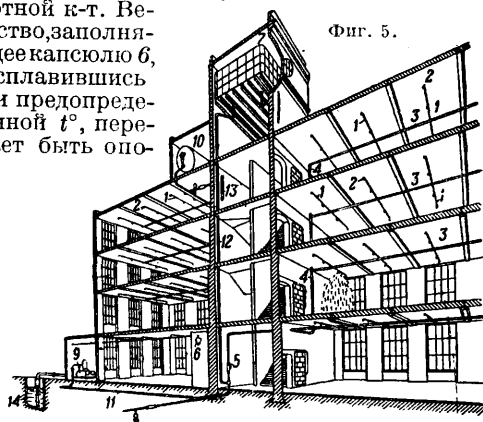


Фиг. 4.

при повышении t° капсуля от расширения жидкости взрывается, и С. действует как обыкновенный. Эти С. изготовляются для t° вскрытия от 57° и выше.

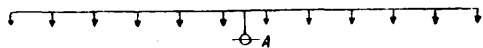
Новейшим типом С., одинаково стойкого как в обычных условиях, так и в условиях коррозии, является С. сист. Saveall. В нем корпус и дефлектор (фиг. 4) изготовляются из бронзы, прокладка 8 между клапаном 5—из красной меди, а клапан 5 и все детали замка 1—4, 6 и 7—из монель-металла. Замок С. состоит из плоского овального кольца 1, опирающегося на клапан 5; верхний конец его зажат между двумя пластинками 2, опирающимися на седла 3 и 4. В вырез кольца 1 заводится капсуля 6 с пробкой 7. В капсулю 6 впрессовывается специальное химич. вещество, стойкое против коррозии и плавящееся при точно установленной t° . Для температуры 57° таким веществом служит альфанитронафталин, получаемый обработкой порошкообразного нафталина смесью серной и азотной к-т. Вещество, заполняющее капсулю 6, расплавившись при predetermined t° , перестает быть оп-

рою для пробки 7; замок С. под давлением рамы распадается, клапан 5 под давлением воды отлетает, и С. начинает работать, как обыкновенный. С. этот делается на t° вскрытия в 57, 79, 100, 138, 171°.



Фиг. 5.

на фиг. 5 изображено схематически здание, оборудованное С. Здесь: 1—разводящие трубы спринклерной сети; 2—С.; 3—питательные трубы; 4—главные питательные трубы; 5—контрольно-сигнальный клапан; 6—сигнальный аппарат; 7—возвышенный водяной бак; 8—городской водопровод; 9—насос; 10—воздухонапорный бак; 11—главная магистраль; 12—магистраль от бака 7; 13—указатель уровня воды в баке 7; 14—приемный колодез. После вскрытия С. вода автоматически начинает поливать очаг огня, проходя через контрольно-сигнальный клапан 5; прохождение воды через контрольно-сигнальный клапан вызывает при помощи сигнального аппарата 6 автоматическую подачу тревожного сигнала. Приток воды к открывшемуся С. обеспечивается автоматическими действующими водопитателями 7, 8, 9, 10, комбинируемыми обычно подвоя на каждую ком-



Фиг. 6.

плектную установку соответственно существующим правилам. Для автоматич. подачи сигнала и для равномерной работы водопитателей достаточно вскрытия хотя бы одного спринклера. Спринклерное оборудование делится на секции,

обслуживающие каждая установленное правилами количество спринклеров.

Спринклерная сеть С. на разводящих линиях располагаются не более, чем по 6 шт. в каждую сторону от питательной трубы (фиг. 6). С. на наших Ф-ках до сего времени ставились под трубой А (над трубой только в сухотрубных установках—см. ниже); в настоящее время вводится постановака их над трубой. В некоторых странах постановака С. над трубой обязательна. Между собою трубы соединяются фитингами на конич. резьбе. Трубы укрепляются под потолком на подвесках, к стенам—на кронштейнах. Внутренний диам. труб выбирается в зависимости от числа обслуживаемых С. (см. таблицу); по мере удаления от контрольно-сигнального клапана диаметр уменьшается. В сухотрубных сетях трубам придается уклон в сторону контрольно-сигнального клапана для обеспечения лучшего спуска воды.

Размеры труб спринклерной сети и допускаемое число С.

Внутренний диам. питательных труб в мм	Допускаемое число спринклеров		
	*1	*2	*3
25	3	2	2
32	5	3	3
38	9	5	5
51	18	10	10
63	28	28	16
76	46	46	28
89	78	78	—
102	115	115	—
114	125	125	—
127	150	150	—
152	> 150	> 150	—

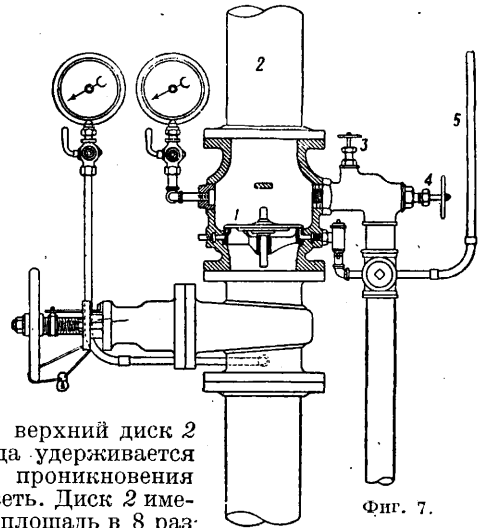
*1 Если с одной стороны распределительной трубы помещено не более 4 С. *2 Если с одной стороны распределительной трубы помещено 5 или 6 С. *3 Для помещений, занятых сушильными печами и для сушильных помещений с t° выше 38°; при этом диаметр питательных труб не должен превышать 76 мм; для помещений более чем с 28 С. должна проводиться вторая питательная труба.

В помещениях, имеющих отопление, спринклерная сеть всегда наполнена водой (водяная система). В помещениях без отопления (чердаки, навесы, склады) сеть в предупреждение замерзания обычно содержит без воды и наполнена сжатым воздухом (сухотрубная система); после вскрытия одного или нескольких С. сеть через них освобождается от воздуха и заполняется водой, к-рая тотчас начинает вытекать через открывшиеся С. В помещениях без отопления, занятых производством или огнеопасным складом, сеть летом наполнена водою, а в холодное время—сжатым воздухом (смешанная система). Каждая из этих систем обслуживается контрольно-сигнальным клапаном соответствующего типа. На фиг. 7 изображен водяной контрольно-сигнальный клапан системы Гриннеля, применяющийся в СССР. При открытии хотя бы одного С. диск 1 поднимается и пропускает воду в главную питательную трубу 2, а также через отверстие в седле клапана—в трубу 5 сигнального аппарата. Вентиль 3 служит для пробы сигнального аппарата (отверстие такого же диам., как у С.); вентиль 4 служит для спуска воды из сети. В секцию, обслуживаемую одним водяным контрольно-сигнальным клапаном диаметром в 152 мм, включается не более 1200 С.

Сигнальный аппарат (водяной) состоит (фиг. 8) из турбинки, работающей от

давления воды, подаваемой от контрольно-сигнального клапана; турбинка вращает боек 1, ударяющий по гонгу 2. Входит в практику постановака в дополнение к контрольно-сигнальному аппарату и электрического сигнала (фиг. 9), что особенно важно на предприятиях с большими корпусами и территориями при значительном числе отдельных инсталляций. Здесь при посредстве диафрагмы 1 и стержня 2 под давлением воды, поступающей в камеру 3 от контрольно-сигнального клапана, постоянный контрольный ток в сигнальной сети переключается в случае пожара на новое направление, вызывающее сигнал тревоги.

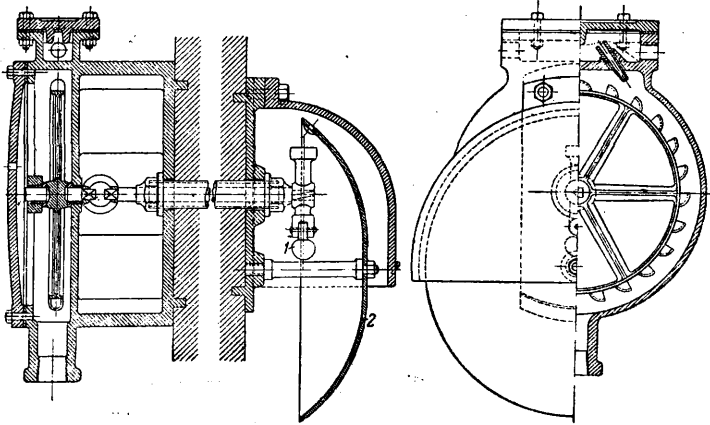
Сухотрубный клапан системы Гриннеля (фиг. 10, где он изображен вместе с акселератором Гриннеля) имеет два диска 1-2, составляющие одно целое. На нижний диск 1 давит вода от водопитателя через трубу 3. Давлением сжатого воздуха в спринклерной сети 4



на верхний диск 2 вода удерживается от проникновения в сеть. Диск 2 имеет площадь в 8 раз большую, чем у диска 1. Общее давление воздуха на диск 2 поддерживают в 2 раза большим, чем давление воды на диск 1. Для возможности подвода воды к открывшемуся С. требуется освобождение спринклерной сети от сжатого воздуха, что может занять 3—5 мин., а в сложных сетях даже и более времени, в течение к-рого от развивающегося пожара может вскрыться большое количество С. Для ускорения подхода воды к С. применяют акселераторы (имеющие назначением немедленно за вскрытием С. уравнивать давление над и под дисками 1-2, вследствие чего вода может свободно двигаться по трубам) или эксгаустеры (имеющие назначением дать выход воздуху через большое отверстие—в дополнение к выпуску воздуха через открывшиеся С.; по наполнении сети водою это отверстие автоматически закрывается). Применением акселераторов и эксгаустеров подход воды к С. ускоряется в 3—5 и более раз. В виду этого вместо 750 С., обслуживаемых, как максимум, одним сухотрубным контрольно-сигнальным клапаном, правила допускают при наличии акселератора увеличивать размер секции до 1000 С.

На фиг. 11 изображен применяемый у нас акселератор, изобретенный Е. А. Тейхманом. Трубою 1 акселератор соединен со спринклерной сетью, наполненной сжатым воздухом; трубою, присоединяемую к отверстию 2, ак-

селератор соединяется с атмосферной камерой (находящейся между водяным и воздушным дисками) сухотрубного клапана (напр. камера 5 на фиг. 10). После вскрытия С. давление сжатого воздуха в камере 3 резко упадет; сохранившимся давлением в камерах 4 и 5 мембрана 7 закроет сообщение этих камер с камерой 3, и мембрана 6 поднимет клапан 8; в результате спринклерная сеть через трубу 1, камеры



Фиг. 8.

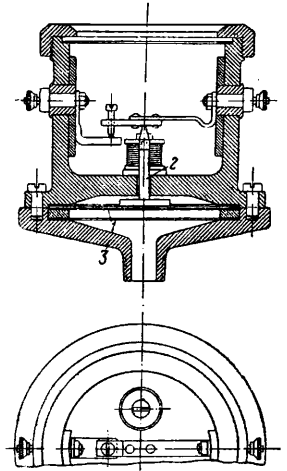
3 и 9 и через отверстие 2 сообщается с атмосферной камерой сухотрубного клапана, и последний независимо от наличия в сети сжатого воздуха откроется для немедленного пропуска воды в сеть. Тот же аппарат может быть превращен в эагаустер; для этого отверстие 2 соединяется не с сухотрубным клапаном, а со спускной трубой и кроме того к аппарату д. б. присоединено дополнительное приспособление, устраняющее напрасную утечку воды в спускную трубу после того, как сеть освободится от воздуха и наполнится водою.

Смешанный контрольно-сигнальный клапан представляет комбинацию водяного и сухотрубного клапанов, устанавливаемую в теплую погоду на работу в качестве водяного клапана с наполнением сети водою, а с наступлением холодов—на работу в качестве сухотрубного клапана с выпуском из сети воды и наполнением ее сжатым воздухом.

Требуемое давление воздуха в спринклерной сети поддерживается посредством воздушного насоса и контролируется наблюдением по манометру.

С недавнего времени в США начала входить в употребление ускоренно действующая спринклерная система («Automatic» Sprinkler Corporation of America), в которой контрольно-сигнальный клапан (так наз. заливной системы) действует не в результате вскрытия С., для чего требуется повышение t° до 68—74 $^{\circ}$, а от воздушного давления, развиваемого термостатами при гораздо меньшем повышении t° . Оборудование этого рода состоит из обычной спринклерной сети и сети термостатов, расположенных под потолками защищаемых зданий по 1 шт. на каждые 20 С. (186 м²). Термостат представляет собою герметич. металлич. камеру диам. 152 мм, высотой 127 мм; от термостатов к контрольно-сигнальному клапану проложена сеть металлич. труб с наружным диам. 3 мм, заключенных в предохранительную трубку диам. 13 мм. Эта система особо пригодна для защиты опасных рисков,

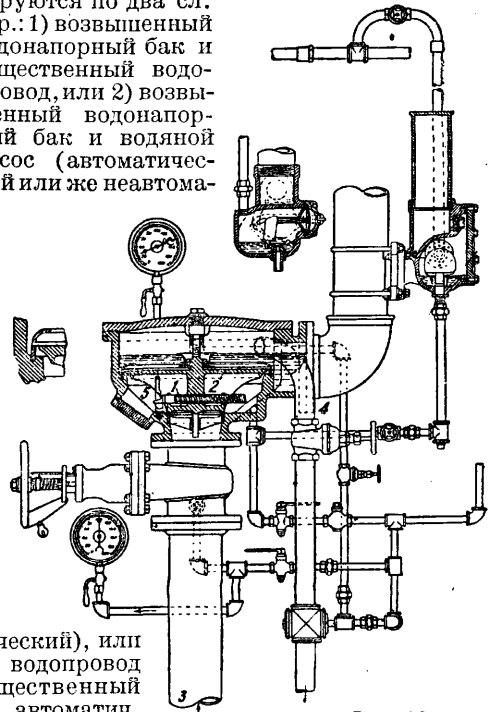
где огонь может быстро получить большое развитие; в этом случае м. б. в самых опасных местах поставлены открытые С. (без замков), к-рые дадут воде быстрый доступ к месту пожара даже при небольшом повышении t° ; остальные С. (с замками) начнут действовать лишь при более значительном повышении температуры в случае развития пожара. Опыты за-



Фиг. 9.

щиты такою спринклерною системою ангаров показали, что вода достигала очага огня через 25 сек. после начала пожара.

Каждая спринклерная комплектная установка д. б. снабжена двумя водопитателями и, постоянно готовыми к действию, причем один из них д. б. автоматический, а другой с неограниченным запасом воды. Водопитатели комбинируются по два сл. обр.: 1) возвышенный водонапорный бак и общественный водопровод, или 2) возвышенный водонапорный бак и водяной насос (автоматический или же неавтоматический), или



Фиг. 10.

3) водопровод общественный и автоматич. водяной насос, или 4) воздухонапорный бак и автоматич. водяной насос, или 5) воздухонапорный бак и общественный водопровод. Спринклерные установки

с одним водопитателем должны иметь в качестве такового или общественный водопровод или автоматич. водяной насос. Водопитатель признается достаточным, если при открытой спускной трубе (диаметром 50 мм) контрольно-сигнального клапана давление в сети упадет при действии водопитателя не более, чем на 25% по сравнению с давлением, имевшим место до открытия спускного вентиля; кроме того каждый водопитатель подчиняется присущим ему специальным требованиям. Все нормы обычно указываются как минимальные, и в каждом отдельном случае мощность водопитателей надлежит учитывать в соответствии с протяженностью сети и магистралей, с высотой зданий, а также со сложностью сети.

Общественный водопровод признается неограниченным водопитателем, если он: а) круглые сутки обеспечивает давление у высшего С. не менее 0,62 atm; б) подает воду в спринклерную установку через ответвление, служащее специально только для этой цели;

в) диаметр водопроводной магистрали соответствует нормам, указанным в приведенной выше таблице; г) если обращенные в сторону города вентили и водомеры имеют достаточную пропускную способность и всегда открыты.

Водяные насосы для питания С. применяются паровые (поршневые) и электрические (центробежные). Насос назначается только для питания С. и д. б. обеспечен круглые сутки движущей силой. Насос должен быть в состоянии развивать

давление не менее 7 atm, причем у высшего спринклера должно быть обеспечено давление в 0,62 atm. При отсутствии постоянной паровой или электрич. энергии на сезонно работающих предприятиях (напр. песочно-сахарные заводы) допускается применение насосов с двигателями внутреннего сгорания. Обычно паровые насосы снабжаются или автоматом диафрагменного типа, который поддерживает постоянное медленное движение насоса (1—2 хода в минуту), а в случае пожара под влиянием падения давления в сети из-за вскрытия С. развивает усиленное движение насоса, или при наличии этого автомата еще и особым пусковым аппаратом, приводящим насос автоматическим в контрольное движение на несколько ходов (каждый ход 4 часа); в последнем случае первый автомат служит лишь для усиления действия насоса в случае пожара. Насосы центробежные имеют автоматич. пусковой аппарат, служащий для приведения насоса в действие только при пожаре; эти аппараты так же, как и у паровых насосов, — диафрагменного типа и действуют под влиянием падения воды в сети; контрольный пуск центробежного насоса производится вручную. Насос д. б. обязательно автоматическим, если он: а) служит в качестве единственного водопитателя, или б) служит вторым водопитателем при общественном водопроводе или воздухонапорном водяном баке, или в) обслуживает здания с неогнестойкими перекрытиями. Производительность насоса выбирается в зависимости от числа С., расположенных в одном

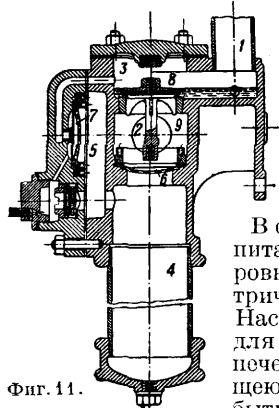
этаже соединенных между собою зданий, и составляет 1,15—2,8 м³ воды в 1 мин. Насос признается неистощимым источником питания, если он берет воду из реки, озера, пруда, водопровода, или при отсутствии возможности непосредственно пользоваться таковыми из специального водовместителя емкостью не менее 250 м³ (для 1½ ч. работы обычно применяемого насоса с производительностью в 2,8 м³/мин.).

Возвышенный водонапорный бак, служащий для питания С., должен располагаться с высотой дна над наивысшим С. не менее 4,5 м; минимальный объем воды в баке определяется по тому же принципу, как производительность насоса, и составляет 14—34 м³. Этот объем д. б. обеспечен только для питания С.; выше уровня, определяющего этот объем, допускается пользоваться водою для других целей, однако желательнее для других целей выделять часть бака вертикально перегородкою. Помещение бака необходимо отапливать для предупреждения замерзания. Бак должен снабжаться указателем уровня и прочими приборами, свойственными этим сооружениям. В США применяют ртутные указатели уровня, основанные на разности уд. в. воды и ртути, а также применяют автоматич. сигнальные приборы, извещающие о ненормальном состоянии уровня воды (излишек или недостаток воды) и об угрожающем понижении *t*⁰ воды.

Воздухонапорный водяной бак применяется там, где невозможно установить возвышенный бак. Воздухонапорный бак частью наполняется водою в количестве не менее 15 м³, а остальной объем заполняется сжатым воздухом; соответственно выбранному объему последнего устанавливается давление воздуха, к-рое поддерживается при помощи воздушного насоса. Этот насос может еще служить только для обслуживания сухотрубной спринклерной сети, но ни для каких других целей. Воздухонапорный бак кроме того оборудуется водяным насосом для подкачивания воды в бак (иногда он спаривается с воздушным насосом), манометрами, водомерными стеклами и пр. арматурою. Воздушный и водяной насосы должны быть обеспечены движущей силой в течение круглых суток.

Все водопитатели присоединяются к главной магистрали через обратные клапаны. Для наблюдения над давлением воды в водопитателях, над давлением воздуха в сухотрубной сети и пр. устанавливаются манометры с трехходовыми кранами для присоединения контрольного манометра. Надежность пожарной защиты, ожидаемая от спринклерного оборудования, может быть обеспечена правильным расположением сети, правильным выбором мощности водопитателей, правильным монтажом всего оборудования при хороших его качествах, а равно внимательным уходом за всем оборудованием, правильной его эксплуатацией и компетентным контролем. Все эти факторы регламентируются специальными правилами, издаваемыми органами, к-рым вверено руководство спринклерным делом.

Лит.: Правила устройства спринклерных оборудования и спринклерных сооружений, ухода и надзора за ними и контроль готовности их к действию, Москва, 1928; С у р и н А., Спринклерные оборудования, Л., 1927; Л у ж е ц к и й Н., Современная конструкция спринклерного оборудования, 2 изд., М., 1930; Л у ж е ц к и й Н. и С т о л я р о в С., Уход за спринклерным оборудованием, М., 1930; С r o s s y E., F i s k e H., F o r s t e r H., Handbook of Fire Protection, 7 ed., N. Y., 1924; G o r h a m D a n a, Automatic Sprinkler Protection, N. Y., 1923;

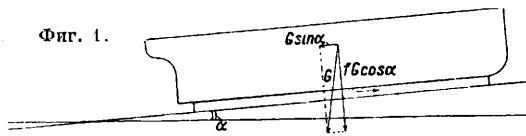


Фиг. 11.

Fla ch C., Die selbststatigen Feuerloschbrausen, В., 1924; Freitag J., Fire Prevention a. Fire Protection, N. Y., 1921; «Quarterly of the National Fire Protection Association», Boston. Н. Лужецкий.

СПУСК СУДОВ, перемещение судна с места постройки на воду. При С. с. со стапеля на воду происходит передвижение больших тяжелых, достигающих по весу нескольких десятков тысяч m (спусковой вес герм. трансатлантич. парохода «Imperator» превосходил 30 000 т).

Практикуются два способа спуска: продольный, когда спускаемое судно движется вдоль его диаметральной плоскости, и поперечный (боковой), когда движение направлено перпендикулярно к этой плоскости. Отличался своими конструктивными особенностями, оба способа имеют общие основные теоретич. положения. Если G —вес судна, α —угол наклона спускового фундамента (наклонная к воде плоскость, состоящая из основания и спусковых полозьев, по к-рым во время С. с. двигаются спусковые салазки с укрепленным на них судном) к горизонту, f —коэф. трения, то для возможности движения судна д. б. (фиг. 1)



где h —высота подъема спускового фундамента, а l —длина его горизонтальной проекции. Движущая сила в начальный момент движения судна выражается сл. обр.:

$$G \sin \alpha > f \cdot G \cos \alpha, \text{ или } \operatorname{tg} \alpha > f \text{ и } \operatorname{tg} \alpha > \frac{h}{l},$$

где h —высота подъема спускового фундамента, а l —длина его горизонтальной проекции. Движущая сила в начальный момент движения судна выражается сл. обр.:

$$F = G \sin \alpha - f G \cos \alpha. \quad (1)$$

Движение судна можно разбить на следующие 4 периода: 1-й период—с начала движения и до начала входа в воду спусковых салазок с судном; в большинстве случаев этот период мал, а для весьма длинных судов он может полностью отсутствовать; 2-й период—с начала погружения в воду кормовых частей судна и спусковых салазок и до начала всплытия; 3-й период—с начала всплытия до полного отделения спусковых салазок от спускового фундамента; 4-й период исключает в себе свободное движение судна. Из ур-ия (1) мы имеем для первого периода при начальных условиях $t=0, v=0, s=0$

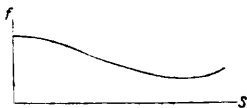
$$F = m \frac{dv}{dt} = \frac{G}{g} \frac{dv}{dt} = G(\sin \alpha - f \cos \alpha),$$

$$\frac{dv}{dt} = g(\sin \alpha - f \cos \alpha), \quad (2)$$

$$v = gt(\sin \alpha - f \cos \alpha), \quad (3)$$

$$s = \frac{gt^2}{2}(\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (4)$$

Ур-ия (2), (3) и (4) вполне определяют движение судна, если известна величина f . Коэф. трения f зависит от ряда факторов и является величиной переменной не только при спуске различных судов, но даже и для одного и того же случая С. с. В начале движения при сдвиге f имеет наибольшее значение, которое быстро падает, затем по мере движения еле заметно уменьшается и снова увеличивается по мере входа судна в воду (фиг. 2). Поэтому различаются коэф. сдвига (статический) и коэф. движения (динамический). Далее f зависит от величины



Фиг. 2.

удельного давления (нагрузка, приходящаяся на 1 м^2 поверхности спускового фундамента). Чем больше уд. давление, тем меньше величина f . Т. к. во избежание трения дерева спусковых салазок о дерево спусковых полозьев, а следовательно для уменьшения f , водится смазка, то уд. давление не д. б. чрезмерно большим, в противном случае смазка выдавится, что увеличит f ; т. о. помимо уд. давления на величину f имеет влияние как род смазки, так и толщина ее слоя. Кроме того имеет значение и время года С. с.: при заморозках возможно затвердение смазки, а в жаркое время—ее вытапливание. Указанные причины делают предварительные вычисления затруднительными, т. ч. коэф. трения f принимается на основе вычисления элементов движения уже спущенных подобных судов.

Для предварительного вычисления f в зависимости от уд. давления p существуют эмпирич. ф-лы, напр:

$$f = \frac{1}{16} - \frac{1}{50} p + \frac{1}{370} p^2$$

или формула франц. инж. Фродено (Frodenux)

$$f = 0,05 p^{-\frac{1}{2}}.$$

В обеих ф-лах p выражено в кг/см^2 . На основании обработки материалов многолетнего опыта по спуску судов и наблюдения над производством спусковых работ инж. Гилей (A. Hiley) выработал следующую таблицу, данными которой можно вполне уверенно пользоваться (см. таблицу). С момента начала входа в воду кор-

Элементы спускового устройства и коэф. трения для судов.

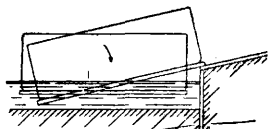
Спусковой вес судна, т	Длина судна, м	Ширина спусковых салазок, м	Уд. давление p , т/м ²	Статич. коэф. трения f_1	Уклон спускового фундамента α	Динамич. коэф. трения f
100	30—40	0,25—0,30	11,0	0,058	0,071	0,045
500	51—81	0,30	14,0	0,052	0,061	0,038
1 000	66—99	0,30—0,60	15,0	0,049	0,057	0,035
2 500	93—129	0,60—0,90	16,0	0,046	0,052	0,031
5 000	123—159	1,2	17,5	0,044	0,049	0,031
10 000	165—193	1,5—1,8	20,0	0,041	0,046	0,028
15 000	201—225	7,8	23,0	0,036	0,041	0,025
20 000	228—245	1,8—2,1	26,0	0,035	0,040	0,023
25 000	252—261	2,1	28,5	0,034	0,039	0,021
30 000	270—279	2,1—2,4	31,0	0,033	0,038	0,021

мовой части судна появляются добавочные силы пловучести d , вследствие чего вес судна и движущая сила будут все время изменяться; кроме того спускаемое судно будет встречать сопротивление воды R . Ур-ие движения при учете добавочных сил в течение второго периода будет

$$F - R = (G - d)(\sin \alpha - f \cos \alpha).$$

Вычисление переменной величины силы пловучести d особых затруднений не встречает, хотя вследствие наличия спусковых салазок приходится принимать допущения, не вполне обоснованные с научной точки зрения, а потому достаточно проблематические. Наибольшее затруднение встречается при определении сопротивления воды R . При начале входа судна в воду образуется сильная волна, не поддающаяся какому-либо точному учету; кроме того перед судном образуются сильные буруны и водовороты. Поэтому определить силу R можно лишь с некоторыми допущениями, ведущими к большим ошибкам, которые в свою

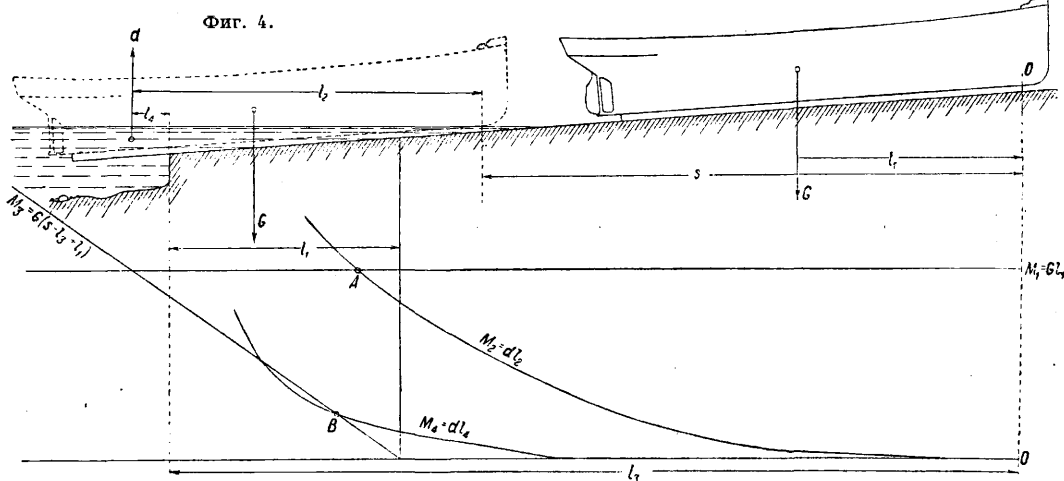
очередь ставят под вопрос рациональность производства подобного расчета. Проф. И. Г. Бубнов дал метод расчета второго и последующих периодов С. с., но в силу указанных причин этот расчет большого практич. интереса не представляет. Поэтому современная техника отказалась как от расчета движения судна за все 4 периода, так и от расчета динамики С. с., ограничиваясь рассмотрением статики, тем бо-



Фиг. 3.

лее что этого рассмотрения вполне достаточно для обеспечения надежности С. с. В течение третьего периода происходит вращательное движение судна. Оно объясняется тем, что положение судна на спусковом фундаменте относительно горизонта отличается от его положения на воде после С. с. При поперечном С. с. (фиг. 3) вращение происходит после полного отделения спусковых салазок от спускового фундамента, вследствие чего поворот совершенно не отражается на конструкции всего

жет иметь место и при продольном С. с. Оно находится в прямой зависимости от глубины погружения порога спускового фундамента. Возможность опрокидывания обуславливается соотношением $M_3 > M_4$, где M_3 —момент силы веса судна и салазок относительно порога спускового фундамента, а M_4 —момент сил пловучести погруженных частей относительно той же оси. Опрокидывание недопустимо, т. к. носовые части спусковых салазок отделяются от фундамента, носовые опоры легко вылетают с мест, судно начинает бороздить форштевнем по фундаменту, получает повреждения, а в некоторых случаях может даже повалиться на бок (случай итал. парохода «Princesse Jolante», перевернувшегося и затонувшего при спуске). При некоторых условиях продольного С. с. и почти всегда при поперечном спуске возможен еще прыжок носом при продольном спуске и срыв всем бортом при поперечном. Явление объясняется тем, что глубина погружения порога подводного фундамента, удовлетворяющая требованиям безопасности С. с., получается все же меньше спусковой осадки судна.



Фиг. 4.

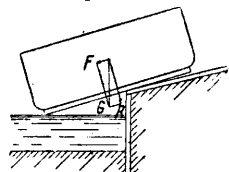
спускового устройства. При продольном С. с. (фиг. 4) вращение происходит в момент нахождения носовых частей спускового устройства на спусковом фундаменте, что оказывает влияние не только на конструкцию этой части спускового устройства, но и на успешность и безопасность С. с. Это вращение судна обуславливается соотношением величин моментов сил тяжести судна и спусковых салазок M_1 и сил пловучести их частей, погруженных в воду, M_2 , причем моменты берутся относительно общей оси—носового конца салазок. Всплытие очевидно возможно при $M_2 > M_1$. Положение судна в момент всплытия кормой аналогично балке, лежащей на двух опорах, одна из к-рых находится в ц. т. погруженных в воду частей судна и спусковых салазок, а другая—у носового конца салазок.

Возможен случай, когда спускаемое судно может получить вращение в той же плоскости, но в обратную сторону. Подобное вращение происходит около порога подводной части спускового фундамента и называется о п р о к и д ы в а н и е м. При переходе вертикальной составляющей силы тяжести G (фиг. 5) за порог свешивающаяся часть судна будет вращаться в сторону погружения. Подобное же явление мо-

жет иметь место и при продольном С. с. Оно находится в прямой зависимости от глубины погружения порога спускового фундамента. Возможность опрокидывания обуславливается соотношением $M_3 > M_4$, где M_3 —момент силы веса судна и салазок относительно порога спускового фундамента, а M_4 —момент сил пловучести погруженных частей относительно той же оси. Опрокидывание недопустимо, т. к. носовые части спусковых салазок отделяются от фундамента, носовые опоры легко вылетают с мест, судно начинает бороздить форштевнем по фундаменту, получает повреждения, а в некоторых случаях может даже повалиться на бок (случай итал. парохода «Princesse Jolante», перевернувшегося и затонувшего при спуске).

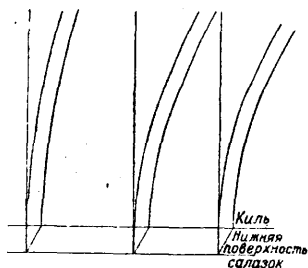
При статич. исследовании С. с. принимают во внимание лишь действие гидравлического давления воды на судно.

Вычисление силы пловучести производят с достаточной грубостью приближением, учитывая, что 1) насадка спусковых салазок препятствует в значительной степени проникновению воды между фундаментом и салазками и что давление воды на нижнюю кромку салазок т. о. значительно уменьшается. (Проф. Бубнов рекомендовал принимать, что сила пловучести погруженного в воду объема судна и подвижной части спускового устройства уменьшается на γV , где V —объем призм с вертикальными стенками, ограниченных сверху уровнем воды, а снизу—нижней кромкой салазок; γ —вес единицы объема воды.) 2) Давление воды на судно и подвижную часть спускового устройства отличается от гидростатического в виду значительной скорости дви-



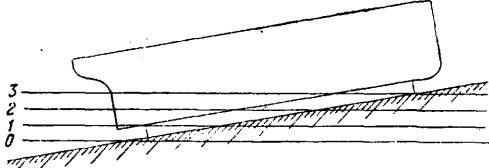
Фиг. 5.

жения судна во время спуска. Наиболее удобный способ вычисления водоизмещения заключается в построении масштаба Бонжана судна вместе со спусковым устройством, для чего



Фиг. 6.

в обычный масштаб Бонжана вводится поправка на объем (или площадь поперечного сечения) салазок (фиг. 6). По исправленному масштабу Бонжана определяются погруженные в воду площади шпангоутов судна и спускового устройства и соответственные водоизмещения по



Фиг. 7.

последовательные ватерлинии, параллельные уровню воды, т. е. ватерлинии, наклонные к килю (фиг. 7). Пользуясь масштабом Бонжана, нетрудно определить пловучесть d при погружении по различные ватерлинии, т. е. построить грузовой размер, а также определить абсциссу центра величины (точнее—положение перпендикулярного килю шпангоута, на к-ром находится центр величины). Вертикальное положение последнего определяется обычным пу-

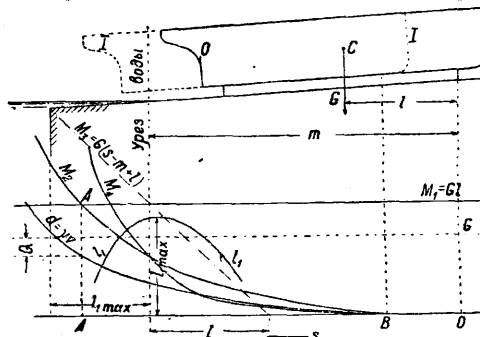
тем по грузовому размеру. Величина R сопротивления воды поступательному движению судна вычисляется приближенно по эмпирическим ф-лам, ожидающим исчерпывающей проверки опытным путем. По Бубнову (в кг)

$$R = (5F_0 + 60F_1)v^2,$$

где F_0 —наибольшая погруженная в воду площадь поперечного сечения судна в m^2 , F_1 —наибольшая погруженная в воду площадь поперечного сечения подвижной части спускового устройства в m^2 , $v = \frac{ds}{dt}$ —скорость судна в $m/сек$.

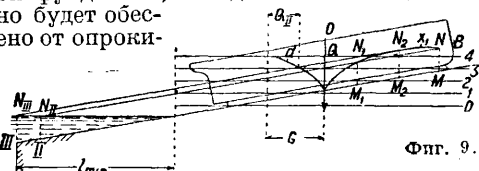
Если желательно определить положение судна при спуске по длине фундамента в тот момент, когда оно начнет отделяться от него, вращаясь около носового конца салазок, то влиянием скорости движения судна можно пренебречь. Для подобного исследования применяются способы: а) погружения судна в воду (английский), б) подъема уровня воды (французский и итальянский). По английскому способу на нижней части чертежа откладывается как абсцисса путь s , пройденный носовым концом салазок (фиг. 8), причем O —начальное положение судна, B —положение, когда судно или салазки начинают входить в воду. Строятся следующие кривые: а) прямая G веса судна вместе с подвижной частью спускового устройства (параллельная оси абсцисс); б) кривая $\gamma V = d$ —грузовой размер; в) прямая $M_1 = Gl$ момента веса судна относительно носового конца салазок, где l —расстояние от носового конца последних до вертикали, проходящей через ц. т. судна вместе с подвижной частью спускового устройства; г) прямая, наклонная к оси аб-

писс, момента веса судна с подвижной частью спускового устройства относительно воды $M_3 = G(s - m + l)$, где m —расстояние от уреза воды до носового конца полоза салазок в начале С. с. (величина постоянная); д) кривая $M_2 = dx$ момента пловучести относительно носового конца салазок; здесь x —расстояние по горизонтали от носового конца салазок до центра величины судна вместе со спусковым устрой-



Фиг. 8.

вом; е) кривая $M_4 = d(s - m + x)$ момента пловучести судна со спусковым устройством относительно уреза воды; ж) кривая $l_1 = \frac{M_3 - M_4}{G - d}$, т. е. расстояния от уреза воды до вертикали, по которой действует равнодействующая сил веса и пловучести судна с подвижной частью спускового устройства. Пока по абсолютной величине $M_1 > M_2$, полозья соприкасаются с фундаментом; когда $M_1 = M_2$, т. е. кривые M_1 и M_2 пересекаются, равнодействующая силы веса и пловучести проходит через носовой конец полоза, и корма начинает всплывать. Точка A даст положение носового конца салазок в момент всплытия кормы. Разность значений G и d , соответствующих одной и той же абсциссе A , дает величину равнодействующей Q силы веса и пловучести, т. е. давления на конец салазок в момент всплытия кормы. При дальнейшем движении судна величина Q уменьшается, и изменяется наклон киля к горизонту. Максимальное значение l_1 надо отложить от уреза воды влево; эта величина l_{1max} определит наименьшую длину подводной части фундамента, при которой линия действия равнодействующей сил G и d все время будет пересекать спусковой фундамент, вследствие чего спускаемое судно будет обес-



Фиг. 9.

печено от опроки-

дывания. Незначительный переход равнодействующей за пределы фундамента м. б. допущен, причем следует руководствоваться С. с. подобного типа.

При исследовании спуска по франц. способу через ц. т. судна вместе с подвижной частью спускового устройства проводят вертикаль O (фиг. 9). На горизонтальных (наклонных к килю) ватерлиниях 0, 1, 2, ... откладывают на лево ординаты грузового размера d , направо на тех же ватерлиниях—расстояния x_1 от вертикали, проходящей через ц. т. судна, до вертикальной линии, по к-рой действует равно-

действующая $Q = G - d$. Соединяя полученные точки кривой, с правой стороны от вертикали получают характеристичную кривую. Расстояние x_1 определяется выражением

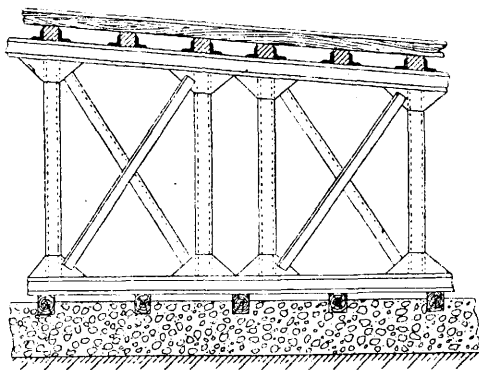
$$x_1 = -\frac{d \cdot x_2}{G - d},$$

где x_2 — расстояние ц. т. погруженных в воду частей судна вместе со спусковым устройством от вертикали O . Положение носового конца салазок на фундаменте в момент всплытия кормы находится так: через носовой конец салазок проводят вертикаль MN ; N — точка пересечения этой вертикали с характеристичной кривой; M — точка пересечения с фундаментом. Когда уровень воды под нижней поверхностью носового конца салазок будет на высоте MN , равнодействующая Q придет в носовой конец полоза, и корма начнет всплывать. Отсюда следующее построение: через точку N проводят линию NN_{II} параллельную фундаменту до пересечения с уровнем в точке N_{II} . Через точку N_{II} проводят вертикаль и ее пересечение с фундаментом (точка II) определяет положение носового конца салазок в момент всплытия кормы. Не трудно видеть, что, прежде чем в точку II придет конец салазок, в нее придет такая точка M_1 , когда равнодействующая Q пройдет также через точку II . Путем построения, аналогичного показанному, видно, что, когда точка M_2 салазок придет в точку N_{III} фундамента, равнодействующая будет проходить через точку III . Для нахождения наиболее низкой точки на подводной части фундамента, через к-рую может пройти равнодействующая Q , нужно провести касательную к характеристичной кривой параллельно фундаменту. Через точку N_{III} пересечения этой касательной с уровнем воды надо провести вертикаль; пересечение этой вертикали с фундаментом даст искомую точку III ; следовательно подводная часть фундамента д. б. продолжена до точки III , чтобы обеспечить судно от опрокидывания кормы во время спуска. Такое построение необходимо делать, если касательная, параллельная фундаменту, касается характеристичной кривой влево от точки N . Если же она касается вправо от нее, то длина фундамента, определяемая условием всплытия кормы еще при нахождении носового конца салазок на фундаменте, достаточна для предохранения судна от запрокидывания кормы. Для определения величины силы Q_{II} (или какого-либо другого значения равнодействующей Q в разные моменты С. с.) делают следующее построение: проводят горизонтальную ватерлинию, проходящую через точку N_2 характеристичной кривой (или соответственно через какую-либо иную точку N). Отрезок этой горизонтали, заключенный между грузовым размером и вертикалью, отстоящей от ц. т. судна и подвижной части спускового устройства на расстоянии G в масштабе грузового размера, и даст величину $Q_2 = G - d$. Для удобства при пользовании описанным способом рекомендуется делать чертеж и все построения с искаженным по оси ординат масштабом, увеличивая этот масштаб по сравнению с масштабом оси абсцисс. Обычно длину подводной части фундамента делают несколько больше необходимой для обеспечения от опрокидывания как на случай внезапного понижения уровня воды, так и во избежание прыжка. В виду несоответствия истинного давления воды на судно во время спуска принятому при расчете гидростатиче-

скому определенная указанным выше способом величина равнодействующей Q обычно значительно отличается от измеренной во время спуска судов (на 10—50%, считая от вычисленной), причем вычисленное значение всегда меньше измеренного. Разница между действительным положением носового конца салазок на фундаменте и вычисленным для момента начала всплытия незначительна, причем обычно вычисленное значение дает более низкое положение носа на фундаменте.

В. Власов, исследуя статику С. с., дает ур-я для определения следующих величин: а) критической ватерлинии, при которой расстояние между порогом фундамента и точкой встречи равнодействующей Q сил веса и пловучей становится минимальным и для которой эта равнодействующая занимает наинизшее по отношению к спусковому фундаменту положение, б) ватерлинии всплытия, характеризующей момент начала всплытия, и в) ватерлинии равновесия, по которую судно будет сидеть в воде по оставлении фундамента. По сказанному выше критич. ватерлиния характеризует собою возможность или невозможность опрокидывания. Выводя соответственные ур-я для определения указанных ватерлиний, Власов исследует влияние на устойчивость С. с. таких основных элементов его, как угол наклона спускаемого судна к горизонту, спусковой вес судна, положение ц. т. по длине судна и т. п.

Явление прыжка возможно, если судно сходит с фундамента с незначительной скоростью и глубина воды на пороге фундамента меньше осадки судна носом. Средствами для предотвращения прыжка являются: а) увеличение скорости движения спускаемого судна, достигае-



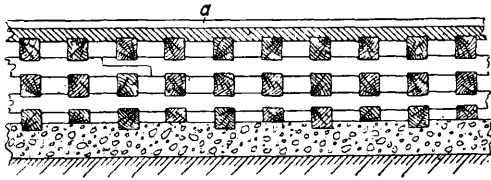
Фиг. 10.

мое увеличением уклона спускового фундамента; б) удлинение подводной части фундамента сверх того, что необходимо для обеспечения от опрокидывания. В пределе глубина воды на пороге м. б. доведена до такой величины, что судно отделится, не соскочив с него, что будет иметь место при $d < G$, а всплыв, т. е. при $d = G$. Нужно отметить, что в этом случае d определяется не по грузовому размеру, построенному для ватерлиний, параллельных уровню воды, при полном соприкосновении салазок с фундаментом, а по грузовому размеру для судна, свободно плавающего при спуске.

К моменту С. с. на воду д. б. закончена клепка и чеханка всех соединений наружной обшивки, стрингеров, шпангоутов, переборок, а также и большинства палуб. В некоторых случаях спускают суда готовыми на 80%, а иногда

и полностью законченными в постройке. Вообще же при интенсивном судостроении суда спускаются на воду в такой готовности, чтобы они могли безопасно плавать.

Большие суда обычно спускают с продольных фундаментов. В этом случае спуск производится на двух полозьях и в весьма редких случаях (напр. иногда во Франции) на одном полозье.



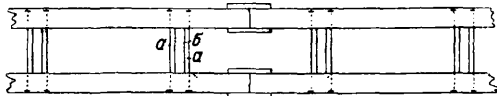
Фиг. 11.

На стапеле возводится спусковой фундамент, состоящий из собственно фундамента и спусковых полозьев, по к-рым движутся во время С. с. салазки. Собственно фундамент делают или металлический (фиг. 10), состоящий из двух рядов отдельных тумб, склепанных из угольников, швеллеров и двутавровых балок, или же деревянный (фиг. 11). Деревянный фундамент эластичнее металлического и в наших условиях значительно дешевле. На верхней кромке фундамента помещаются спусковые полозья, состоящие из нескольких рядов продольно уложенных брусьев среднего размера 300×300 мм. Для правильности сборки необходимо, чтобы замки для отдельных продольных рядов брусьев располагались в шахматном порядке друг относительно друга, а головки крепительных болтов были утоплены в толще дерева и по возможности заделаны деревянными пробками. Поперечное сечение спусковых полозьев—плоское



Фиг. 12.

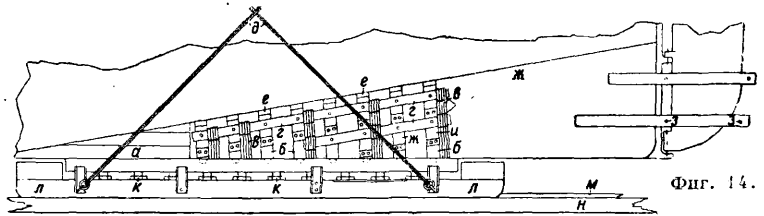
для предупреждения схода салазок при С. с. со спусковых полозьев по их краям д. б. устроены особые направляющие—рыбины *а*. При поперечном спуске спусковые полозья делают из связанных попарно брусьев, снабженных рыбинами, или обычных брусьев без рыбин; последние в этом случае прикрепляются к спусковым салазкам. Взаимное расстояние между брусьями выбирается так, чтобы они приходились под поперечные переборки судна и по возможности равномер-



Фиг. 13.

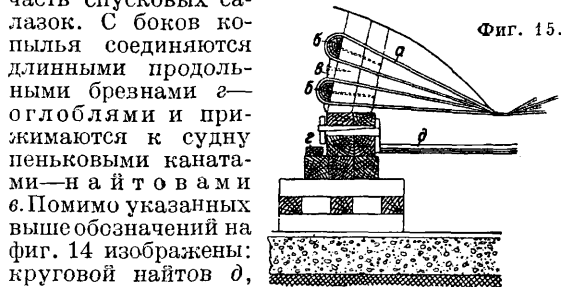
но распределялись по всей его длине. Спусковые салазки составляют из отдельных звеньев. При спуске больших судов каждое звено набирают из основных брусьев $12-16$ м длиной, сечением ок. 300×300 мм. Число брусьев в одном горизонтальном ряду $4-7$. Брусья соединяются при помощи стяжных болтов. Нижнюю поверхность брусьев тщательно простругивают, а концевые кромки закругляют. На верхней поверхности нижнего ряда салазок укла-

дывают клинья, изготавливаемые из твердых пород дерева. Клинья делают двойные или одинарные. Двойные подбивают друг другу навстречу; при их подбивке не получается перекоса лежащих выше частей салазок. Одинарные проще, дешевле в изготовлении и легче удерживаются на месте. Поверх клиньев устанавливают верхнюю часть салазок, устраиваемую так же, как и нижняя. Для устранения сдвига верхней части салазок относительно нижней в продольном направлении на концах последней набивают короткие куски дерева, в к-рые и упирается верхняя часть салазок. Для устранения бокового перемещения к боковым граням нижней части салазок прикрепляют куски угольников или швеллеров. В поперечном направлении каждую пару салазок (с обоих бортов судна) стягивают стяжными струнами *а* и распирают распорными балками *б* (фиг. 13). Отдельные звенья салазок связывают друг с другом шарнирами, цепями, стальными или пеньковыми тросами. В последнем случае пропускают в $2-3$ шлага через отверстия, сделанные в концах звеньев. Ширина сала-



Фиг. 14.

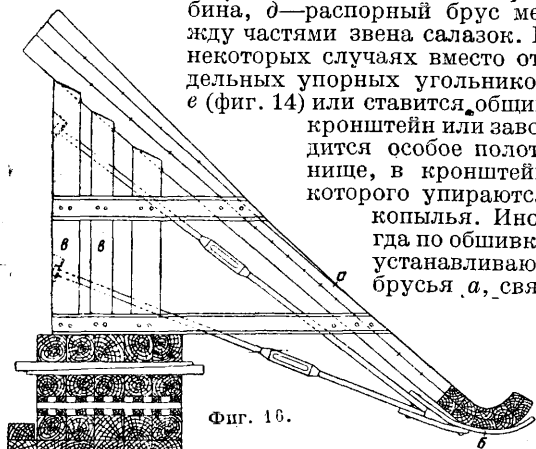
зок с одного борта судна д. б. не менее $1/20$ ширины судна. Конструкция салазок для спуска средних и мелких судов ничем не отличается от вышеописанной, но изготавливается более легкой. Часто в подобных салазках звенья не примыкают одно к другому, а между ними оставляют промежутки. На салазку описанной конструкции может опираться лишь плоская часть днища судна. Если днище не является плоским, то пространство между верхней частью салазок и днищем забирается специально обтесанными брусьями *а*—подбрюшниками (фиг. 14). Вследствие остроты обводов оконечностей верхняя часть спусковых салазок далеко отстоит от обшивки судна. При набирании подбрюшников потребуется много дерева, поэтому применяют копылья *б*. Копылья представляют собою слегка наклоненные сосновые брусья, один конец к-рых упирается в обшивку судна, а другой в верхнюю часть спусковых салазок. С боков копылья соединяются длинными продольными брезнями *г*—оглоблями и прижимаются к судну пеньковыми канатами—найтивами *в*. Помимо указанных выше обозначений на фиг. 14 изображены: круговой найтов *д*, связывающий салаз-



Фиг. 15.

ки с судном во избежание сдвига, *е*—упорный угольник, в который упирается верхний конец копыльев в том случае, когда угол встречи копыльев с обшивкой весьма велик, *ж*—обшивочный паз, *з*—болты, связывающие брусья, препятствующие повороту руля при спуске.

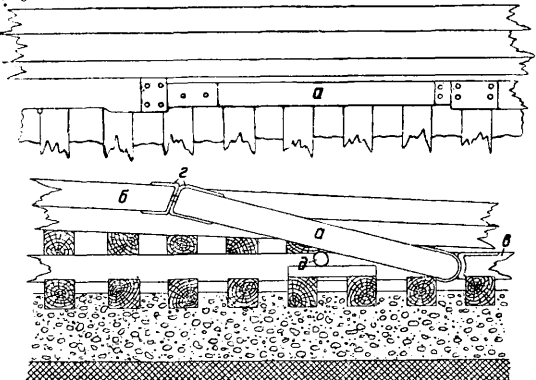
и—набойки, препятствующие сдвигу оглобли вниз, *к*—клин, *л*—нижняя часть салазок, *м*—рыбина, *н*—спусковой полоз. Установка копыльев изображена также и на фиг. 15, где *а*—найтовы, *б*—оглобли, *в*—набойка, *г*—рыбина, *д*—распорный брус между частями звена салазок. В некоторых случаях вместо отдельных упорных угольников *е* (фиг. 14) или ставится общий кронштейн или заводит особое полотно, в кронштейн которого упираются копылья. Иногда по обшивке устанавливают брус *а*, свя-



Фиг. 16.

занные с брусом другого борта железными листами *б* (фиг. 16), пропущенными под кил судна. Верхние части копыльев *в* врезают в эти брусья прямым шипом и крепят с ними и друг с другом балками, болтами или скобами.

При всплывании кормы судна последнее вращается около носовой части салазок. При применении описанной выше конструкции давление веса судна (боковое давление) весьма неравномерно передается носовым копыльям. Для выравнивания этого давления для больших судов в носовой части спускных салазок применяется промежуточная прокладка из мягких пород дерева (преимущественно осина), *к*-рая, сминаясь, выравнивает давление. Помимо этого применяют поворотные опоры двух основных конструкций: *а*) неподвижные копылья несут на своих верхних частях ось вращения судна; *б*) копылья имеют вращающееся основание. Вторая конструкция проще и дешевле, при этом передние носовые копылья опираются в верхнюю часть спускных салазок при помощи специального основания, нижняя поверхность которого очерчена по дуге круга большого радиуса. Соответственная выемка имеется и в

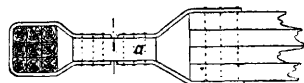


Фиг. 17.

верхней части спусковых салазок. Для облегчения вращения трущиеся поверхности смазывают салом, а крайним копыльям придают легкий уклон навстречу друг другу.

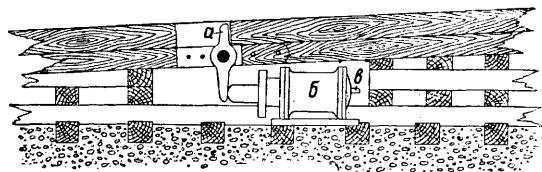
Для удержания судна на месте от преждевременного спуска спусковое устройство снаб-

жают специальными задерживающими спуск приспособлениями. Эти приспособления должны позволять быстро освободиться от них в нужный момент *С. с.* При спуске малых и легких судов задерживающими приспособлениями являются главные найтовы и одна или две пары упорных стрел, расположенных симметрично по обоим бортам судна. Найтовы выделывают из пенькового троса 75—150 мм в окружности. Трос несколькими шлагами продевают в отверстие, сделанное в носовой части каждого спускового салазка, и схватывают за упорный столб, кнехт или куст свай, прочно заделанные в стапель. Упорная стрела *а* (фиг. 17), обычно дубовая, одним концом упирается в наделку салазка или



Фиг. 18.

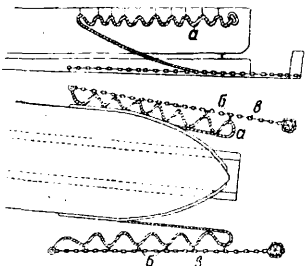
в башмак, приклепанный к корпусу судна, а другим—в спусковой фундамент *в* и таким образом препятствует передвижению судна. При спуске более тяжелых судов стрелы делают короткими (100—80 см) сечением ок. 300 × 300 мм, причем упор стрел делают в наделку салазок. Соприкасающиеся части стрелы и наделок во избежание смятия обшивают железом *г*. Для предупреждения выжимания стрелы книзу (правильная конструкция стрелы должна выжиматься книзу) под нее подкладывают яйцо *д*—дубовый шар или овал. Для отдачи стрелы достаточно одним ударом кувалды выбить яйцо, а другим—стрелу. После отдачи стрел топорами одновременно перерубают оба пеньковых найтова, для чего под них заранее подкладывают дере-



Фиг. 19.

вянные плахи, на *к*-рые приходится лезвие топоров. Вместо пеньковых найтовок при спусках больших судов применяют деревянные задержники (фиг. 18). Распиловкой брусьев *а* осуществляется освобождение судна от подобного задержника. При спуске весьма крупных судов, и особенно военных, стрелы и носовые задержники заменяют спусковым курком. В салазках делается выемка, в грань которой, облицованную сталью, упирается массивный рычаг *а* (курок), насаженный на ось, прикрепленную концами к спусковому фундаменту (фиг. 19). Нижний конец курка удерживается гидравлич. домкратом *б*, от которого идет трубка *в* к такому же домкрату с другого борта судна. Отросток от этой трубки идет к гидравлич. насосу (помпе). Управляя последним, одновременно отпускают домкраты, освобождают нижние концы курков, *к*-рые от нажатия салазок откидываются и освобождают последние. Смотря по величине и тяжести судна таких курков ставят два, четыре и шесть, причем все они обслуживаются общим водопроводом, подающим сжатую воду во все домкраты под одинаковым давлением. Существуют также механические курки, в которых отдача осуществляется падением груза, происходящим от действия электромагнита.

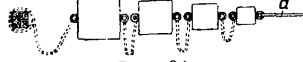
Иногда случается, что судно по освобождении от всех задержников не трогается. Это происходит от случайных причин: а) от недостаточности насалки или от недоброкачественности ее составных частей, когда трение между салазками и спусковым фундаментом чрезмерно велико; б) от затвердения насалки, если С. с. происходит зимой, ранней весной или поздней осенью; в) от прилипания насалки к салазкам при долгом стоянии последних на насалке; г) от вытапливания насалки при весьма жаркой погоде. Чтобы сдвинуть салазку с легким судном, по сторонам спускового устройства заранее устраивают толстые стойки или сваи. Каждая стойка служит опорой для рычага (в а г и), один конец которого лежит на козлах и посредством талей тянется рабочими, а другой упирается в наделку на салазках. При одновременном действии всех ваг, которые устанавливаются по три с каждого борта, можно заставить салазку с судном сдвинуться.



Фиг. 20.

В последнее время ваги заменяют гидравлич. домкратами (толкачами), упирающимися в носовой конец каждой салазки. Повышением давления в домкратах создается сила, заставляющая судно двигаться по фундаменту.

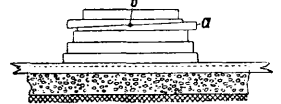
Если С. с. производится в ограниченном водном пространстве (в реке), для скорейшей остановки судна в кормовой его части устанавливают штыи, увеличивающие сопротивление воды движению судна. Для этой же цели применяют канаты а (фиг. 20), соединенные с судном и привязанные пеньковыми стопорами б к цепям, закрепленным на стапеле в. При спуске судно тянет за собою канаты с обоих бортов, причем последовательно рвет стопоры, чем поглощается живая сила, приобретенная судном, и значительно уменьшается путь, проходимый им до остановки. Для больших и тяжелых судов, инерция к-рых весьма велика, с каждой стороны судна ставят по несколько подобных канатов. В некоторых случаях применяют задержники с передвижными грузами. Последние уложены в ряд и связаны друг с другом и с береговым кнехтом цепями; перлинь а (фиг. 21, толстый трос) от крайнего груза закрепляется на спускаемом судне. Напряжение перлини обуславливается сначала передвижением одного груза, затем двух, трех и т. д., вследствие чего сопротивление движению судна возрастает постепенно, и перлинь работает плавно и спокойно.



Фиг. 21.

К сборке спускового устройства приступают заблаговременно—месяца за 2—3 до спуска. При этом производят вязку отдельных звеньев салазок, заготовку и сборку других частей спускового устройства (подбрюшников, копыльев, оглобель и т. д.). Одновременно обычные кильблоки заменяются спусковыми. Последние отличаются от обычных тем, что два верхних бруса блока а скошены на клин и удерживаются железным цилиндрическим стержнем б (коксом), пропущенным сквозь отверстие

у плоскости соединения этих брусьев (фиг. 22). Ударом молота по коксу легко его выбить, и тогда верхняя часть блока легко распадается, что весьма важно при отдаче кильблоков в самый момент спуска. Недели за 2—3 до спуска освобождают от опор место, необходимое для заводки под судно спусковых салазок. Салазки заводят на место, тщательно обстругивают, все выступающие кромки сглаживают, головки болтов и гвоздей утапливают в толщу дерева. После этой подготовки производят насалку фундаментных полозьев. Рецепты насалки весьма разнообразны: а) 90% сала, 3,5% масла, 6,5% мягкого мыла; б) 85% сала, 4% льняного масла, 1,5% минерального масла, 4,2% брускового мыла, 5,3% зеленого мыла; в) 83% сала, 15% льняного масла, 2% зеленого мыла; г) 73,5% сала, 26,5% минерального масла; д) 48% сала, 18% стеарина, 34% мягкого мыла и т. д. Может применяться в качестве составных частей насалки также ворвань, графитовый порошок, масло коноплян. е, калийное мыло. Вообще насалка должна удовлетворять следующим требованиям: а) быть достаточно твердой, чтобы, не выжимаясь из-под спусковых салазок, выдерживать уд. давление судна; б) под влиянием тепла, выделяемого при движении судна, принимать жидкую или кашцеобразную консистенцию, чтобы иметь наименьший коэффициент трения; в) быть мягче под носовыми звеньями спускового устройства и более твердой и тугоплавкой под кормовыми звеньями как находящимися более длительное время в работе. Насалка производится на поверхность только фундаментных полозьев. Лучше было бы иметь двустороннюю смазку, т. е. и на салазках также, но практическое ее осуществление весьма затруднительно. При спуске тяжелых судов толщина насалки составляет 12—15 мм, при спуске средних 8—10 мм и наконец легких 3 мм. Для судов до 100 т спускового веса трущиеся поверхности достаточно пропитать смазочным материалом и нанести его самым тонким слоем. Перед нанесением насалки поверхность фундаментных полозьев полезно осторожно подсушить. Рекомендуется наносить насалку в 2—3 слоя, из к-рых ближайший к полозку делается тверже путем соответствующего подбора составных частей насалки.



Фиг. 22.

После нанесения насалки производят установку на место салазок и окончательную сборку подбрюшников, копыльев и т. п. Чтобы салазки не портили при затаскивании на место и при дальнейшей сборке насалки, на поверхность ее укладывают клиновые железные полосы. Когда сборка спускового устройства закончена и установлены все спусковые кильблоки, судно переставляют со строительных опор на спусковые салазки. Для этого подбивают клинья между нижней и верхней частями салазок. Забивка идет равномерным числом одинаковых по силе ударов в последовательном порядке клиньев; ее производят до того момента, пока клинья не перестанут поддаваться дальнейшим ударам. Для больших судов забивку клиньев производят романами (деревянными брусьями с металл. наконечниками) или подвесными бабами, приводимыми в движение 3—4 рабочими. После подбивки клиньев значительная часть веса судна

переносится на клинья, и судно начинает двигаться. После того как судно сдвинулось, клинья вынимают, и судно продолжает движение по салазкам. Если судно не движется, клинья забивают глубже. После того как судно сдвинулось, клинья вынимают, и судно продолжает движение по салазкам. Если судно не движется, клинья забивают глубже.

передается на спусковые салазки, а легкие суда садятся на них, т. ч. все упоры и подставки падают сами собой. Поэтому после подбивки клинчев частично убирают строительные опоры-клетки, упоры и подставки, а также и строительные леса. За 1—2 дня до спуска убирают остальные подставки, оставляя спусковые киль-блоки, к-рые убирают обычно в день спуска, когда судно окончательно садится на спусковые салазки. Перед спуском производят осмотр спускового устройства и самого судна, чтобы убедиться в надежности и исправном состоянии их во избежание могущих быть неприятных последствий. Самый спуск требует 200—500 чел. и производится согласно особому распоряжению, в котором указывается порядок действий, сигнализации и другие подробности, а также приводится поименный список всех участников спуска с указанием обязанностей каждого. При составлении расписания приходится учитывать всякие могущие быть осложнения, напр. зажим стрел, отказ в работе гидравлич. курков. Вследствие этого приходится назначать людей в гораздо большем количестве, чем это нужно для нормального спуска. Если судно после применения толкачей или ваг все же не трогается с места, то снова под судно устанавливают блоки, подставки, клетки и упоры, спусковое устройство разбирают и осматривают с целью выяснения причины остановки. Затем все приведенные выше операции повторяют снова. Реакции носовых и кормовых копыльев несут характер сосредоточенного давления на отдельные участки обшивки судна. Это давление бывает большим и может вызвать повреждение корпуса. Поэтому необходимо, чтобы копылья упирались в обшивку против узлов крепления, напр. в поперечные переборки, у палуб в местах пересечения шпангоутов со стрингерами. У носовых копыльев ставят внутри судна специальные конструкции, усиливающие прочность судна в местах упора в него копыльев.

Лит.: Б у б н о в И., Спуск судов на воду, «Морской сборник», СПб, 1900, 2—3; Ц е х а н о в и ч В., Спуск судов на воду, 1931; Ш л е з и н г е р Г., Курс корабельной архитектуры, т. 1, СПб, 1900; Ш е р ш о в А., Практика кораблестроения, ч. 1, Устройство корабля, ч. 2, Проектирование, постройка и ремонт корабля, СПб, 1912; Х а р и т о н о в и ч Б., Пловучесть и устойчивость судов (литогр.); П а в л е н к о Г., Исследования по спуску судов, Сб. «Теория и практика судостроения», Л., 1927, вып. 1; В е р г у, «Shipbuilding», Л., 1926, з. С. Яковлев.

СТАБИЛИЗАТОР в пороходелии, вещество, вводимое в состав *бездымного пороха* (см.) для увеличения времени безопасного его хранения, в течение к-рого порох сохраняет свою химич. стойкость. В бездымных порохох присутствуют следы к-т и несложных нитропродуктов, остатки и продукты окисления спиртоэфирного растворителя; оказывают влияние тепло и атмосферные условия (влажность), а также условия фабрикации пороха. Совокупность приведенных факторов вызывает разложение пороха с выделением окислов азота, к-рые в присутствии воздуха и воды, находящихся в порохе, образуют азотистую и азотную к-ты. Разложение, сначала медленное, при повышении концентрации кислот переходит в энергичное, влекущее за собой самовоспламенение пороха. Введенный в состав пороха С. вступает во взаимодействие с окислами азота и образующимися к-тами и дает невзрывчатое химич. соединение, не оказывающее действия на составные части пороха; т. о. при наличии С. медленное разложение пороха не прекращается, но пред-

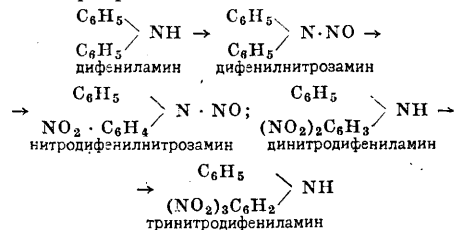
отвращаются его опасные последствия. Убыль веса, определяемая взвешиванием через установленные промежутки времени двух образчиков пироксилинового пороха, приотговленных из одного и того же пироксилина—один с С., другой без С.—при нагревании при t° 110 и 75° , показывает, что энергичное разложение наступает

у пороха без С. при t° 110°	через 16 час.
» » » » 75°	» 16 сут.
» » со С. » » 110°	» 64 час.
» » » » 75°	» 64 сут.

Время безопасного хранения: для пороха без С. 1 г. 4 м., со С.—5 л. 4 м.

С. должен удовлетворять следующим требованиям: 1) поглощать выделяющиеся окислы азота, а также азотную и азотистую к-ты; 2) не обладать в заметной степени свойствами, вызываемыми омылением пироксилина и нитроглицерина; 3) вступая в соединение с продуктами разложения, образовывать вещества невзрывчатые, химически постоянные и не действующие на составные части пороха; 4) растворяться в растворителях, применяемых для превращения составных частей пороха в желатинообразное состояние; 5) не оказывать влияния на баллистич. свойства пороха; 6) оказывать надежное действие при незначительном количестве. Лучший С.—дифениламин (C_6H_5)₂NH для пироксилиновых порохов.

Стабилизирующее действие дифениламина заключается в способности химически связывать значительные количества азотистой и азотной к-т; образующиеся при этом продукты—стойкие вещества, не действующие на составные части пороха. Дифениламин до израсходования своих стабилизирующих свойств претерпевает следующие превращения:



Указанные реакции сопровождаются изменениями цвета: желтый—цвет дифенилнитроамина; зеленый—смесь цветов оранжевого нитродифенилнитроамина и голубого—окисления амина; черно-зеленый—динитродифениламина; красно-оранжевый—тринитродифениламина. По изменению окраски пороха, в состав которого введен дифениламин, можно судить о запасе неизрасходованного С.

Для нитроглицериновых порохов в качестве С. применяется «централит № 1» (диэтилдифенилмочевина, см. *Мочевина*). Диэтилдифенилмочевина обладает лучшими стабилизирующими свойствами, чем дифениламин: 1) он не омыляет пироксилин и нитроглицерин; 2) являясь растворителем пироксилина, распределяется по массе пороха равномернее, чем дифениламин. Диэтилдифенилмочевина применяется главным образом для нитроглицериновых порохов, но есть указания на его применение и для порохов пироксилиновых.

Действие различных С. может сравниваться только для порохов одинакового состава. При проведении исследований при различных температурах необходимо предварительно изучить влияние температуры на стабилизатор. Только при

таких условиях можно получить правильную характеристику действия данного стабилизатора.

Лит.: Жуковский Н., Централит и применение его к пороходелию. 1927; Броунс С., Технология пороха, ч. 2, Л., 1927; Овчинников Н., О стабилизаторах, «Бюллетень Научно-технического комитета АУРККА», М., 1930. 5; Buisson, Le problème des poudres, P., 1913; «Memorial des poudres», Paris, 1918. t. 23; Zeitschrift f. das gesamte Schieß- u. Sprengstoffwesen, München, 1929. 5, p. 174; «La Revue de Chimie industrielle et le Moniteur scientifique», Paris, 1929, январь, p. 18.

Н. Овчинников.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ генератора переменного тока—создание условий, при которых частота f переменного тока, производимого генератором, будет поддерживаться постоянной. В современной радиотехнике С. ч. необходима как в машинных радиопередатчиках, так и в ламповых. Методы С. ч. в машинах высокой частоты см. *Радиопередатчик машинный и Высокой частоты машина*, в дальнейшем рассматривается С. ч. только ламповых генераторов (см.).—С. ч. достигается как путем введения в схему лампового генератора специальных компенсаторов, так и применением особых схем, механич. вибраторов, электрич. цепей, устройств и деталей. Величина стабильности частоты определяется отношением $\frac{\Delta f}{f}$, где Δf — величина изменения частоты, обусловленная рядом факторов. В зависимости от характера этих факторов и от применяемых методов С. ч. стабильность естественно будет иметь различные значения.

1. Значение С. ч. в современной технике. Наиболее высокая С. ч. требуется в радиотехнике для лампового генератора (см.), являющегося основным элементом передающей радиостанции. Это требование вызвано переуплотнением радиоэфира и следовательно необходимостью экономии частот. Для избежания взаимных помех между радиостанциями, нарушающих нормальную их эксплуатацию, приходится прибегать к ряду мер, касающихся распределения частот и твердой их фиксации, а также и к мерам экономии частот в эфире (работа комплекса радиостанций на одной волне, передача в эфир одной боковой полосы частот, сужение колос частот, уменьшение посторонних излучений и т. д.). В свою очередь все эти меры требуют необходимости С. ч. и известной нормализации в этой области.—Требования большой С. ч. передатчиков предъявляются также техникой радиоприема, ибо избежать выхода принимаемой станции из диапазона настройки приемных устройств, проектируемых теперь с большой избирательностью (см.), т. е., иначе говоря, иметь надежную радиосвязь, можно только при наличии большой С. ч. передатчиков.

Другие области применения ламповых генераторов в современной радиотехнике также в большинстве случаев требуют наличия большой С. ч. Так напр., большая С. ч. необходима в ламповых генераторах, используемых в специальных приемных устройствах и других установках. Из применений ламповых генераторов в измерительной технике исключительно высокая С. ч. требуется в тех случаях, когда измеряемая величина существенно зависит от частоты, а также в специальных ламповых генераторах, являющихся источниками эталонных частот.

2. Причины, вызывающие изменения частоты. Рассматривая ламповый генератор с самовозбуждением, осуществленный по любой из известных схем (напр. трансформаторной, трех-

точечной и др.), являющийся источником переменного тока в собственном смысле слова, можно отметить ряд причин, вызывающих изменение частоты этого тока. Как показывает расчет и что подтверждается экспериментально, частота лампового генератора является функцией всех параметров генератора, в том числе и параметров электронной лампы, определяемых ур-ием ее характеристики. Т. е. угловая частота

$$\omega = F(L_{\text{кн.}}, C_{\text{кн.}}, \dots, S, R_a, C_{\text{са}}); \quad (1)$$

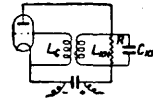
в этом выражении $L_{\text{кн.}}$ и $C_{\text{кн.}}$ — самоиндукция и емкость колебательного контура генератора, $S, R_a, C_{\text{са}}$ — соответственно крутизна характеристики лампы, внутреннее сопротивление и емкость «сетка—анод» лампы и др. Поэтому изменение частоты лампового генератора будет всегда иметь место, если изменяется любой из его параметров. Параметры же генератора могут изменяться от следующих причин: 1) от изменения напряжений питания; 2) от изменения нагрузки, если генератор связан с другими электрич. цепями, что фактически всегда имеет место; 3) от емкостных влияний и влияния внешних электромагнитных полей; 4) от изменения t° деталей генератора вследствие нагревания их циркулирующими в них токами или извне; 5) от всякого рода механич. воздействий (сотрясения и др.); 6) от изменения влажности, атмосферного давления и других качеств внешней среды, и т. д. Всего примерно можно насчитать свыше 10 причин, из них наиболее заметными являются первые 5 причин, над устранением влияния к-рых больше всего работала и работает человеческая мысль. Учет максимального числа возможных причин и заботы об устранении их влияния особенно бывают нужны при изготовлении ламповых генераторов очень большой стабильности, например служащих в качестве эталонов частот и т. п. Вопрос о С. ч. лампового генератора с посторонним возбуждением естественно не имеет смысла, т. е. сам по себе такой генератор не создает колебаний, и частота его, равно как и стабильность этой частоты, определяются *задающим генератором* (см.). В генераторе с посторонним возбуждением может быть изменение частоты проходящего через него тока лишь в том случае, если он является неустойчивой нагрузкой задающего генератора, или в том случае, если лампы его настолько мощны, что заметно изменяют t° окружающей среды, тем самым воздействуя на задающий генератор. Все перечисленные причины можно разделить на два рода: причины электрического порядка (сюда относятся первые три причины) и причины не электрич. порядка (все остальные). Характер методов С. ч. естественно различен в том и другом случаях. Прямые методы, которые напрашиваются сами собой для С. ч., напр. поддержание питающих напряжений постоянными при помощи специальных приспособлений [напр. пример *балластного сопротивления* (см.), регулятора и т. п.] или поддержание постоянства t° деталей генератора через сохранение постоянства t° внешней среды (термостаты с терморегуляторами и т. п.), не являются достаточными или легкими, как это может показаться с первого взгляда, хотя они иногда и применяются. В настоящее время предложены более простые и эффективные методы С. ч., явившиеся результатом теоретич. изучения работы лампового генератора и вопросов, касающихся

его параметров. Выбор и применение тех или других из таких методов очевидно зависят от того, какая причина неустойчивости является доминирующей, какая требуется стабильность, какая частота д. б. стабилизирована (низкая, высокая и т. п.) и от других конкретных условий практики.

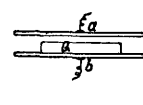
3. Теория С. ч. при влиянии причин электрического порядка. Развитие методов С. ч. при влиянии на частоту лампового генератора факторов электрич. порядка имеет в основном три направления, получивших следующие наименования: 1) методы параметрич. стабилизации, 2) методы механич. стабилизации (путем применения механич. систем), 3) комбинированные методы, состоящие в применении первых в комбинации со вторыми. Сущность параметрич. методов заключается в том, что на основе изучения работы лампового генератора как сложной колебательной системы выясняются соотношения между параметрами генератора, при к-рых имеет место бóльшая стабильность частоты. Получение требуемых соотношений достигается как путем подбора схем, особого устройства цепей, подбора деталей, так и введением дополнительных параметров в схему. Сущность методов механич. С. ч. состоит в том, что в схему лампового генератора вносят один из механич. вибраторов, эквивалентных электрич. колебательным цепям с очень острой настройкой. Этими последними (камертоны, пьезокристаллы, магнитостриктивные стержни и др.) или дополняют (режим затягивания) или заменяют (режим осцилляторный) одну из обычных колебательных цепей лампового генератора. Поскольку применяемый для С. ч. механич. вибратор часто можно рассматривать как эквивалентную электрич. цепь, то, вообще говоря, при теоретич. рассмотрении вопроса С. ч. резкой грани между параметрич. и механич. методами не проводят и в известных случаях применяют общий теоретич. подход и анализ. При практич. же использовании этих методов каждый из них имеет свои особенности, к-рые будут упомянуты ниже.

а) С. ч. при неустойчивости на протяжении питания. При теоретич. рассмотрении этот вопрос обычно сводится к определению вида ф-ии (1) и к исследованию ее свойств. Многие исследования этого вопроса разнятся в основном лишь степенью точности вычисления этой ф-ии или некоторыми вариациями методов ее вычисления или исследования. Изменение режима питания, характеризуемое величинами изменения питающих напряжений E_k , E_a , E_c , в основном изменяет характеристику лампы генератора и следовательно изменяет и параметры лампы R_a , R_c , S , а также внутриламповые емкости; учет последних имеет практич. смысл лишь на частотах, соответствующих или близких к ультракоротким волнам, и их влияние поэтому обычно вычисляют особо. Частота ω лампового генератора, выражающаяся ф-ией (1), вычисляется из рассмотрения лампового генератора как электрической колебательной системы. Ламповый генератор, строго говоря, относится к области так наз. автоколебательных систем, т. е. нелинейных систем, способных создавать незатухающие колебания с определенной амплитудой, не зависящей от начальных условий. Результатом этой нелинейности является наличие в ламповом генераторе помимо колебаний основной частоты также гармоник. Но очень часто при определении вида ф-ии (1)

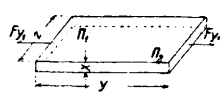
исходят из рассмотрения лампового генератора как линейной системы, т. к. вычисление ω при учете нелинейности довольно сложно, и результаты вычисления иногда не являются достаточно наглядными для получения из них надлежащих выводов. Поэтому далее сначала рассматривается С. ч. с точки зрения линейной теории лампового генератора в классич. схеме последнего (схема Мейсснера, фиг. 1).—Вычисления



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

можно проделать, исходя из дифференциального ур-ия колебаний в системе лампового генератора, но можно также воспользоваться методом комплексных чисел, что дает совершенно эквивалентные результаты. Пользуясь этим последним методом, можно вычислить частоту ω , исходя из т. н. ур-ия Баркгаузена:

$$\bar{K}_{oc} = D + \frac{1}{SZ_{кн.}}, \quad (2)$$

где D —проницаемость электронной лампы, $Z_{кн.}$ —полное сопротивление анодного контура, а \bar{K}_{oc} есть т. н. коэф. обратной связи, определяемый соотношением:

$$\bar{K}_{oc} = -\frac{\bar{E}_c}{\bar{E}_a} \quad (3)$$

и являющийся величиной комплексной. В случае отсутствия активных потерь в цепи сетки и анодного колебательного контура, т. е. гл. обр. при отсутствии сеточного тока, величина \bar{K}_{oc} —действительная. Тогда из ур-ия (2) фазовый угол для $Z_{кн.}$ равен нулю, если D и S считать действительными величинами, что можно делать, предполагая зависимости линейными. И т. к. этот угол примерно находится из равенства

$$\operatorname{tg} \varphi_{Z_{кн.}} \cong \frac{\omega L_{кн.} - \frac{1}{\omega C_{кн.}}}{R},$$

(где R —общее эквивалентное сопротивление потерь), то, приравнявая его нулю, мы получаем для частоты следующее значение:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L_{кн.} \cdot C_{кн.}}} = \omega_0.$$

В этом случае частота лампового генератора ω_0 не зависит от параметров лампы, а следовательно и не будет меняться при их изменениях, происходящих от колебания напряжений питания и других причин. Но этот случай не имеет большого практического значения, так как в частности на практике сеточный ток всегда имеет место. И т. о. в более общем случае нужно принять, что \bar{K}_{oc} , а следовательно и $Z_{кн.}$ —величины комплексные. Полагая, что

$$\bar{K}_{oc} = m \cdot e^{-j\varphi},$$

где $\varphi = \pi - \theta$, m —коэф. пропорциональности и θ —разность фаз между векторами \bar{E}_c и \bar{E}_a , после подстановки в ур-ие (2) значения \bar{K}_{oc} , выраженного через модуль и угол, и после приравнивания действительных и мнимых частей обеих сторон равенства (2) получаем следующие два соотношения:

$$m \cdot S \cdot \cos \varphi - \frac{1}{R_a} = \frac{1}{R}, \quad (4)$$

$$-m \cdot S \cdot \sin \varphi = \omega C_{кн.} - \frac{1}{\omega L_{кн.}}, \quad (5)$$

Т. К.

$$\frac{1}{Z_{кн.}} = \frac{1}{R} + j \left(\omega C_{кн.} - \frac{1}{\omega L_{кн.}} \right).$$

Отсюда после ряда преобразований и упрощений получается

$$\omega = \omega_0 \left[1 - \frac{\left(1 + \frac{R}{R_a} \right) \operatorname{tg} \varphi}{2\pi} \cdot \delta \right], \quad (6)$$

где δ — логарифмич. декремент затухания колебательного контура, при вычислении к-рого учтено полное эквивалентное сопротивление. Стабильность частоты очевидно будет тем больше, чем ближе частота генератора ω к собственной частоте колебательного контура генератора без учета активного сопротивления, т. е. к ω_0 . Для этого нужно, чтобы в равенстве (6) выражение, стоящее в квадратных скобках, было близко к единице. Отсюда следует, что стабильность частоты генератора будет тем больше, чем 1) меньше угол фазы коэф-та обратной связи φ , 2) меньше декремент затухания δ и 3) больше внутреннее сопротивление лампы R_a . Для того чтобы видеть, как уменьшить φ , найдем его выражение через параметры лампового генератора. Если после этого мы подставим в (6) вместо $\operatorname{tg} \varphi$ его выражение, то это окончательно определит и вид ф-ии (1). Для нахождения $\operatorname{tg} \varphi$ воспользуемся ур-иями Кирхгофа:

$$\bar{E}_a = -(R_L + j\omega L_{кн.})I_L + j\omega MI_C;$$

$$\bar{E}_c = j\omega MI_L - j\omega L_c I_c; \quad \bar{E}_c = R_c I_c,$$

причем внутриламповыми емкостями пренебрегаем. Из них можно получить

$$\bar{E}_a = -\bar{E}_c (a + jb),$$

где

$$a = \frac{L_{кн.} R_c + L_c R_L}{M R_c}; \quad b = \frac{R_L R_c + \omega^2 (M^2 - L_{кн.} L_c)}{\omega M R_c},$$

и т. к. ω мало отличается от ω_0 , то окончательно будем иметь

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L}{\omega_0 L_{кн.}} - \frac{\omega_0 L_c (1 - k^2)}{R_c}, \quad (7)$$

где

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_{кн.} L_c}}.$$

Первый член в правой части ф-лы (7) дает сдвиг фазы благодаря наличию активного сопротивления в контуре, второй член характеризует сдвиг фазы вследствие наличия сеточного тока. Первый член обычно бывает мал по сравнению со вторым. Отсюда видно, что $\operatorname{tg} \varphi$ будет тем меньше и следовательно частота будет тем стабильнее, чем больше R_c , т. е. чем меньше сеточный ток, и чем больше коэф. связи. Аналогичные соотношения можно было бы получить также напр. и для трехточечной схемы генератора, и следовательно полученные выводы и в этом случае будут также справедливы. Кроме того можно было бы убедиться из рассмотренной общих выражений для ω для той и другой схем, что трехточечная схема является более выгодной, чем трансформаторная, что подтверждается и экспериментально с точки зрения лучшей устойчивости частоты. Если учитывать внутриламповые емкости, то напр. вычисления, произведенные для трехточечной схемы, дают нек-рую поправку на $\operatorname{tg} \varphi$ для выражения $\operatorname{tg} \varphi_0 = m \cdot \operatorname{tg} \varphi$, где

$$m = \frac{1}{1 - \frac{1-k}{1+k} \frac{C_{c, \kappa}}{C_{кн.} C_{a, \kappa} + C_{кн.} + C_{a, \kappa}}}.$$

Отсюда следует, что изменения внутриламповых

Т. Э. т. XVI.

емкостей $C_{c, \kappa}, C_{a, \kappa}$ будут тем меньше влиять на частоту, чем меньше их значение по сравнению с емкостью контура $C_{кн.}$ (и вообще очевидно, чем меньше их значение по сравнению с емкостями внешних по отношению к лампе частей лампового генератора), а также чем больше k . Можно подойти немного иначе к этому вопросу и тогда получается (для трансформаторной схемы), что эквивалентная емкость в цепи сетки, определяемая соотношением

$$C_c = C_{c, \kappa} + C_{c, a} \cdot \frac{1+k}{k},$$

начинает проявлять себя лишь тогда, когда величина $\omega^2 C_c^2 R_c^2$ становится одного порядка с единицей. Кроме того, как показали эксперименты, можно добиться хорошей стабильности на фиксированной частоте, если включить в цепи анода генератора или в цепи его сетки активные или реактивные сопротивления, величина к-рых зависит от частоты и других параметров генератора. Так как в основном частота тем стабильнее, чем ближе фаза φ к нулю, то любой способ такого фазирования лампового генератора дает надлежащие результаты. Легко видеть, что значения этих «стабилизирующих» сопротивлений войдут в выражение для $\operatorname{tg} \varphi$, и следовательно величина последнего будет зависеть от величины сопротивлений. Этим примерно и ограничиваются выводы линейной теории лампового генератора.

Однако не все из этих выводов подтверждаются экспериментально. Напр. не всегда для лучшей стабильности частоты нужно брать максимальный коэффициент связи k между $L_{кн.}$ и L_c ; часто существует другое наилучшее его значение, а иногда получаются наилучшие результаты при минимальном его значении. И очевидно поэтому принятые в осуществление сделанных выводов меры не всегда приводят к достаточно хорошей С. ч. Такие явления можно объяснить, лишь исходя из более строгой, нелинейной теории лампового генератора. Одновременно эта теория указывает и ряд других мер повышения С. ч. Приведем краткие результаты этой теории. В общем виде для обыкновенной схемы генератора нелинейное дифференциальное ур-ие имеет следующий вид:

$$\frac{d^2}{dt^2} I(t) + \omega_0^2 I(t) = \mu f \left(\frac{dI}{dt} \right). \quad (8)$$

В этом ур-ии положено:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L_{кн.} \cdot C_{кн.}}; \quad \mu = \omega_0 [S(M - DL_{кн.}) - R_L C_{кн.}];$$

$$S = f_i(E_c + DE_a); \quad f(V) =$$

$$= \omega_0 \frac{f_1(E_c + DE_a + (M - DL_{кн.})V) - f_1(E_c + DE_a) - R_L C_{кн.} V}{S(M - DL_{кн.}) - R_L C_{кн.}}$$

где $f(V)$ есть характеристика лампы, которая м. б. задана графически. Решение этого ур-ия дает для ω следующее выражение:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \frac{\mu^2}{2\omega_0^2 B^2} \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot f_n^2, \quad (9)$$

где

$$f_n^2 = \left[\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega_0 B \cos x) \cos nx \, dx \right]^2 + \left[\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\omega_0 B \cos x) \sin nx \, dx \right]^2$$

и где B — амплитуда автоколебаний, которая

определяется по следующему уравнению:

$$\int_0^{2\pi} f(\omega_0 B \cos x) \cos x \, dx = 0.$$

Чем меньше будет вычитаемое правой части ф-лы (9), тем ближе будет частота генератора к частоте, определяемой лишь параметрами контура, и следовательно тем больше будет стабильность частоты. Это в частности требует, чтобы μ было мало, т. е. чтобы было мало отношение

$$\frac{M}{C_{кн.}} - D \frac{L_{кн.}}{C_{кн.}} - DR_L R_a = \frac{1}{C_{кн.}} (M - DL_{кн.}) - DR_L R_a. \quad (10)$$

Т. к. на практике второй член правой части равенства (10) обычно мал по сравнению с первым, то следовательно для наилучшей стабильности нужно в первую очередь, чтобы было мало отношение

$$\frac{M - DL_{кн.}}{C_{кн.}},$$

что при малых M сравнительно с $L_{кн.}$ ведет к требованию малости отношения $\frac{L_{кн.}}{C_{кн.}}$. С другой стороны, члены под знаком суммы в выражении (9) выражаются через коэф. ряда Фурье и связаны с величинами амплитуд гармоник генератора. Если бы все гармоники, начиная со второй, отсутствовали, то вся сумма была бы равна нулю, и частота не зависела бы от режима. Схемы стабилизированных ламповых генераторов, в которых предусмотрено снижение влияния гармоник, имеются. Поэтому уничтожение сеточного тока (равносильное значительному уменьшению $\lg \phi$), сопряженное обычно с появлением большого угла отсечки, не может устранить влияния напряжений питания на частоту, так как гармоники генератора не уничтожаются и их относительная величина будет изменяться при изменении этих напряжений. Вследствие того что кривая анодного тока лампового генератора может больше искажаться при наличии сильной связи между $L_{кн.}$ и L_0 (напр. в случае перенапряженного режима), максимальный коэф. связи может оказаться и не наилучшим.

Все приведенные общие соображения относительно С. ч. в известной степени приложимы и к генераторам с механич. стабилизацией. Способы механич. стабилизации заключаются в использовании в первую очередь явлений *электрострикции* (см.) и *магнитоэлектрики* (см.), наблюдающихся у ряда твердых тел. В первом случае (при использовании электрострикции) стабилизация обычно называется также «кварцевой» (см. *Пьезокварц*) вследствие того, что в качестве стабилизаторов используют чаще всего препараты, изготовленные из кристаллов кварца, в к-рых явление электрострикции имеет место. Метод в основном заключается в том, что вырезанная надлежащим образом по отношению к осям монокристалла кварца пластинка (или кольцо, диск и др.) включается в ту или иную цепь лампового генератора в совокупности с другими колебательными контурами или даже без них. Включение пластинки производится т. о., что она свободно помещается между двумя электродами (фиг. 2), к-рые приключаются к соответствующим точкам в ламповом генераторе. Вследствие наличия в пластинке кварца прямого и обратного пьезоэффекта (см. *Пьезоэлектричество*)

является возможность установления взаимодействия между колебаниями тока в цепях лампового генератора и следовательно между электродами пластинки и колебаниями этой последней. Под воздействием переменного электрич. поля между электродами кварцевая пластинка начинает также колебаться с частотой поля. Если частота поля будет близка к собственной частоте пластинки как упругой механич. системы, то наступит явление *резонанса* (см.) первого рода, и амплитуда колебаний пластинки будет особенно велика. Но при колебаниях пластинки на ее поверхностях будут появляться электрич. заряды (в этом и заключается сущность прямого пьезоэффекта), которые будут образовывать собственное переменное поле, к-рое и будет взаимодействовать с полем между электродами. Вследствие того что коэффициент затухания пластинки очень мал, достаточно сильные колебания пластинки будут лишь при резонансе. В связи с этим для облегчения изучения работы лампового генератора с пьезокристаллом является возможность заменить мысленно кварцевую пластинку некоторым эквивалентным колебательным электрич. контуром, параметры которого определяются сл. образом. Рассчитаем электрич. проводимость кварцевой пластинки, изображенной на фиг. 3. Направления x , y и z совпадают с направлениями ребер пластинки и соответствуют электрической 1-й, электрической 2-й и оптич. осям. Пусть пластинка располагается между электродами т. о., что ее плоскости Π_1 и Π_2 становятся параллельно плоскостям электродов, причем к последним приложена разность потенциалов V . Эта разность потенциалов вызывает изменение размера пластинки вдоль x , что эквивалентно некому давлению

$$F_x = H \frac{V}{x},$$

где H — т. н. пьезоэлектрич. константа. Опыты Кюри установили, что давление вдоль оси x эквивалентно, в смысле пьезоэффекта, растяжению вдоль оси y . Если F_{y_1} — сила, растягивающая вдоль y в одном направлении, то согласно Кюри можно написать т. о.:

$$F_{y_1} = F_x \cdot z \cdot x = H \cdot V \cdot z.$$

Тогда полная сила в обоих направлениях

$$F_y = 2F_{y_1} = 2H \cdot V \cdot z,$$

относительное же удлинение пластинки вдоль y будет $\frac{2\Delta y}{y}$. Деформация вдоль y вызовет появление зарядов на плоскостях Π_1 и Π_2 . Величина этих зарядов будет:

$$Q_1 = H \cdot \frac{2\Delta y}{y}.$$

Кроме того появятся еще дополнительные заряды вследствие наложения между плоскостями Π_1 и Π_2 напряжения V величиной

$$Q_2 = \frac{\epsilon V}{4\pi x},$$

где ϵ — диэлектрическая постоянная. В результате появится ток смещения через пластинку, определяемый обычным образом

$$I = S \cdot \frac{dQ}{dt} = S \frac{d}{dt} (Q_1 + Q_2) = S \left[\frac{2H}{y} \frac{d\Delta y}{dt} + \frac{\epsilon}{4\pi x} \cdot \frac{dV}{dt} \right].$$

Величина $\frac{d\Delta y}{dt}$ есть скорость изменения дли-

ны пластинки, обозначаемая далее \bar{U} . Рассматривая установившийся режим и переходя к векторам, будем иметь

$$\bar{I} = S \left(\frac{2H}{y} \cdot U + \frac{\epsilon}{4\pi x} j\omega \bar{V} \right). \quad (11)$$

Вектор скорости из механич. аналогий выражается т. о.:

$$\bar{U} = \frac{\bar{F}_y}{Z_m},$$

где Z_m —механич. импеданс (полное сопротивление):

$$\bar{Z}_m = r + j \left(\omega m - \frac{S}{\omega} \right)$$

и где

$$\bar{F}_y = 2H\bar{V} \cdot z.$$

Подставляя все эти значения в ф-лу (11), будем иметь

$$\bar{I} = S \left[\frac{2H}{y} \cdot \frac{2Hz}{Z_m} \bar{V} + \frac{\epsilon}{4\pi x} j\omega \bar{V} \right]$$

и т. к. $S = z \cdot y$, то

$$\bar{I} = \bar{V} \left[\frac{(2Hz)^2}{Z_m} + \frac{z \cdot y \cdot \epsilon}{4\pi x} j\omega \right].$$

Но $\frac{z \cdot y \cdot \epsilon}{4\pi x} = C_{кв.}$ —емкость кварцевого конденсатора. Вводя обозначение $(2Hz)^2 = A^2$, получим далее

$$\bar{I} = \bar{V} \left[\frac{1}{\frac{r}{A^2} + j \left(\omega \frac{m}{A^2} - \frac{S}{\omega A^2} \right)} + j\omega C_{кв.} \right].$$

Если же написать

$$\frac{\bar{I}}{\bar{V}} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R_{кн.} + j \left(\omega L_{кн.} - \frac{1}{\omega C_{кн.}} \right)} + j\omega C_{кв.},$$

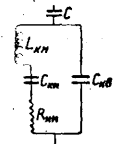
где Z —полное электрич. сопротивление колебательного контура, тогда параметры эквивалентного контура будут

$$R_{кн.} = \frac{r}{A^2}; \quad L_{кн.} = \frac{m}{A^2}; \quad C_{кн.} = \frac{A^2}{S},$$

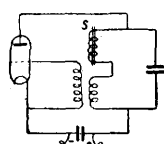
и эквивалентный контур примет вид, изображенный на фиг. 4, где также указана еще емкость C , соответствующая емкости зазора меж-

Что касается магнитоотрицательной С. ч., то простейшей схемой магнитоотрицательного генератора является схема, которая изображена на фиг. 5. Магнитоотрицательный стержень s помещается в середине катушки самоиндукции, являющейся частью самоиндукции контура. Так же как и в случае стабилизации кварцем, при совпадении частот генератора с собственной частотой стержня, последний придет в сильные колебания. При колебаниях же стержня вокруг него образуется переменное магнитное поле, которое будет действовать на катушку генератора. Т. о. установится взаимодействие между генератором и стержнем. Декремент затухания магнитоотрицательного осциллятора, который также м. б. заменен некоторым эквивалентным контуром, больше, чем кварцевого осциллятора, но меньше, чем у обычного электрич. колебательного контура. По устойчивости он также занимает промежуточное положение. Некоторое снижение устойчивости у магнитоотрицательного генератора по сравнению с кварцевым происходит еще потому, что у магнитоотрицательных генераторов трудно осуществить т. н. осцилляторный режим (см. дальше). В большинстве случаев здесь мы имеем режим затягивания. Но пьезокварцевые и магнитоотрицательные генераторы имеют и свои особенности по сравнению с обычным генератором. Так напр., помимо того что они дают хорошую устойчивость частоты при изменении напряжений питания лампового генератора, они позволяют также изменять в довольно широких пределах параметры цепей генератора помимо параметров лампы. Так напр., они допускают растройку других контуров лампового генератора, если таковые имеются в схеме, без заметного изменения частоты. Это обстоятельство имеет очень большое значение при устранении влияния нагрузки.

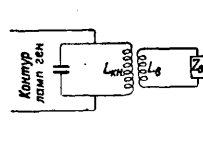
б) С. ч. при неустойчивости нагрузки. Ламповый генератор с самовозбуждением обычно всегда работает с нагрузкой на ту или иную связанную с ним электрич. цепь. В радиоустройствах чаще всего нагрузкой на генератор является цепь сетки другого лампового каскада (усилителя, детектора). Принципиальная схема нагрузки как некоторого апериодического, а иногда и колебательного контура изображена на фиг. 6; Z_0 , как уже указывалось, является чаще всего входным сопротивлением «сетка—нить» лампы. Всякое изменение величины Z_0 (могущее напр. происходить от изменения напряжений питания) нагрузочного каскада поведет к изменению эквивалентного сопротивления в колебательном контуре лампового генератора, что фактически равносильно изменению параметров колебательного контура, отчего изменятся и частота лампового генератора. Но возможен и второй способ соединения лампового генератора с нагрузкой, когда мощность на последнюю отбирается с ламповых электродов. В зависимости от метода приключения нагрузки м. б. применены те или другие способы защиты от влияния нагрузки на частоту лампового генератора. — В первом случае принципиально возможны следующие методы защиты: 1) очень малая связь между L_0 и $L_{кн.}$, что обычно ведет к необходимости брать невыгодное отношение мощностей задающего генератора и последующего каскада, 2) шунтирование Z_0 малым сравнительно с ним постоянным сопротивлением, так что общее сопротивление вследствие этого будет



Фиг. 4.



Фиг. 5.



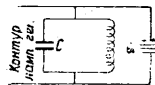
Фиг. 6.

ду пластинкой кварца и пластинками электродов. Рассмотрение кварцевой пластинки как обычного колебательного контура дает в известной мере право применить и к этому случаю общие соображения о устойчивости лампового генератора, изложенные выше. Подсчет значений $R_{кн.}$, $C_{кн.}$ и $L_{кн.}$ эквивалентного контура кварца дает для них очень своеобразные значения, например $L_{кн.}$ —порядка десятков н, $C_{кн.}$ —порядка сотых долей см, $R_{кн.}$ —порядка тысяч Ω и C —порядка нескольких см. Логарифмич. декремент такого контура примерно в 1 000 раз меньше, чем таковой же обычного электрич. колебательного контура (для обычного контура δ порядка $4\pi \cdot 10^{-2}$, для эквивалентного контура $\sim 4\pi \cdot 10^{-5}$). Отсюда на основании ф-лы (6) вытекает, что частота лампового генератора с кварцем как колебательным контуром будет очень стабильна при изменениях напряжений питания.

меньше изменяться при изменении Z_0 , что фактически тоже требует некоего повышения мощности возбудителя по сравнению с мощностью возбуждаемого каскада. 3) установление между нагрузкой и возбудителем промежуточного лампового каскада или цепи слабой мощности, в к-ром приняты специальные меры обеспечения его постоянства как нагрузки и защиты от влияния последующих каскадов. Такой промежуточный каскад называется буферным каскадом.—Для устранения влияния нагрузки во втором случае при наличии небольших колебаний Z_0 достаточно бывает стабилизировать задающий генератор от влияния изменений напряжений питания. Действительно, т. к. изменения нагрузки будут в этом случае изменять в первую очередь внутриламповые параметры, то ее действие следовательно равносильно действию изменения напряжения питания, а потому и не требует особых способов стабилизации в этом случае. Значительно проще освободиться от влияния нагрузки на частоту в механически стабилизированных генераторах. Это происходит потому, что механически стабилизированные генераторы, как уже указывалось, допускают резкое изменение любых параметров генератора без заметного изменения частоты. Действительно, эквивалентный контур кварца (без держателя) обладает существенной особенностью, заключающейся в том, что его параметры не подвержены электрич. влияниям (поднесение проводников и др.), как это имеет место для обыкновенного контура.

Кварцевый генератор, как это выяснено, может работать в двух режимах. К-рые получили название режима затягивания и режима осцилляторного. Первый случай соответствует обычному затягиванию в ламповом генераторе, к-рое имеет место, если его колебательный контур связан достаточно сильно с другим колебательным контуром, настроенным на частоту первого (коэф. связи $k > \frac{\delta_2}{\pi}$, где

δ_2 —декремент затухания колебательного контура, связанного с контуром лампового генератора). Такой режим можно получить, установив например пластинку кварца Q параллельно колебательному контуру генератора (фиг. 7). Затягивание в кварцевом генераторе будет иметь место при самой слабой связи кварцевой пластинки с генератором, т. к. величина $\frac{\delta_2}{\pi}$ очень мала вследствие малости декремента затухания кварца δ_2 . Стабилизирующая способность кварца в этом случае легко объясняется из кривых полной проводимости кварца, имеющих вид, изображенный на фиг. 8 (сопротивлением $R_{кв}$ при этом пренебрегаем). Если бы мы захотели заменить всю систему одним эквивалентным конденсатором C_0 , то емкость этого конденсатора изменялась бы от частоты так, как это изображено на фиг. 9. Если емкость колебательного контура C (фиг. 7) почему-либо уменьшится, то это вызовет повышение частоты. Но при этом изменится проводимость кварца т. о., что это будет соответствовать увеличению эквивалентной емкости кварцевой пластинки, что и компенсирует изменение частоты. Очевидно компенсация возможна лишь в нек-рых пределах. Если такие пределы будут превзойдены, то кварц не только не будет стабилизировать, но совершенно расстроит систему.



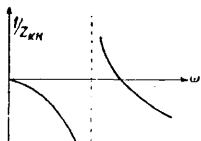
Фиг. 7.

Осцилляторный режим кварцевого генератора, в каком может напр. работать схема, изображенная на фиг. 10, характеризуется тем, что генератор работает лишь при наличии кварца, т. е. при отсутствии кварца условия самовозбуждения в схеме не соблюдены. Поэтому другие контуры в ламповом генераторе играют лишь вспомогательную роль, и они не могут навязать ему своей частоты, отчего и возможна их большая расстройка без существенного изменения частоты. Расстройка допустима до тех пор, пока не будут нарушены условия самовозбуждения в схеме, после чего колебания прекратятся.

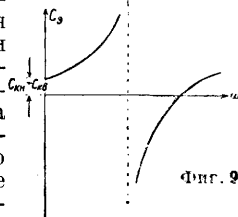
Магнитоотрицательный генератор в отношении способности допускать расстройку характеризуется фиг. 11, на к-рой выше оси абсцисс дана кривая изменения общего индуктивного сопротивления контура магнитоотрицательного генератора, в катушку к-рого включен стержень. Резкое падение реактивного сопротивления соответствует резонансу стержня. Ниже оси абсцисс указаны две кривые изменения емкостных реактивных сопротивлений для двух различных постоянных значений емкости. Как видно из фиг. 11, для частот, приближающихся к механич. резонансу стержня, между точками a и b имеется группа значений индуктивных сопротивлений, вполне пригодных для уравнивания любого емкостного реактивного сопротивления в диапазоне от C_1 до C_2 при ничтожных изменениях частоты $\Delta\omega$; т. о. сравнительно большое изменение емкости C контура вызывает лишь небольшое изменение частоты $\Delta\omega$. Поэтому степень С. ч. будет тем больше, чем острее будет механич. резонанс стержня и чем больше магнитоотрицательность стержня, т. к. в этом случае будет более глубокий спад кривой X_L на фиг. 11.

Т. о. как в случае кварцевого, так и магнитоотрицательного генераторов, благодаря их способности допускать расстройку контуров лампового генератора без изменения частоты, влияния нагрузки не приходится опасаться в такой мере, как для обычных генераторов. Тем более не приходится опасаться влияния, когда нагрузка подана на детали схемы, влияющие на параметры лампы. Однако в том случае, когда велики колебания нагрузки Z_0 и когда требуется очень высокая стабилизация частоты генератора, все же необходимо принимать меры предосторожности, как и для обычного генератора.

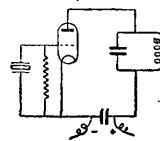
в) С. ч. при влиянии на частоту внешних полей и проводников. Принципиально ясно, что приближение или удаление проводников по отношению к ламповому генератору будет изменять его частоту



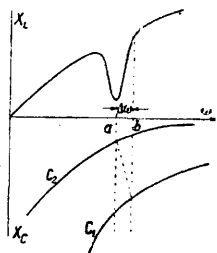
Фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

вследствие изменения дополнительных (в большинстве паразитных) емкостей в схеме генератора, с одной стороны, а с другой, — вследствие потерь в проводниках, которые эквивалентны некому активному сопротивлению, включенному в колебательный контур генератора. Что касается действия внешних электромагнитных полей, то оно сказывается в основном через наведение на детали генератора посторонних эдс, к-рые изменяют распределение и величины токов и напряжений в ламповом генераторе. Особенно вредным это действие может оказаться в том случае, когда частота внешнего электромагнитного поля близка к частоте лампового генератора или является унтер-тоном частоты лампового генератора. В этом случае, даже при очень слабом внешнем поле, может иметь место явление «захватывания» (увлечения) (см. *резонансный прием*), заключающееся в том, что частота лампового генератора вступает в синхронизм с частотой внешнего поля, и если последняя неустойчива, то неустойчива будет и частота лампового генератора в такой же мере. Мерой защиты в обоих случаях является *экранирование* (см.) лампового генератора. При экранировании внешних переменных электромагнитных полей необходимо для случая экрана из магнитопроницаемого материала иметь в виду, что: 1) при постоянных проводимости и толщине стенок экрана экранирование увеличивается с увеличением частоты поля; 2) при постоянных частоте поля и проводимости экранирование растет с утолщением стенок экрана; 3) при постоянных частоте поля и толщине стенок экранирование растет с увеличением проводимости; 4) экранирование всегда сопровождается увеличением активных потерь экранируемых цепей, причем чем толще экран, тем больше потери. Если материал магнитопроницаем, то экранирование м. б. лучше или хуже по отношению к немагнитным металлам в зависимости от частоты поля, толщины и проводимости. Так напр., для низких частот железный экран лучше, чем медный, а для высоких — наоборот. Ориентировочно подсчет толщины м. б. взят по ф-ле

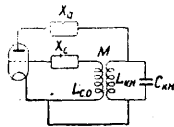
$$d = \frac{\lambda}{\sqrt{\sigma T}},$$

справедливой, строго говоря, для бесконечно большой площади из неферромагнитного металла. В ф-ле λ — длина волны в см, σ — проводимость в CGSE, T — период колебания в сек. В случае экранировки стабилизированных генераторов нужно обеспечивать тем или иным образом жесткость экрана для избежания вибраций его стенок.

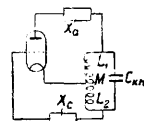
4. Практика С. ч. при влиянии причин электрического порядка. а) С. ч. при неустойчивости и напряжении питания. Основные требования к схеме лампового генератора, выполнение к-рых повысит устойчивость частоты, сформулированы в теоретич. части. При монтаже всякого стабильного лампового генератора нужно прежде всего по возможности уменьшить значение сеточного тока и обеспечить минимум потерь в схеме. Для уменьшения сеточного тока предпочтительнее использовать *гридлик* (см.), а не *батарею* (см.) смещения, т. к. в последнем случае при больших отрицательных смещениях м. б. затруднено возникновение генерации. Для обеспечения минимума потерь в схеме нужно применить обычные способы: изготовление катушек и конденсаторов с малыми углами

потерь, монтаж схемы на панелях из диэлектрика, обладающего малыми потерями, и т. п. Иногда с этой же целью, а также и из других соображений (см. ниже) желательно лампу расколевать. Уже эти меры всегда дадут заметный эффект С. ч. при неустойчивых напряжениях питания. Далее, если возможно, подбирают наимыгоднейшую связь между контурами цепей анода и сетки и наимыгоднейшее отношение $\frac{L_{кн.}}{C_{кн.}}$, что практически обычно связано и с изменением связи. Этими методами можно добиться большой стабильности, особенно на коротких волнах, где другие способы могут внести в схему генератора паразитные емкости и самоиндукции.

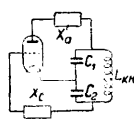
1) Параметрическая С. ч. Дальнейшим шагом для повышения С. ч. является включение в цепь анода или сетки реактивных сопротивлений. На фиг. 12, 13 и 14 изображе-



Фиг. 12.



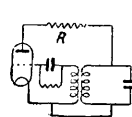
Фиг. 13.



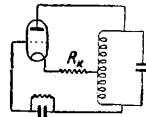
Фиг. 14.

ны соответственно обычная трансформаторная схема (схема Мейснера), схема *треточечная* (см.) с автотрансформаторной связью на сетку (схема Гартлея) и трехточечная с емкостной связью на сетку (схема Колпитца). Все они м. б. стабилизированы аналогичным образом включением X_a или X_c . В схемах Мейснера и Гартлея сопротивления X_a и X_c м. б. лишь емкостные, если используется лишь один X_a или X_c . Если же в цепи сетки уже стоит емкостное X_c (напр. гридлик), то X_a м. б. взято или емкостным или индуктивным. В схеме же Колпитца X_a и X_c м. б. взяты лишь индуктивные при отдельном использовании, при наличии же X_c емкостного X_a м. б. взято или емкостное или индуктивное. Ориентировочно их значения подсчитываются по ф-лам, приведенным в таблице (на ст. 747—748), на практике их приходится подбирать. Если используют для стабилизации лишь X_c емкостное в схемах Мейснера и Гартлея, то получают С. ч. гридликом, причем приходится подбирать не только утечку сетки, но и сеточный конденсатор.

Стабилизация м. б. осуществлена и с помощью дополнительно устанавливаемых в схему чисто активных сопротивлений. Приведем две схемы, указанные на фиг. 15 и 16. На фиг. 15 величину R можно взять такой, чтобы генерация лишь возникла. В схеме же фиг. 16 R колеблется от сотен до нескольких тысяч омов.



Фиг. 15.



Фиг. 16.

Существует наимыгоднейшее R_k для изменения напряжения накала и R для изменения напряжения анода. Так как важно выбрать для схемы такое значение R_k , которое давало бы удовлетворительную стабилизацию по накалу и аноду, то для этого приходится брать величину R между R_k и R_a и ближе к R_k или R_a , смотря по тому, изменяется ли более резко стабильность по накалу или по аноду при различных значениях сопротивления R .

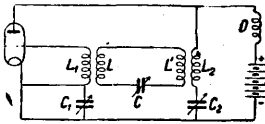
Формулы для подсчета величин стабилизирующих факторов для различных схем (по Дявелянцу Bell Syst. J., 1932, I).

Стабилизация	Схема Мейснера	Схема Гартлея	Схема Кольятца
При стабилизации только X_c	$C_c = C_{кн.} \frac{L_{кн.}}{L_c} \left(\frac{1}{1-k^2} \right)$	$C_c = C_{кн.} \cdot A^2 \left[\frac{L_0}{L_1 + L_2 A^2 - 2MA} \right]$	$L_c = L_{кн.} \frac{C_1}{C_2}$
При стабилизации только X_a	$C_a = C_{кн.} \left(\frac{k^2}{1-k^2} \right)$	$C_a = C_{кн.} \left[\frac{L_0}{L_1 + L_2 A^2 - 2MA} \right]$	$L_a = L_{кн.} \frac{C_2}{C_1}$
При стабилизации X_a при наличии C_c	$C_a = \frac{1}{k^2} \left(\frac{C_{кн.}}{1 - \frac{L_{кн.} C_{кн.}}{L_c C_c}} - 1 \right)$ $L_a = L_{кн.} \left[1 + \frac{1}{k^2} \left(\frac{L_{кн.} C_{кн.}}{L_c C_c} - 1 \right) \right]$	$\frac{1}{C_a} = \frac{1}{C_{кн.}} \left[\frac{L_1 + L_2 A^2 - 2MA}{L_0} \right] - \frac{A^2}{C_c}$ $L_a = L_0 \frac{C_{кн.}}{C_c} A^2 - L_1 - L_2 A^2 + 2MA$	$L_a = L_{кн.} \frac{C_2}{C_1} \left[1 + \frac{C_2}{C_c} \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) \right]$
k —коэф. связи; M —коэф. взаимнойиндукции; $L_0 = L_1 + L_2 + 2M$; $A = \frac{L_1 + M}{L_2 + M}$.			

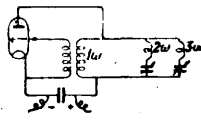
На фиг. 17 дана схема С. ч. по Фроми, основанная на фазировании. Если в схеме соблюдено условие

$$L_1 C_1 = L_2 C_2 = C(L + L'),$$

то сдвиг фаз почти исчезает (небольшой сдвиг фаз все же остается вследствие наличия паразитных связей, к-рые будут тем сильнее, чем короче волна).—Схема Кобзарева, дающая хорошие результаты вследствие устранения влияния гармоник, приведена на фиг. 18. Если



Фиг. 17.



Фиг. 18.

сложный контур, состоящий из трех параллельных ветвей, имеет собственную частоту ω , вторая ветвь настроена на частоту 2ω , а третья на частоту 3ω , то такой контур является активным сопротивлением как для основной частоты, так и для второй и третьей гармоник.

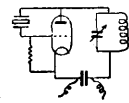
Двухтактные схемы м. б. стабилизированы в частности подбором гридликов у ламп или коэф-тов связи и т. д.; при этом асимметрия в схеме играет большую роль: при опытах на коротких волнах (~ 50 м) напр. получалось, что существуют наиболее выгодные точки подключения проводов питания на катушках анода и сетки.—Схемы, у к-рых стабилизирующим фактором являются активные сопротивления, несколько выгоднее напр. в том отношении, что дают возможность получить более широкую полосу стабильных частот. Особенно выгодна в этом отношении стабилизация гридликом, если емкость гридлика выбирается настолько большой, что она не м. б. наиболее выгодной для какой-либо одной частоты из всей полосы стабилизуемых частот. При применении для С. ч. реактивных сопротивлений стабилизацию полосы частот можно получить лишь искусственным способом, объединяя напр. конденсатор контура со стабилизирующим конденсатором общей осью вращения, т. ч. при изменении частоты изменится и стабилизирующая емкость в нужную сторону. Наконец необходимо еще отметить, что смена ламп в случае их неоднородности иногда заметно изменяет частоту: после замены

одной лампы другой иногда приходится менять величину стабилизирующих факторов.

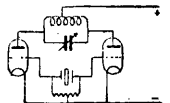
2) Механическая С. ч. Хотя перечисленные выше методы параметрической С. ч. дают возможность получить высокую стабильность частоты, все же применение пьезокварца для целей С. ч. позволяет получить при неустойчивом режиме питания столь большую стабильность частоты, к-рая еще не достигнута каким-либо другим методом. Однако это верно лишь при выполнении целого ряда условий, из к-рых основными являются: 1) наличие чисто осцилляторного режима и 2) как строгое постоянство расположения кварца между электродами держателя и взаимного расположения электродов (для чего используют специальные держатели), так и постоянство емкости, тем или иным образом определяющих параметры цепи сетки лампового генератора. Стабильность частоты при применении пьезокварца повышается с уменьшением декремента затухания кварца.

К числу осцилляторных схем с механич. С. ч. помимо показанной на фиг. 10 принадлежит ряд других, в частности часто встречающихся на практике, как например показанные на фиг. 19 и 20.

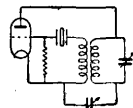
Любая схема самовозбуждающегося лампового генератора, в к-ром пьезокварц заменяет один из контуров, может явиться примером осцилляторного режима. Однако возможны еще и схемы затягивания (фиг. 21, 22) или смешанные (фиг. 23), к-рые обладают меньшей С. ч. Кроме того опасность генерации ча-



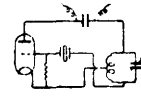
Фиг. 19.



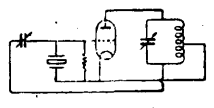
Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.

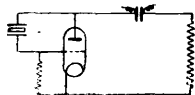


Фиг. 23.

стоты, вовсе не стабилизуемой кварцем, и ряд других недочетов (см. ниже) делают эти схемы мало пригодными для уверенной работы, почему на практике они используются реже. Правда, эти схемы позволяют получить полезную

колебательную энергию большую, чем чисто осцилляторные схемы. Однако в таких условиях, помимо нагрева кварца и следовательно изменения частоты генератора, кварц быстро разрушается. Для таких схем последнее почти всегда имеет место при предельном приближении настройки анодного колебательного контура к собственной частоте кварца, если на анод лампы дано достаточно большое напряжение. К числу схем с чисто осцилляторным режимом относятся также схемы без явно включенных колебательных контуров, как на фиг. 24.

Пьезокварц для целей С. ч. применяется как различных срезов по отношению к осям кристалла, так и различной формы. Распространенными формами являются пластинки в виде прямоугольных параллелепипедов и дисков. Имеют применение также формы колец, цилиндров и стержнейков. Наиболее распространенными срезами являются: а) т. н. перпендикулярный, т. е. когда плоскость пластинки или диска перпендикулярна к одной из электрич. осей, и б) т. н. параллельный,



Фиг. 24.

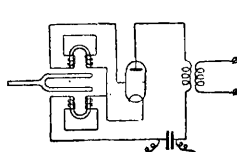
т. е. когда плоскость пластинки или диска параллельна одной из электрич. осей кристалла. Обычно в пластинках или дисках для целей С. ч. возбуждаются продольные или поперечные колебания, хотя иногда в этих же целях используется эффект колебаний кручения или сдвига. В случае низких частот используется эффект продольных колебаний, в то время как для весьма высоких частот м. б. использован исключительно лишь эффект поперечных колебаний (по толщине) пьезокварцевых пластинок. Возбуждение пьезокварцевых пластинок или дисков на обертонах их собственных колебаний, что, вообще говоря, имеет смысл для стабилизации весьма высоких частот, не получило должного распространения по причине значительных трудностей возбуждения и малой мощности колебаний. Однако существуют специальные срезы, позволяющие легко возбудить кварцевую пластинку на 3-й, даже на 5-й гармониках. В современной радиотехнике пьезокварц в той или иной форме изготавливается лишь на волны длиннее 30 м. Причиной этому является трудность возбуждения пластинок с собственной волной короче 30 м, а также хрупкость таких пластин, к-рые в этом случае должны иметь толщину менее 0,3 мм. В тех случаях, когда требуется получить С. ч., соответствующую волнам короче 30 м, прибегают к умножению (чаще всего удвоению) частот пьезокварцевого генератора. Для прямой стабилизации и возбуждения частот в диапазоне ультракоротких волн получили применение пластинки и диски турмалина, обладающего пьезоэлектрич. свойствами, аналогичными пьезокварцу. Благодаря большой механич. прочности (модуль упругости значительно больший, чем у кварца), меньшему волновому коэф-ту (в среднем 85 м на 1 мм толщины, в то время как у пьезокварца при перпендикулярном срезе 105 м на 1 мм, а при параллельном срезе до 150 м на 1 мм толщины) и некоторым другим свойствам (монотонность и пр.) пластинки турмалина позволяют применять их в практических условиях на волны до 2 м длиною. Стабилизация как с помощью пьезокварца, так и с помощью пластинок турмалина может быть достигнута непосредственно лишь при малых мощностях.

Обычные габариты пластинок пьезокварца при возбуждении колебаний по толщине колеблются от 15×15 мм до 30×30 мм. С увеличением габаритов можно стабилизировать большую мощность без опасности разрушения кварца. Так, при размерах 90×110 мм для волн 300÷3 000 м можно применять лампы с мощностью рассеивания на анодах до 200 W при обычной схеме, представленной на фиг. 10. В случае размеров пластинок кварца порядка 20×20 мм для волн 30÷300 м наибольшее рассеивание энергии на аноде лампы допускается до 5 W. В лабораторных условиях применяются специальные схемы, срезы и формы поверхности кварцев, позволяющие получить мощность нескольких сот W при малых габаритах пластинок кварца и стабильности того же порядка, что и при малой мощности. Турмалиновые стабилизаторы в виде дисков для волн 7÷20 м имеют диам. 12÷20 мм в зависимости от типа генераторных ламп. Вместе с понижением генерируемой волны и мощности лампы диам. диска уменьшается (для волн 1,8÷4,0 м диам. порядка 8÷15 мм), что вызывается необходимостью уменьшить емкости цепи «сетка—нить» лампы.

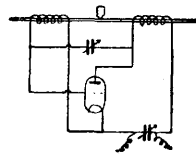
Применение для целей С. ч. при неустойчивом режиме питания камертона тоже может дать большую С. ч. Камертон для непосредственной стабилизации пригоден лишь для низких частот. В типичной для этого метода С. ч. схеме (фиг. 25) камертон *K* закрепляется в стойке и возбуждается ламповым генератором, катушки к-рого снабжены сердечниками, расположенными около ножек камертона. Зависимость между электрическими и механическими колебаниями рассмотрена в работе Ватанабе. Величина собственных колебаний камертона определяется по ф-ле:

$$f = p \frac{d}{(l+\lambda)^2},$$

где *p*—коэф., зависящий от материала (для стали напр. $p = 818,270$), $\lambda = \frac{3}{8}$ мм, *l*—длина ветвей камертона от узлов точек в мм, *d*—толщина ветвей в плоскости колебаний. При изменении напряжения накала камертонного генератора на 10% изменение частоты (в сторо-



Фиг. 25.



Фиг. 26.

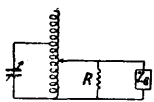
ну уменьшения) получается в среднем 10^{-5} своей величины; изменение анодного напряжения на 10% уменьшает частоту до $0,5 \cdot 10^{-5}$ основной величины. Однако подбором соотношений между цепями анода и сетки, постоянным смещением напряжением на сетку, выбором соответствующего материала для камертона и т. п. можно стабильность частоты камертонного генератора в зависимости от напряжений питания значительно повысить (до миллионной величины). Так напр., сталь дает лучшие результаты, чем ряд других сплавов (инвар, элинвар и т. п.), хотя по ряду других качеств (температурный коэффициент и др.), существенных при С. ч. от влияния иных факторов, сталь значительно им уступает. Подробное экспериментальное исследование камертонного генератора как эталона частоты произведено Дуге.

Для стабилизации фиксированных частот в пределах от нескольких кГц до сотен тысяч может применяться метод С. ч. помощью магнито-стриктивных стержней (см. *Магнитострикция*); типичная схема такой С. ч. дана на фиг. 26. Длина стержня в зависимости от частоты подбирается по ф-ле:

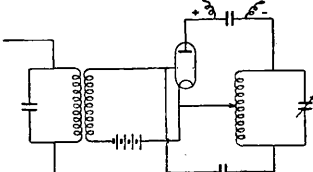
$$l = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

f —частота, E —модуль Юнга и ρ —плотность материала. Для стержней из элинвара легко получают стабильность частоты при 10% -ном изменении E_a или E_k порядка 10^{-4} основной величины. Величина стабильности зависит от ряда факторов, как то: величины магнито-стриктивного коэф-та стержня, величины связи стержня с контуром генератора, подбора параметров генератора, расположения катушек и силы поля подмагничивания и др. Обычно стержень закрепляется неподвижно в узле колебаний, ибо смещение его может заметно ухудшить стабильность; наивыгоднейшим подбором ряда факторов можно добиться т. о. стабильности до 10^{-5} своей величины.

б) С. ч. при неустойчивости нагрузки. Возможны два вида связи нагрузки с ламповым генератором: через контур последнего и через лампу. В зависимости от того или иного вида связи существует ряд схем устранения влияния нагрузки на частоту. При связи нагрузки с контуром лампового генератора простейшая схема защиты изображена на фиг. 27, где параллельно нагрузке Z_n , которая приключается автотрансформаторно к колебательному контуру, включается активное сопротивление R , малое сравнительно с сопротивлением Z_n . Но этот способ не является удовлетворительным, т. к. при нем не смогут быть в достаточной мере компенсированы изменения реактивных составляющих Z_n . Более действительным средством является установление между нагрузкой и генератором буферного каскада, указанного на фиг. 28, причем мощность последнего обычно не больше мощности возбудите-



Фиг. 27.

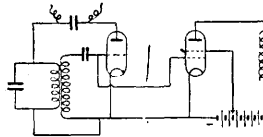


Фиг. 28.

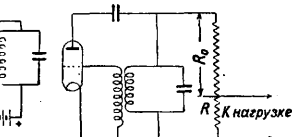
ля. Буфер является защитой, так как: 1) сеточный ток сведен к нулю и 2) приняты меры к устранению влияния колебаний его сопротивления в анодной цепи. Первое достигается с помощью батареи смещения, которая дает на сетку лампы буфера отрицательное напряжение, большее, чем переменное напряжение, поступающее от возбудителя. Действие же анодной нагрузки устраняется при помощи нейтринного конденсатора (на схеме внизу) С или для той же цели используют экранированную лампу.

При связи нагрузки непосредственно на лампу генератора можно указать ряд схем С. ч. (фиг. 29—31). Как указывалось, С. ч. является здесь гарантией того, что частота будет устойчива и при изменениях нагрузки. Но полная компенсация влияния нагрузки была бы лишь тогда, если бы Z_n было чисто активным и если бы изменения Z_n не были больше, чем

изменения внутренних сопротивлений лампы при изменениях режима питания; последнее обычно соблюдается. Реактивное же сопротивление «сетка—нить» лампы нагружающего каскада в значительной степени определяется величиной нагрузки анодной цепи этого каскада благодаря наличию сравнительно большой емкости «сетка—анод». Для уменьшения этой емкости применяют экранированную лампу или устанавливают нейтринный конденсатор. Сопротивление R_0 в схеме фиг. 30 берется доста-

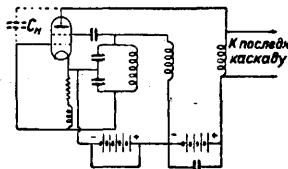


Фиг. 29.



Фиг. 30.

точно большим (сотни тысяч Ω), чтобы не создавать шунта для контура. С небольшой доли этого сопротивления R (порядка нескольких тысяч Ω) подается напряжение к сетке следующего каскада. Такая схема пригодна лишь в тех случаях, когда ламповый генератор используется как гетеродинный волномер или в других аналогичных случаях, т. к. отбираемая от него мощность мала; зато эта схема дает очень хорошие результаты в смысле защиты частоты от влияния нагрузки. Представляет интерес схема Дуу (фиг. 31), в которой использована двухсеточная лампа, а ламповый генератор построен по схеме Колпитца, причем в качестве анода используется вторая сетка лампы; нагрузка включается между второй сеткой и анодом лампы. В промежутке между этими электродами будет проходить часть общего электронного потока, а следовательно будут и колебания напряжения между этими электродами. Нагрузка может сказываться лишь через емкость «вторая сетка—анод», поэтому для устранения влияния этой емкости используют или нейтринный конденсатор C_n или пятый электрод в лампе, устанавливаемый в промежутке «вторая сетка—анод». Напряжения, подаваемые на вторую сетку и на анод лампы, должны подбираться, чтобы избежать их влияния на частоту генератора.



Фиг. 31.

В случае камертонных генераторов для уменьшения влияния изменений нагрузки применяется метод акустической связи. В камертоне помещают микрофон, к-рый действует на усилитель и далее по назначению. Здесь микрофон в обратную сторону уже не действует и между контурами отсутствуют электрические обратные связи. Если необходимо уменьшить специфич. микрофонный шум, то используют специальные фильтры. Такого рода метод уменьшения влияния нагрузки следует применять лишь в случае требований весьма большой С. ч.

5. С. ч. при изменении темп-ры. Изменение частоты лампового генератора при изменении t° деталей его схемы на 1° может в отдельных случаях доходить до $200 \div 300 \cdot 10^{-6}$ от основной частоты. Для генераторов, стабилизированных кварцем, это изменение порядка $10 \div 100 \cdot 10^{-6}$ и для магнито-стриктивных генераторов с элин-

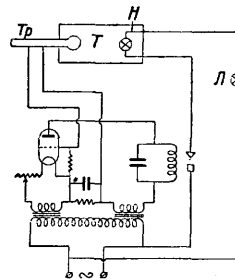
варовыми стержнями $10 \div 15 \cdot 10^{-6}$. В малоомощных генераторах изменение t° деталей происходит исключительно при изменении t° окружающей среды. В мощных ламповых генераторах нагревание деталей схемы может происходить вследствие активных потерь при наличии больших токов, циркулирующих в контуре и других частях схемы. Наиболее актуальной проблемой является устранение влияния колебаний внешней t° , т. к. мощные задающие ламповые генераторы в настоящее время строятся в меньшем количестве и t° внешней среды более неустойчива и изменяется более резко, чем t° от нагревания токами. В методике устранения влияния t° на частоту существуют два направления: 1) устранение самой причины, т. е. сохранение постоянства окружающей t° , и 2) способы компенсации, заключающиеся в том, что детали схемы генератора устроятся неизменяемыми от t° или такими, чтобы изменения различных параметров при нагревании изменяли частоту в противоположных направлениях, так что в итоге совместного изменения частота лампового генератора оставалась бы постоянной. Первые способы в основном применяются для обеспечения постоянства частоты механически стабилизированных генераторов; вторые способы предпочтительнее применять для обыкновенных генераторов.

а) Обеспечение постоянства внешней t° достигается применением способов заключения всего генератора или отдельных цепей в *термостат* (см.) с автоматич. регулировкой t° . Современные термостаты состоят из нескольких слоев тепловой изоляции, содержащихся внутри термостатической камеры, затем металл. распределителя тепла и нагревающей обмотки (электрич. печки). Теплоизоляция стенок камеры подбирается обычно с таким расчетом, чтобы промежуток времени, в течение к-рого нагревающие элементы находятся в действии, был наименьший. Однако скорость нагревания д. б. не слишком велика, дабы имело место равномерное повышение t° во всех точках камеры. Вообще необходимо стремиться к тому, чтобы градиент t° в пределах камеры был возможно меньше, для чего форма камеры д. б. в виде шара, цилиндра или куба. Нагревающие элементы размещаются по всей внутренней поверхности камеры. Для того чтобы колебания t° внутри термостата около среднего значения были минимальны, материалы обычно берутся в следующей комбинации: 1) наружная камера из дерева, пертинакса или аналогичного материала; 2) далее слой изолирующего материала в виде войлока и т. п.; 3) слой воздуха; 4) распределитель тепла в виде медной сетки или цилиндра, на к-ром равномерно распределяется слой асбеста с нагревающей сетью; 5) далее слой теплопроводящего материала (алюминий, медь и т. п.); 6) затем слой воздуха и наконец 7) объект, t° к-рого необходимо поддерживать постоянной. Степень колебания t° около ее средней величины зависит от чувствительности и постоянства работы применяемого терморегулятора. В настоящее время применяются: ртутно-контактные и биметаллич. терморегуляторы. Предложены также терморегуляторы в виде чувствительного мостика Уитстона, одно плечо к-рого, помещаемое внутри термостата, представляет сопротивление, величина к-рого сильно зависит от t° . При изменении t° равенство плеч нарушается, что вызывает ток, включающий реле, к-рое в свою

очередь замыкает цепь нагревателя. Наиболее широкое применение получил первый тип терморегуляторов как весьма чувствительный и надежный в работе. Применяемый тип терморегулятора помещается внутри термостата около внутренней или внешней поверхности распределителя тепла, который обычно представляет хорошо теплопроводящий цилиндр (медный, алюминиевый и т. п.). Рабочая точка t° выбирается т. о., чтобы удовлетворить двум противоположным условиям: а) чем выше t° внутри термостата, тем надежнее его работа и б) чем меньше t° , тем меньше термомеханич. деформации. Поэтому рабочая точка берется обычно между $+40$ и $+60^\circ$. Поскольку в условиях практики t° помещения не превышает $+40^\circ$, то следовательно регулирование t° внутри термостата не будет нарушено; чрезмерное же повышение окружающей термостат темп-ры может сделать терморегулятор бесполезным; поэтому выбор рабочей точки играет существенную роль. Обыкновенный термостат может поддерживать постоянство t° с точностью лишь до $0,1^\circ$. Для поддержания постоянства t° с большей точностью прибегают к двойному термостату с двумя терморегуляторами, расположенными по одному в каждом из них. В этом случае внешний термостат поддерживает t° с точностью до $0,1^\circ$, а внутренний может поддерживать t° уже с точностью до $0,01^\circ$. Для повышения чувствительности ртутных терморегуляторов их делают из двух слоев жидкостей. Первый слой из толуола, расширяющегося сильнее ртути, и второй слой из ртути, служащей для замыкания цепи тока. Простейший вид такого терморегулятора представлен на фиг. 32. В качестве электродов, осуществляющих контакт, применяются тонкие платиновые проволочки, впаиваемые в сосуд терморегулятора. Для увеличения долговечности работы терморегулятора ток, прерываемый последним, д. б. весьма мал (не больше нескольких μ А). Поэтому обыкновенно терморегулятор разрывает и замыкает цепь нагревающей обмотки через систему реле. В качестве



Фиг. 32.



Фиг. 33.

первого реле в таком случае служит малоомощная трехэлектродная лампа, причем терморегулятор непосредственно разрывает цепь сетки лампы; для уменьшения тока сетки обычно дается большое отрицательное смещение. В анодную цепь электронного реле включают механич. реле, напр. типа телефонных, контакты к-рого замыкают уже цепь нагревателя, помещенного внутри термостата. Схема питания терморегулятора, применяющаяся на передатчиках НКСвязи, снабженных термостатическими устройствами, изображена на фиг. 33, где Тр—терморегулятор, Т—термостат, Н—нагревающая обмотка, Л—контрольная лампочка.

При использовании биметаллич. терморегуляторов, основанных на свойстве пластинок из биметалла изгибаться при изменении t° и тем самым могущих соответственно замыкать и размыкать контакт цепи тока нагревателя, трудно получить такую чувствительность к изменениям t° , какую получают помощью ртутного терморегулятора. Этим обстоятельством определяет-

ся возможность применения биметаллич. терморегуляторов лишь в случаях грубой регулировки f° . При применении термостата требуется несколько часов времени на установление f° во всех точках внутри термостата после включения нагревателя. Последнее обстоятельство делает термостат применимым лишь в ограниченном числе случаев. Поэтому в последнее время особое внимание уделяется различным компенсаторам темп-ных влияний.

б) Методы компенсации. Частота лампового генератора изменяется от f° в основном вследствие изменения нагрева параметров колебательного контура. Темп-ный коэф. по частоте a_{ω} лампового генератора

$$a_{\omega} = \frac{1}{\omega} \cdot \frac{d\omega}{dT}$$

выражается через темп-ный коэф. параметров контура и др. следующим образом:

$$a_{\omega} = a - \frac{1}{2}(a_L + a_C),$$

где a_L —темп-ный коэф. катушки самоиндукции контура, a_C —темп-ный коэф. конденсатора контура и a —темп-ный коэф., учитывающий все другие параметры, к-рый обычно мал по сравнению с a_L и a_C . Чтобы частота лампового генератора была неизменна при изменении f° , нужно, чтобы

$$a - \frac{1}{2}(a_L + a_C) = 0.$$

Такое соотношение можно получить, подбирая величину любого из темп-ных коэф-тов и допустив произвольность в двух других, или сделать одновременно малыми по крайней мере a_L и a_C , тогда равенство выполнится приближенно. Отсюда вытекают следующие способы компенсации: 1) изготовление катушки или конденсатора контура с малыми темп-ными коэффициентами и 2) изготовление катушки или конденсатора с регулируемым в достаточных пределах темп-ными коэф-тами. В настоящее время разрешена как та, так и другая задача, причем решение второй задачи в основном решает и первую, так как в регулировании темп-ного коэф-та предусматривают и возможность регулировки на нуль. При изготовлении конденсатора с регулируемым темп-ным коэф-том нужно иметь в виду, что для обычного плоскопараллельного конденсатора (или цилиндрич. с большим радиусом цилиндров) темп-ный коэф. конденсатора выражается т. о.:

$$a_C = a_s - a_d,$$

где a_s —темп-ный коэф. активной площади конденсатора, а a_d —темп-ный коэф. промежутка между пластинами конденсатора. Вопрос сводится т. о. к регулировке a_s или a_d . В случае двух параллельно соединенных конденсаторов C_1 и C_2 с темп-ным коэф-том a_1 и a_2 темп-ный коэф. общей емкости, равной $C_1 + C_2$, будет:

$$a_0 = \frac{a_1 C_1 + a_2 C_2}{C_1 + C_2}.$$

В этом случае a_0 может регулироваться через a_1 или a_2 . Отсюда является возможность построить конденсатор с регулируемым a_C (фиг. 34). Здесь к переменному конденсатору обычного типа добавляется одна (или две) пара пластин (пунктир), к-рую можно назвать регулятором. Одна пластина регулятора крепится на общей оси подвижной системы пластин, другая же крепится на элинваровом стержне. Т. к. последний при нагревании почти не расширяется, сравнительно с подвижной осью конденсатора,

то расстояние между пластинами будет при повышении f° увеличиваться и емкость их будет уменьшаться, у основной же части конденсатора емкость обычно увеличивается при нагревании. Если увеличение емкости основных частей будет меньше, чем уменьшение емкости регулятора, то весь конденсатор будет иметь отрицательный темп-ный коэф., что обычно желательно для компенсации положительного темп-ного коэф-та катушки. Перемена местами пластин регулятора дает возможность регулировать положительный темп-ный коэф. всей системы. Существуют и другие типы конденсаторов с регулируемым темп-ным коэф-том.

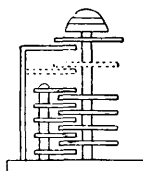
Для построения катушки самоиндукции с регулируемым темп-ным коэф-том можно использовать принцип *вариометра* (см.) или действие короткозамкнутого витка. В первом случае катушка устраняется сдвоенной с общим коэф. самоиндукции:

$$L = L_1 + L_2 \pm 2M.$$

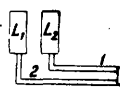
Устанавливая катушки L_1 и L_2 (фиг. 35) в специальном держателе, к-рый по желанию при нагревании сближает их или удаляет одну от другой, мы получим изменение самоиндукции в нужном направлении. Т. к. эбонит 1 имеет значительно больший коэф. расширения, чем элинвар 2, при нагревании катушки будут сближаться. Но если вместо эбонита поставить элинвар, а вместо элинвара эбонит, то катушки будут раздвигаться при повышении темп-ры. Вместо одной из катушек можно поставить короткозамкнутый виток, тогда самоиндукция другой катушки будет изменяться при приближении или удалении короткозамкнутого витка. Вообще температурный коэф. катушки самоиндукции зависит от темп-ного коэф-та каркаса и намотки и от соотношения ее геометр. размеров. Является возможность построить однослойную цилиндрич. катушку с заданным темп-ным коэф-том, подбирая указанные величины. Температурный коэф. такой катушки подсчитывается по ф-ле:

$$a_L \cong 2a - \frac{a_l + k a_R}{1+k},$$

где a —темп-ный коэф. материала проволоки намотки (в большинстве случаев медь), a_l —темп-ный коэф. расширения каркаса по длине, a_R —то же, но по радиусу, и $k = \frac{R}{l}$. Ф-ла справедлива, когда удлинение намотки и увеличение ее размера строго следуют за расширениями каркаса, что предъявляет ряд конструктивных требований к такой катушке. Многослойную катушку с заданным темп-ным коэф-том трудно построить по этому же принципу, т. к. трудно учесть упругие и неупругие деформации в намотке. Переменный конденсатор, у к-рого темп-ный коэф. сохраняется при любом угле поворота подвижной системы, может дать темп-ную компенсацию в широком диапазоне частот; если это не имеет места, то компенсация возможна лишь на одной определенной частоте. После включения лампового генератора в течение нек-рого промежутка времени частота изменяется в одну сторону. Это происходит отчасти от прогревания электродов лампы и прилежащих к ней частей, гл. обр.



Фиг. 34.



Фиг. 35.

цоколя. Для более быстрого установления частоты следует освободить лампу от цоколя. В случае пьезокварцевой С. ч. компенсация возможна за счет конструкции держателя кварца, при изменении t° изменяющего (в пределах долей мм) зазор между кварцем и электродом и тем самым компенсирующего изменение частоты кварца, вызванное изменением его t° . Уменьшение темп-рных влияний на частоту пьезокварцевого генератора достигается также применением пьезокварца в форме колец, вырезанных плоскостью параллельно электрич. оси. В этом случае темп-рный коэф. системы м. б. сведен до 10^{-6} на 1° . Темп-рный коэф. пластинок и дисков из пьезокварца, вырезанных плоскостью перпендикулярно к электрич. оси кристалла, вместе с системой держателя обычно $30 \div 100 \cdot 10^{-6}$ на 1° . Темп-рный коэф. в системе держателя существенно зависит от последнего, т. е. от величины изменения зазора «кварц—электрод». Изменение зазора тем больше изменяет частоту лампового генератора с кварцем, чем меньше зазор.

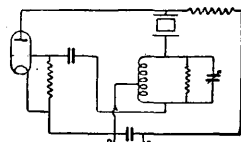
6. С. ч. при влиянии других факторов. Другими факторами, влияющими на С. ч., являются в первую очередь: атмосферное давление, влажность и смена генераторных ламп. Получение при помощи пьезокварца или камертона стабильности частоты до 10^{-6} является при современном состоянии техники С. ч. вполне достижимым. Уже созданы генераторы эталонных частот с устойчивостью даже до 10^{-7} от основной частоты. Такого рода эталоны (лаборатория Белла в США и др.) по точности превосходят лучшие астрономич. часы-маятники и находят применение даже в обсерваториях. В такого рода эталонах атмосферное давление и влажность поддерживаются постоянными путем помещения генераторов или основных его элементов под колокол воздушного насоса, автоматически поддерживающего постоянное давление. Практикуется помещение объектов в запаянные стеклянные баллоны, откуда воздух эвакуируется. Для уменьшения влияния расстройки цепей применяют ненастроенные цепи генератора. В целях повышения стабильности частот при применении пьезокварца надлежит иметь в виду следующее: небольшое смещение пластинки кварца между электродами или электродов между собой ведет к изменению частоты лампового генератора. Это последнее тем больше, чем больше непараллельность граней и электродов и чем меньше зазор между электродами и кварцем. Последним обстоятельством пользуются иногда для чувствительной регулировки частоты лампового генератора. При весьма малых зазорах (несколько десятых мм) небольшое смещение кварца между электродами даже на 1 мм может изменить частоту лампового генератора до 0,05%. При настройке анодного контура лампового генератора, близкой к резонансу с собственной частотой колебаний пьезокварца, изменение частоты при смещении кварца между электродами м. б. еще больше. Вышеупомянутое положение делает держатели с подвижными электродами мало пригодными с точки зрения С. ч., поскольку постоянство зазора и положение кварца между электродами должно быть обеспечено. Здесь существенную отрицательную роль также играют возникающие между кварцевой пластинкой, при колебаниях последней, и электродами держателя стоячие воздушные волны. Если число полуволн укладывается в этом зазоре целое число

раз, то реакция поля принимает большие размеры, что сильно увеличивает декремент затухания пластинки кварца.

Это последнее ведет к нестабильности частоты лампового генератора и м. б. причиной срыва стабилизации колебаний или даже возбуждения лампового генератора. Следует иметь также в виду, что расстройка анодного колебательного контура существенно может изменить С. ч. лампового генератора, стабилизированного пьезокварцем, особенно вблизи резонанса с собственной частотой колебаний кварца. Это последнее обстоятельство может быть существенно уменьшено путем применения в качестве генераторных ламп с экранированным анодом. При применении пьезокварца для С. ч. следует обращать внимание на то, чтобы у последнего отсутствовали побочные частоты, близкие к заданной. Поскольку кристаллическая пластинка, диск или другая форма представляют собой сложную колебательную систему, имеющую ряд комбинарованных колебаний, то естественно, что каждая пластинка имеет свою особую электрич. характеристику. Пьезокварцевая пластинка, ограниченная плоскостями, лежащими под определенными углами к осям, должна реагировать на большое число основных и гармонич. частот (т. н. резонансные частоты). Из них лишь небольшое число частот дает напряжение обратного пьезоэлектрич. эффекта, достаточное для возбуждения лампового генератора в осцилляторном режиме. Между этими частотами, срезом и размерами кварца существует определенная связь. Т. о. понятно, что получение монотонных пластинок представляет результат целого ряда серьезных производственных и испытательных процессов. Пластинка монотонная при данной t° может оказаться многочастотной при изменении t° . К таким же результатам может привести изменение ряда других условий, включая и параметры схемы. Основными условиями получения монотонных пластинок являются надлежащий срез по отношению к осям, плоскопараллельность граней, монокристалличность, определенное соотношение между размерами и ряд др.

В целях повышения С. ч. предложены схемы с т. н. смешанной стабилизацией, состоящей в одновременном использовании методов механич. стабилизации помощью пьезокварца и параметрической (фиг. 36). В случае камертонного генератора надлежит применять магниты с большой продолжительностью намагничивания, поскольку размагничивание вызывает увеличение частоты генератора. Следует иметь в виду, что влияние атмосферного давления здесь в среднем, порядка $3 \cdot 10^{-6}$ при изменении атмосферн. давления на 10 мм Нг. Существенную роль также играют изменения механич. связей между камертоном и окружающими его элементами. Влияние смены ламп здесь порядка $5 \cdot 10^{-6}$. Устранить эти влияния полностью невозможно, однако ослабить эти влияния можно путем применения ламп с идентичными характеристиками. В отношении упомянутых здесь факторов, их значимости и величин аналогичное положение имеет место и у магнетостриктивного генератора.

7. С. ч. мощного генератора. Все перечисленные выше методы С. ч. лампового генера-



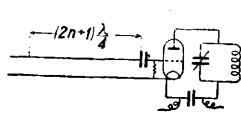
Фиг. 36.

тора эффективны лишь при малой колебательной мощности лампового генератора. Для получения С. ч. лампового генератора большой мощности обычно прибегают к постороннему возбуждению. В таком случае возбуждителем служит маломощный ламповый генератор, стабилизированный способами, указанными выше. В связи с появлением специальных мощных ламп, позволяющих получать усиление мощности в коротковолновом диапазоне частот, метод получения С. ч. лампового генератора большой мощности получил применение и здесь. Предложен также метод С. ч. лампового генератора большой мощности путем синхронизации маломощным генератором, стабилизированным указанными выше способами. Сущность этого метода состоит в следующем: если на генератор, создающий колебания с частотой f_0 , действует внешняя периодич. сила с частотой f_1 , причем разность $f_1 - f_0$ невелика, то внешняя сила «навязывает» генератору свою частоту f_1 , и в системе происходит колебания только с частотой f_1 . Область, в которой происходят колебания только с частотой внешней силы, называется областью захвата вания, или синхронизации. Ширина этой области Δf связана с амплитудой внешней силы a и амплитудой A собственных колебаний в генераторе соотношением:

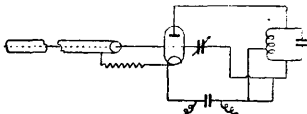
$$\frac{\Delta f}{f} = k \frac{a}{A},$$

где k —коэф., зависящий от режима генератора и способа введения внешней эдс. При введении внешней эдс непосредственно в контур генератора k может быть близок к единице. Т. о. если располагать маломощным ламповым генератором со стабильной частотой f ввести эдс от этого источника в цепь более мощного лампового генератора, то таким путем можно осуществить С. ч. последнего. Применяя две такие ступени, можно получить стабильную частоту при мощности оконечного генератора более 1 kW при достаточной ширине полосы захватывания. Для ослабления обратного воздействия захватываемого генератора на захватывающий целесообразно применять первый генератор с частотой, вдвое меньшей, чем частота мощного генератора, притом с последующим удвоением частоты. Этот метод особенно существенен для С. ч. существующих нестабилизированных радиостанций, поскольку он не требует никакой переделки в схеме станции. Существенное преимущество здесь еще в том, что т. о. уменьшается многокаскадность передатчика. Для С. ч. мощных ламповых генераторов в диапазоне ультракоротких волн предложен также метод, состоящий в применении длинных линий. Можно показать, что на расстояниях от конца линии, равных нечетному числу четвертей длины волны, линия представляет собой сопротивление (входное сопротивление), эквивалентное параллельному колебательному контуру. Затухание такой линии, особенно если она выполнена в виде коаксиального расположенных труб, весьма мало. Эти обстоятельства позволяют использовать, по аналогии с кристаллом кварца, длинную линию для С. ч. На фиг. 37 и 38 представлены простейшие схемы стабилизации при помощи длинных линий. Однако естественно, что С. ч. здесь значительно меньше, чем при использовании кварца, в первую очередь в связи со значительно большим декрементом. Температурная компенсация и электр. защита играют здесь суще-

ственную роль. К числу других недостатков этого метода следует отнести значительное понижение колебательной мощности, возможные перескакивания частот при волнах меньше 5 м и т. п. Для уменьшения габаритов длинной линии последнюю применяют в свернутом виде, что несмотря на всевозможные предосторож-

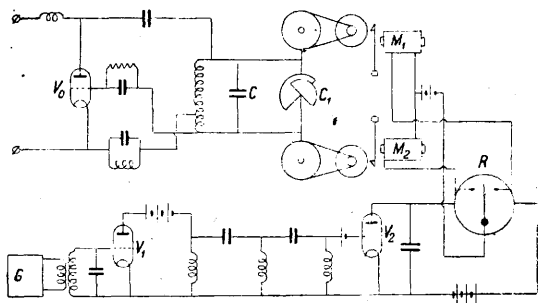


Фиг. 37.



Фиг. 38.

ности ведет к увеличению затухания, а следовательно к понижению стабилизирующего эффекта. Предложен также способ С. ч. мощных ламповых генераторов путем специальных регуляторов частоты, регулирующих параметры колебательной системы как электрическим, так и механич. путем. Принцип этот состоит в следующем (фиг. 39). Параллельно емкости C колебательного контура генератора включен переменный конденсатор C_1 , пластины которого вращаются с одинаковой скоростью двумя отдельными моторчиками. В этом случае емкость C_1 остается постоянной. Если одна пластина начнет отставать, то емкость C_1 изменится. Следовательно если воздействовать на скорость вращения пластин, то можно поддерживать частоту колебаний постоянной. Такое воздействие производится след. обр. На сетку детекторной лампы V_1 подается напряжение как от стабилизируемого генератора, так и от некоего маломощного стабилизированного генератора G . Биения частот стабилизируемого и стабилизированного генераторов поступают после выпрямления и фильтрации на сетку второй детекторной лампы V_2 , после чего получается пульсирующий постоянный ток, управляющий реле R , к-рое отрегулировано на ток соответствующей величины. Пусть из-за нестабильности генератора биения изменяются. В этом случае изменится ток в



Фиг. 39.

анодной цепи второго детектора. Положение якоря реле изменится, и через соответствующий электромагнит M_1 или M_2 пойдет ток, в результате чего сила торможения пружин на моторчик изменится; это приведет к изменению скорости вращения одной из пластин конденсатора C_1 , что в свою очередь восстановит частоту генератора до нормальной.—Существуют также и другого типа регуляторы частоты. Интерес представляет способ магнитной С. ч. Сущность этого способа, основанного на явлении магнитного насыщения, состоит в применении железа как средства для управления колебаниями. По мере приближения к насыще-

нию магнитная проницаемость железа падает, в связи с чем падает самоиндукция катушки, окружающей сердечник. С. ч. по этому способу заключается в том, что уменьшение частоты лампового генератора вызывает уменьшение тока насыщения специального каскада; благодаря этому получается повышение магнитной проницаемости сердечника, а следовательно и увеличение самоиндукции колебательного контура. Неприятным обстоятельством при этом способе является зависимость самоиндукции от амплитуды тока, что в частности приводит в цепях с железными сердечниками к сложным формам кривых тока. Потери в железе зависят от материала, его толщины и частоты тока. Для охлаждения сердечников их погружают в масло.

8. Оценка различных способов С. ч. Вообще говоря, оценить различные способы С. ч. чрезвычайно трудно на данном этапе развития техники С. ч. (1932 г.). Почти каждый из способов в отдельных случаях практики в зависимости от требований (мощность генератора, стабильность, диапазон частот и пр.), предъявляемых к возбuditелю, имеет свои преимущества и недостатки по сравнению с другими способами. Практика показала, что в тех случаях, когда требуется С. ч. выше 10^5 , механич. методы стабилизации (пьезокварц или камертон) находятся вне конкуренции. Однако, как это было подчеркнуто выше, требуемые в этом случае условия подчас осуществимы не легко. Все же здесь при осуществлении всех требуемых условий можно достичь стабильности частоты до 10^7 на длительный промежуток времени. В тех случаях, когда можно ограничиться стабильностью ниже 10^5 , выбор того или другого метода С. ч. определяется требованиями, предъявляемыми к ламповому генератору. Так, для диапазона звуковых частот, если можно ограничиться стабилизацией нек-рых (фиксированных) частот, то применение метода стабилизации камертоном является вполне целесообразным. При частотах выше 5 kHz можно прибегать к одному из известных способов умножения частоты. В тех случаях, когда надлежит стабилизировать широкий диапазон звуковых частот, возбуждаемых ламповым генератором, применение одного из методов параметрич. С. ч. является единственно возможным. Для частот надтональных (до 100 kHz) при фиксированных значениях частот можно с успехом применять методы стабилизации магнитоэлектрическими стержнями. При требованиях же стабилизации широкого и непрерывного диапазона частот опять-таки надлежит применять методы параметрич. стабилизации. Для частот выше 100 kHz при непрерывном и широком диапазоне частот остается использовать методы параметрич. стабилизация. При фиксированных частотах до последнего времени пьезокварцевая стабилизация считалась совершеннее и эффективнее параметрической. Однако теперь в связи с прогрессом методов параметрич. стабилизации практика констатировала ряд случаев, когда применение параметрич. С. ч. оказалось эффективнее пьезокварцевой. Неудобство механических методов С. ч. в частности выражается в том, что для каждой рабочей частоты приходится иметь свой отдельный осциллятор, что часто создает трудно преодолимые затруднения. Если требуется получить весьма стабильные частоты в узком диапазоне, то иногда прибегают к модуляции возбuditеля с фиксированной частотой (напр. с пьезокварцевой стабилиза-

цией) помощью генератора с непрерывным диапазоном звуковых частот, стабилизированных параметрически. Путем выделения одной из боковых частот модулированного возбuditеля нетрудно подсчитать, что м. б. получена любая частота в пределах данной полосы со стабильностью, мало отличной от стабильности частоты возбuditеля. Для диапазона частот ультракоротких волн применение получили лишь методы стабилизации фиксированных частот. Наиболее простым является способ С. ч. помощью кристаллов турмалина. Однако чрезвычайно малая колебательная мощность при отсутствии достаточно эффективных методов усиления мощности в диапазоне ультракоротких волн вынуждает часто прибегать к методам умножения частоты стабильных генераторов большей мощности коротковолнового диапазона. Недостатком этого последнего метода является многокаскадность такого передатчика, чрезвычайно усложняющаяся и удорожающаяся эксплуатация и стоимость, а также требующая обслуживающего персонала более высокой квалификации. Небольшой еще опыт применения методов С. ч. генераторов большой мощности (длинными линиями, методом захватывания, специальными механич. регуляторами и т. п.) не дает достаточных материалов для практич. оценки последних.

Лит.: А с е с в, Методы стабилизации частоты лампового генератора, Л., 1932; К о б з а р е в Ю., О неустойчивости частоты ламп. генератора, «Вестник эл.-ки», М.—Л., 1931; Т и т о в Н. и В е й н б е р г А., К стабилизации частоты гертеродина в широком диапазоне частот, «Журн. прикл. физ.», М.—Л., 1930, в. 3, стр. 37; Л а з а р е в В., Неустойчивость частоты в ламповых генераторах и их стабилизация, там же, 1929, т. 6, вып. 4; Р а м л а у, Исследование метода стабилизации генератора при помощи отд. элс. «Титбиль», Н.—Новгород, 1928, т. 9, в. 50, стр. 514; Ш е м б е л ь, Компенсир. генераторы, «Журн. технич. физ.», 1931, в. 4 и 6; С м и р н о в, Стабилизация частот на основе магнитоэлектрических колебаний, «Техника радио и слабого тока», М., 1932, вып. 3; М а л о в, Магнитоэлектрические колебания, их применение, «УФН», М.—Л., 1929, вып. 6; К а к у р и л, Исследование пьезокварцевых осцилляторов, «Вестник эл.-ки», М.—Л., 1930, в. 4 и 5; К о б з а р е в, Кварцевые осцилляторы, «Вестник теор. и эксперим. эл.-ки», М., 1928, в. 10; В е й н б е р г А. и Т и т о в Н., О стабильности частоты пьезокварцевых осцилляторов, «Журн. прикл. физ.», М.—Л., 1929, вып. 5, стр. 75; В е й н б е р г А., Пьезокварц с минимальным температурным коэффициентом, «За реконструкцию эл.-связи», М., 1931, в. 5, стр. 35; Е г о ж е, Причины неустойчивости частот радиостанции, «Техника связи», М., 1932, в. 9—10, стр. 47; З е г е б а р т, Термостаты с ртутным терморегулятором, там же, 1932, в. 8, стр. 41; Ш е м б е л ь, О влиянии высших гармонических на устойчивость частоты лампового генератора, «Журнал технической физики», М., 1932, в. 9—10, стр. 1014; C a d y, Bibliography on Piezoelectricity, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1928, v. 16, p. 521; F r o m y, Présentation d'un ondometre-hétérodyne, «L'onde électrique», P., 1925, t. 4, p. 433; E d g e w o r t h, Frequency Variations of Thermionic Generator, «Journal of the Institution of Electrical Engineering», N. Y., 1926, v. 64, p. 345, 349; K r y l o f f N. e t B o g o l i u b o f f N., «CR», 1932, t. 194, p. 957; M a r t i n, Phil. Mag., L., 1927, v. 4, p. 922; S t e c k e r, Über die Abhängigkeit der Frequenz des Röhrensenders von E_0 und E_f , «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Telephonie», B., 1923, B. 22, p. 244; H a n d e l, ibid., 1931, 38, H. 4, p. 129; D a v i d, «L'onde électr.», P., 1931, t. 10, p. 233; G u n n, A New Frequency Stabilized Oscillator System, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1930, v. 9; M i l l e r and A n d r e w s, A Constant Frequency Oscillator, «Rev. of Scient. Instruments», L., 1930; M a l l e t, Frequency Stabilization of Valve Oscillator, «Journ. of the Inst. of the Electr. Eng.», L., 1930, v. 68, p. 575; H u n d, Uses a. Possibilities of Piezoelectric Oscillators, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1926, v. 14, p. 447; C r o s s l e y, Piezoelectric Crystal-Controlled Transmitters, ibid., 1927, v. 15, p. 9; J a m m e t, Stabilisations de fréquence, piezoelectriques pour emetteurs aux ondes courtes, «L'onde électr.», P., 1928, t. 7, p. 63; P i e r c e, Magnetostriction Oscillators, «Proc. of Am. Acad.», 1928, v. 63, p. 4; H a r r i s o n, Push-pull Piezoelectric Circuits, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1930, t. 1, p. 93; W e s t m a n n, Frequency Stability by Magnetostriction Oscillators, «OST», Hartford, 1928, 12, p. 21; D y e, The Valve-Maintained Tuning-Fork as a Precision Time-Standard, «Proc. of the Roy. Soc.», L.,

1923, v. 103, p. 241; Martin, Some Possibilities and Limitations in Common Frequency Broadcasting, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», 1927, v. 15, p. 213; Gert u N a n e m a n n, Moderne quarzgesteuerte Gleichwellen-Sender, «Elektrische Nachricht-Technik», В., 1931, В. 8, Н. 3; L i e w e l l y n, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1931, v. 19, p. 2063; C o n k l i n, ibid., 1931, v. 19, p. 1918; M a t t e u n i, L'Electrotecnica, P., 1932, v. 15, p. 121; D o w, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1931, v. 19, p. 2095; M a r t i n, «Phys. Ztschr.», Lpz., 1932, v. 6, p. 239; N o r r m a n, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», 1932, v. 11, p. 1715; M a r r i s o n, ibid., 1929, v. 17, p. 1103; W a t a n a b e, «Jahrb. d. Drahtl. Telegraphie u. Telefonie», В., 1928, В. 32, v. 4; V i n c e n t, «Proc. of the Phys. Soc.», L., 1929, v. 44; K i b i t z, «Telegraphen- u. Fernsprachtechnik», В., 1932, Heft 9, p. 235; P e t r z i l k a, «Annalen der Physik», Lpz., 1932, В. 15, t. p. 72; B r u s c a u, «L'onde élect.», P., 1932, t. 11, v. 129, 296; K u s u n o s e, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1932, p. 310; M a c k i n n o n, ibid., 1932, v. 11, p. 1689; M a r r i s o n, ibid., 1928, 7, p. 976; G r o s s h k o w s k i, «Przegląd Radiotechniczny», 1933, Rok 11, 1—2.

А. Вейнберг и В. Смирнов.

СТАДИОН, см. Спортивные сооружения.

СТАЛЕБЕТОН, строительный материал, представляющий собою смесь из лучшего портланд-цемента с осколками высококортовых металлов, подвергнутых при механич. обработке одновременно и химич. действию. Необходимое соотношение между металлч. осколками и цементом = $(100 \pm 7x) : (55 \mp 3x)$, где x — разницца между величиной осколков и одним мм; верхние знаки относятся к осколкам величиной больше 1 мм, а нижние — к осколкам меньше 1 мм. Нормальный С. состоит из 2 вес. ч. металлч. осколков и 1 вес. ч. лучшего портланд-цемента, что соответствует соотношению объемов 1:1. Металлч. осколки изготовляются трех сортов: грубые (№ 1), средние (№ 2) и мелкие (№ 3); поверхность их неровная, зубчатая. Временное сопротивление сжатию для С. равно ок. 630 кг/см²; сопротивление растяжению и изгибу вдвое больше, чем у лучшего бетона; в отношении сопротивления изнашиванию С. в 2,2 раза прочнее гранита, в 8 раз прочнее лучших искусственных прессованных камней и в 13 раз прочнее самого твердого цемента. При испытаниях на давление до 150 atm С. оказался непроницаем для воды. Сталебетонные полы не образуют пыли и отличаются долговечностью. С. связывается с нормальным бетоном, естественным и искусственным камнем и т. п. неразрывно и в виду своей плотности не впитывает масла. Затвердевший С. можно обрабатывать так же, как твердое литье, т. е. строгать, точить, сверлить, пилить, шлифовать и обрабатывать напильником. Автогенному продырявлению он оказывает гораздо большее сопротивление, чем сталь или чугун. С. получил применение для пешеходных дорог (с большим движением), для полов в котельных, на складах, в фабричных помещениях и т. д. Толщина слоя в этих случаях варьирует в пределах 5—20 мм; основанием ему служит обыкновенная бетонная или железобетонная плита и поверх нее двухсантиметровый прослойк из полусухого цементного раствора в составе 1 об. цемента + 3 об. кварцевого песка. На 1 м² фабричного пола при толщине слоя в 5, 8 и 10 мм расходуются примерно следующие количества:

	5 мм	8 мм	10 мм
Металлч. осколки (кг)	6	10	13
Портланд-цемент (кг)	6	10	13

С. был испытан ин-тами для исследования материалов при технических училищах в Штутгарте и Дармштадте в Германии, причем на основании систематич. опытов были обнаружены выдающиеся качества этого материала, пригодного всюду, где требуется от материала особая прочность и водонепроницаемость.

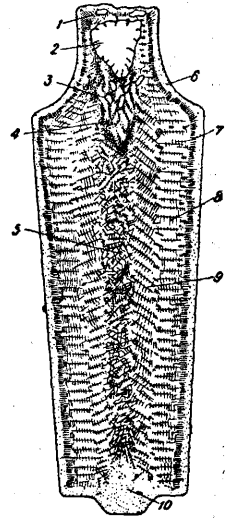
В последнее время сталебетон получил применение в гидротехнических сооружениях в качестве защитного слоя.

Лит.: Бриллиг С., Технич. свойства строительных материалов, М., 1926; «Zeitschriftenschau f. das gesamte Bauingenieurwesen», В., 1924 u. ff.

С. Бриллиг.

СТАЛИ НЕРЖАВЕЮЩИЕ, см. Нержавеющая сталь.

Сталь, ковкий сплав железа с углеродом (до 2%), содержащий нек-рое количество примесей в силу технологич. производства сплава или специально прибавленных для придания С. тех или иных свойств. Обычные технич. сорта (конструкционные) С. содержат до 0,5% С, Mn < 1%, Si < 0,5%, S и P < 0,1%. Состав специальных С. значительно шире; кроме того они содержат иногда выше 25% разных примесей. Существуют восемь способов производства С.: мартеновский основной и кислый, бессемеровский, томасовский; электроплавка — основная и кислая; тигельный и пудлинговый. Наиболее широкое применение в пром-сти имеет мартеновская С. как конструкционная С. благодаря своим достаточно хорошим качествам, недорогой цене и возможности получения ее в больших количествах. К и с л я мартеновская С. по сравнению с о с н о в н о й обладает рядом преимуществ: лучшей раскисленностью, меньшим количеством пузырей и лучшей пластичностью неметаллич. включений. Кислая сталь поэтому обычно применяется для наиболее ответственных изделий. Однако, как показывает опыт зарубежных и лучших з-дов СССР, и основная мартеновская С. в случае правильного ее изготовления не уступает кислой. Бессемеровская и томасовская С., вследствие продувания через них в конвертерах воздуха и скорости процесса их изготовления, несмотря на все меры предосторожности и надлежащее раскисление, получают по сравнению с мартеновской менее однородными и более загрязненными кислородными включениями, шлаками и газами. Наилучшими качествами обладает электросталь (изготовленная по обоим способам), к-рая при умелом ведении производства получается чище мартеновской в отношении фосфора, серы, кислородных и прочих неметаллич. включений. Электросталь идет на самые ответственные, термически обрабатываемые изделия и широко применяется для изготовления инструментов. В электропечах высокой частоты, обладающих производительностью меньшей, чем у обычных дуговых, за последнее время производится самая совершенная по своим качествам С. Тигельная С. является самой дорогой и в последнее время повсюду вытесняется электросталью. Качество тигельной стали очень высокое и она применяется в небольшом количестве для самых ответственных изделий и инструмента. Пудлинговая С. в СССР не производится, а за границей изготавливается в небольшом количестве; она сильно загрязнена шлаками, но обладает хорошей свариваемостью.



Фиг. 1.

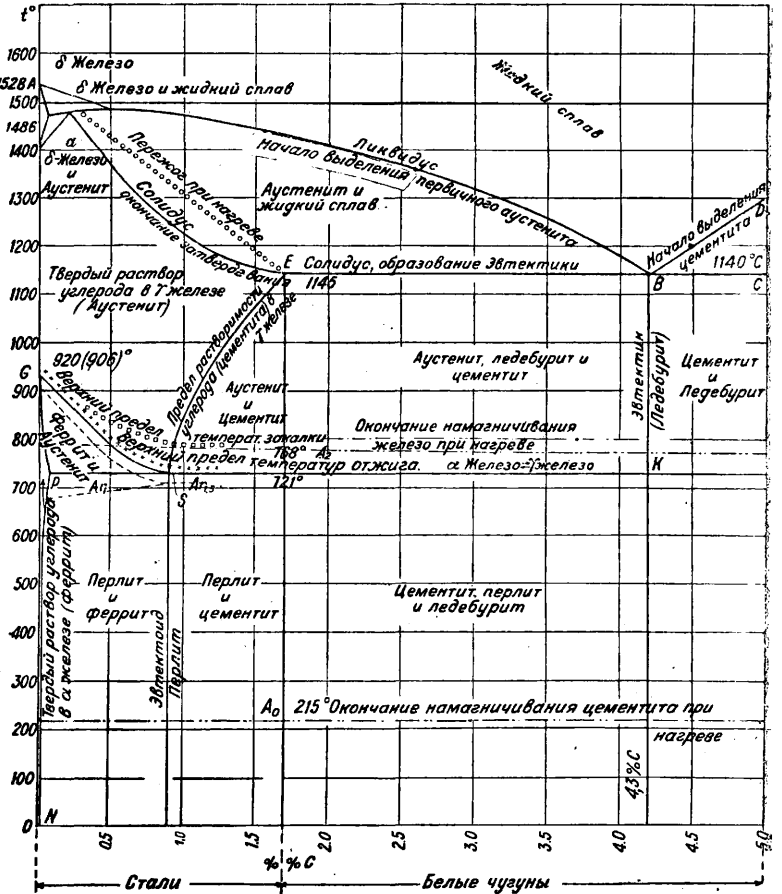
Стальные слитки. Качество С. зависит не только от свойств жидкого металла, но и от разливки ее и от однородности получаемого слитка. На фиг. 1 изображена схема макроструктуры стального слитка по Н. А. Миневичу, где: 1—мосты; 2—усадочная раковина; 3—усадочные пустоты; 4—усадочная рыхлость и ликвационная зона; 5—срединные дендриты (первичные древовидные кристаллы) с разнообразной ориентацией; 6—плотное зернистое строение; 7—мелкие плотные дендриты, ориентированные перпендикулярно к стенкам изложницы; 8 и 9—крупные дендриты, ориентированные перпендикулярно (8) и наклонно (9) к стенкам изложницы; 10—зона в виде конуса с плотным зернистым строением.

Общая ликвация и образование усадочной раковины. Жидкая С. затвердевает не сразу, а постепенно: вначале вымерзают наиболее тугоплавкие чистые кристаллы, бедные углеродом и разными примесями, середина же слитка, обогащенная последними, затвердевает последней. При этом вверх слитка сегрегируют (собираются) не только неметаллич. включения (шлаки, песочины), нерастворимые в металле, но также и газы, образующие усадочную раковину, к-рая располагается благодаря своему уд. в. вверху слитка; следовательно оставшая С. является насыщенным раствором в ней газами. В здоровом слитке все эти дефекты д. б. сосредоточены в верхней трети и удалены. В малоуглеродистых легированных С. усадочная раковина м. б. заварена при прокатке или кожке слитков.

Пузыри. Растворенные в стали газы при охлаждении слитка выделяются и образуют пузыри. Особенно много пузырей образуется в мягкой (к и п я щ е й) стали, где раскисление происходит во время остывания слитка за счет присутствующего в С. углерода с образованием окиси углерода. Пузыри, расположенные в наружной корке и зоне столбчатых дендритов, называются сотовыми, или подкожными, расположенные в середине слитка—срединными и вблизи усадочной раковины—сегрегационными. Пузыри, расположенные на достаточном расстоянии от поверхности слитка, с чистыми, неокисленными стенками могут завариваться при прокатке или кожке; если же их стенки покрыты слоем окислов (или при низкой t° слитка), то они завариться не могут, что является очень вредным дефектом С. В высококортовой С. всякие пузыри являются дефектом, даже если они завариваются; в их месте микроскоп обнаруживает сильное обезуглероживание. Пузыри с окисленными стенками образуют волосины и пленки, поэтому пузыристые места в высококортовой

стали удаляются обдиркой слитков на станках и вырубкой пневматическими зубилами.

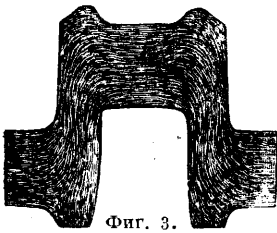
Дендриты и дендритная сегрегация и я. Образование дендритной макроструктуры С. связано с первичной ее кристаллизацией при затвердевании из жидкого состояния (ниже линии АВ диаграммы; фиг. 2). В отличие от первичной, вторичная кристаллизация С. происходит в твердом ее состоянии ниже линии GSE, когда кристаллы γ -железа аустенита пре-



Фиг. 2.

вращаются в кристаллы α -железа феррита и перлита или перлита и цементита и образуется микроструктура С. Образование дендритов ниже линии АВ происходит по закону предпочтительного вымерзания. Затвердевание С. происходит не сразу, а постепенно. Кристаллизация ее начинается во многих центрах от стенок изложницы. Вначале перпендикулярно к поверхности образуются древовидные (дендритные) кристаллы (вкл. л., 5), бедные углеродом и примесями, остающийся же маточный раствор, богатый примесями, затвердевает последним. У самого края изложницы, где остывание очень быстрое, получается очень мелкое зернистое строение С. Дальше (вкл. л., 8) оси дендритных кристаллов обладают очень ясно выраженной перпендикулярностью к стенкам изложницы—столбчатые дендриты, затем они отклоняются от этой перпендикулярности и переходят в путано-дендритное строение. Наиболее ценной и плотной частью слитка является его зернистая поверхность, столбчатые же дендриты хотя и облада-

ют большой плотностью, но дают после горячей механич. обработки резко выраженное полосчатое строение С., что бывает во многих случаях нежелательно. Благодаря закону предпочтительного вымерзания образование дендритов связано с местной дендритной ликвацией. Междендритные пространства, застывающие последними, оказываются наиболее богатыми примесями. По мере охлаждения благодаря диффузии происходит выравнивание концентрации этих примесей. Одни из них, образующие с железом твердые растворы (углерод, кремний, никель, марганец и др.), хорошо диффундируют через решетку железа и значительно выравнивают свою концентрацию в разных частях дендритов. Сульфур, окислы, шлаки, сернистый марганец и все элементы, плохо диффундирующие в решетке железа, своей концентрации почти не выравнивают. Первичная (дендритная) кристаллизация в силу этих затруднений диффузии примесей не может быть полностью уничтожена дальнейшей термич. обработкой и изменяется механич. деформацией. Неоднородные дендриты при деформации меняют лишь геометрич. форму, образуя вытянутые кристаллиты (волокна), направление-рых соответствует деформации металла при прокатке и ковке (фиг. 3).



Фиг. 3.

Выявление волокон, так же как и дендритов, при помощи травления объясняется большим или меньшим разъединением реактивами участков, богатых примесями.

Неметаллические включения. Высокое содержание в слитке неметаллич. включений значительно понижает качество С., особенно если последние в дальнейшем в службе подвергается переменному действию напряжений, т. е. усталости. К неметаллич. включениям относятся: 1) продукты раскисления С.—закись марганца, кремнекислота, окись алюминия, закись железа и пр.; 2) шлаки и сернистый марганец; 3) частицы огнеупорных материалов.

Внутренние напряжения и трещины и наружные пороки слитков. Очень резкая разница в охлаждении частей слитка, особенно в случае нек-рых сложных С., может вызвать высокие внутренние напряжения и продольные (как внешние, так и внутренние) трещины. Поэтому еще неостывшие слитки помещают для равномерного остывания в колоды; при этом происходит выравнивание внутренних напряжений, особенно при переходе через критич. интервал. Иногда в слитке происходят поперечные трещины, когда сжатие его встречает препятствие или когда застывшие корки не выдерживают гидростатич. давления. К числу внешних дефектов слитков относятся пригоревшие к его поверхности земля, огнеупорные материалы, песок, заливы, завороты, пленки, трещины и пр.

Углеродистые стали. Диаграмма сплавов железа с углеродом. Структурный компонент С., представляющий железо с растворенным в нем небольшим количеством углерода, кремния, фосфора, никеля и других элементов, называется ферритом. Под микроскопом он обнаруживает зернистую структуру (вкл. л., 9; также см. Железо, вкл. л., 1, 2). Границы между его зернами представляют со-

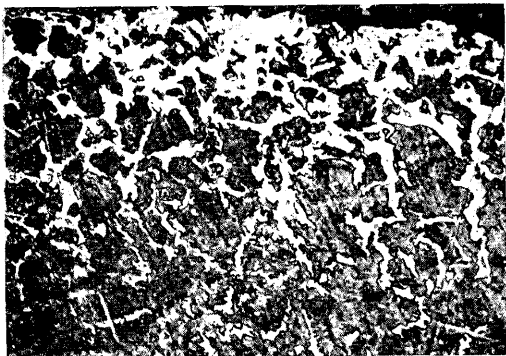
бой тени между возвышенными, мало поддающимися травлению, и пониженными, сильно поддающимися травлению зернами. Феррит обладает кристаллич. решеткой α -железа, т. е. центрированной кубической, в α -рой атомы расположены по углам куба и в его центре. Феррит является очень мягким структурным компонентом, тв. его $H_{В.} = 70$ может увеличиться до 130 в зависимости от количества присутствующих в нем в твердом растворе элементов (кремния, фосфора и др.).

Цементит представляет собой химич. соединение железа с углеродом Fe_3C , содержащее 6,67% С. по весу. Это—очень твердое и хрупкое кристаллическое вещество, плохо поддающееся травлению. Под микроскопом цементит имеет светлый блестящий выпуклый вид (вкл. л., 17, 19). От феррита он отличается твердостью и окрашиванием в темный цвет пикратом натрия, причем феррит остается светлым (вкл. л., 18). Об аустените см. *Аустенит и Термическая обработка*.

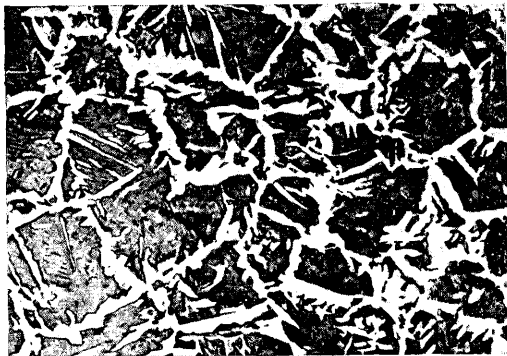
Перлит является смесью пластинок и мелких зерен цементита в основной массе феррита (вкл. л., 16). В С., не загрязненной примесями, перлит содержит ок. 0,9% С. Механич. свойства перлита зависят от размеров в нем частиц цементита; чем грубее и крупнее в перлите цементитные выделения, тем ниже его механич. свойства. Перлит с самыми мелкими частицами цементита имеет наивысшие механич. свойства.

О мартенсите см. *Мартенсит и Металлография*.

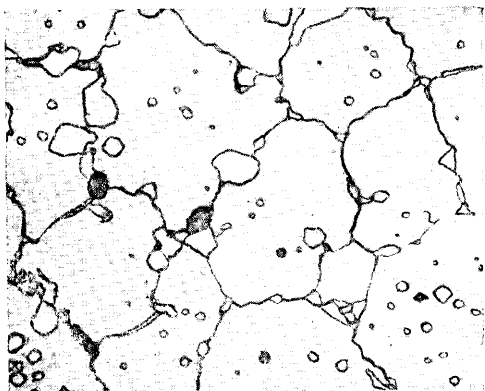
На диаграмме (фиг. 2) железо-углеродистых сплавов показаны изменения состояний железа в твердом состоянии, т. е. аллотропии (см. Железо). В левом верхнем углу диаграммы вначале из жидкого сплава выделяется δ -железо, имеющее кристаллич. решетку, одинаковую с α -железом, т. е. центрированный куб, размеры α -рого, если принять во внимание тепловое расширение, также одинаковы; δ -железо способно растворять углерод, как и α -железо, в очень небольших количествах. По горизонтальной линии при $t^\circ 1486^\circ$ происходит перитэктич. превращение: жидкий сплав и δ -железо в точке a сразу превращаются в аустенит; левее ее—в аустенит и δ -железо; правее—в аустенит и жидкий сплав. Ниже 1401° δ -железо не существует совсем. Этот участок диаграммы взят по данным, собранным Девесом (Deaves). Превращения при более низких t° в твердом состоянии совершаются благодаря переходу γ -железа в α -железо при понижении t° . Темпера, при α -железо образуется из γ -железа, понижается в зависимости от содержания углерода в аустените. На диаграмме это представлено линией GS , k -рая показывает, что t° образования феррита понижается с 920° для промышленно чистого железа или с 906° для химически чистого до 721° для сплава, содержащего 0,90% углерода. Образование феррита из твердого раствора аналогично вымерзанию соли из ее раствора с водой во время охлаждения. Линия GS выражает растворимость феррита в аустените и м. б. названа линией растворимости феррита. Для чистых сплавов железа с углеродом она представляет прямую по данным Хойта (Hoyt) и Доуделла (Dowdell) для обычных промышленных сортов С. Пунктиром показаны критич. точки разных С. при охлаждении A_{T_1} , A_{T_2} и $A_{T_{1,2}}$. Если аустенит содержит углерода меньше 0,90%, он охлаждается до t° ,



1



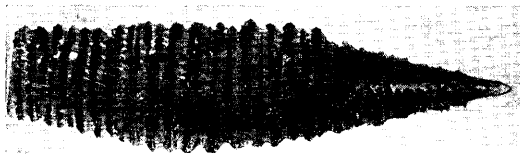
2



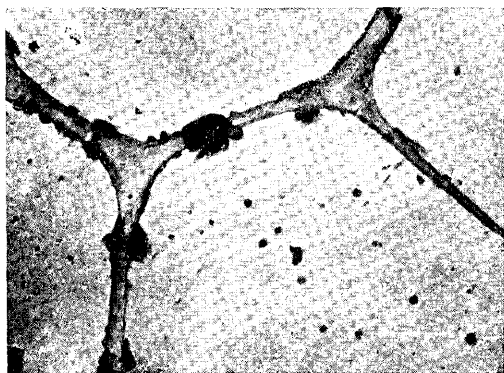
3



4



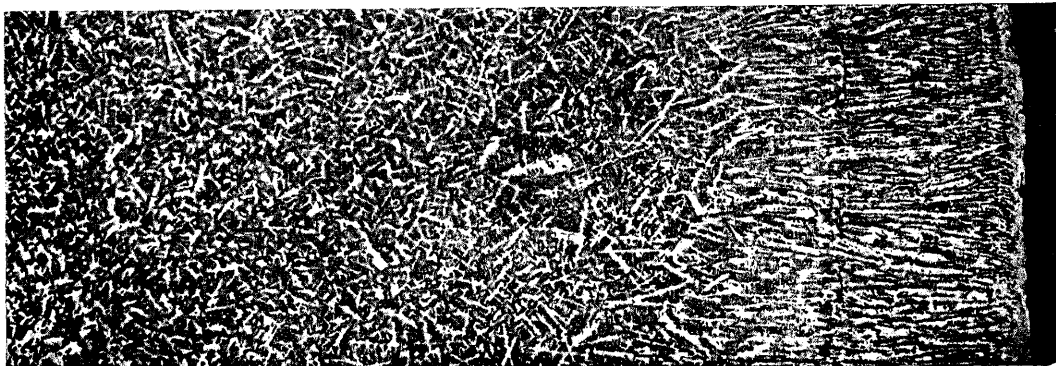
5



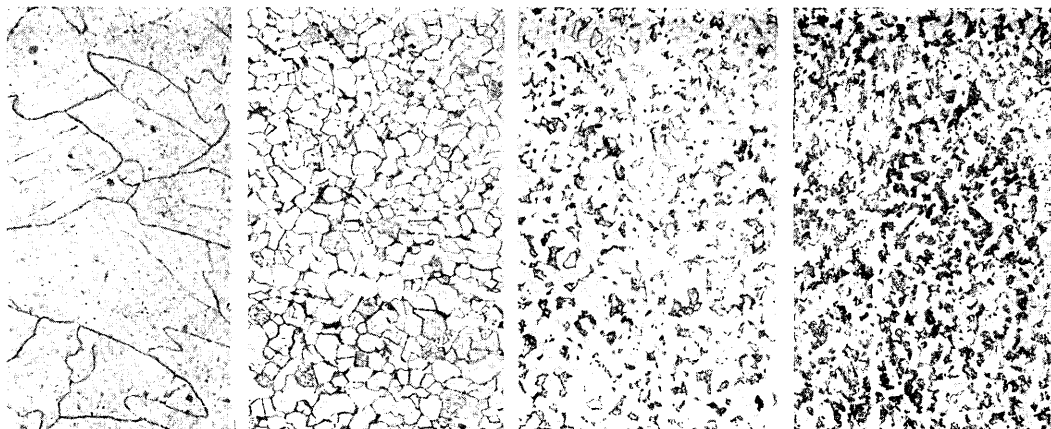
6



7



8

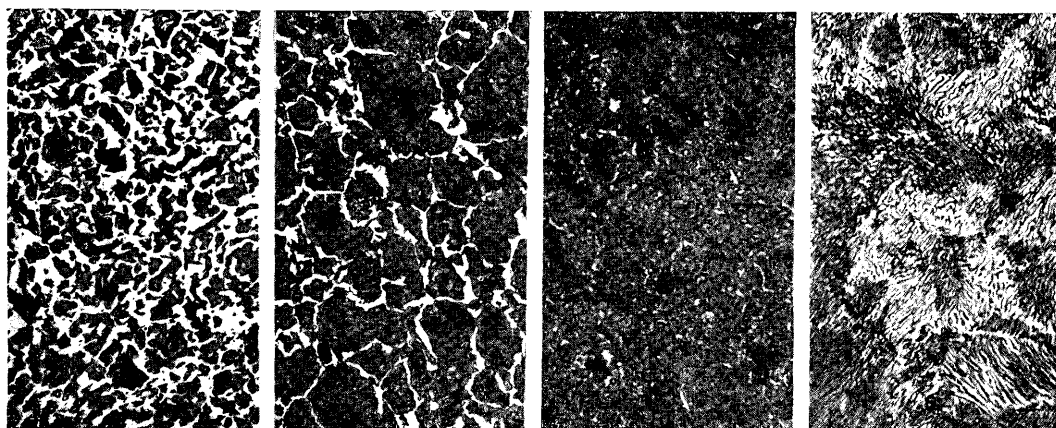


9

10

11

12

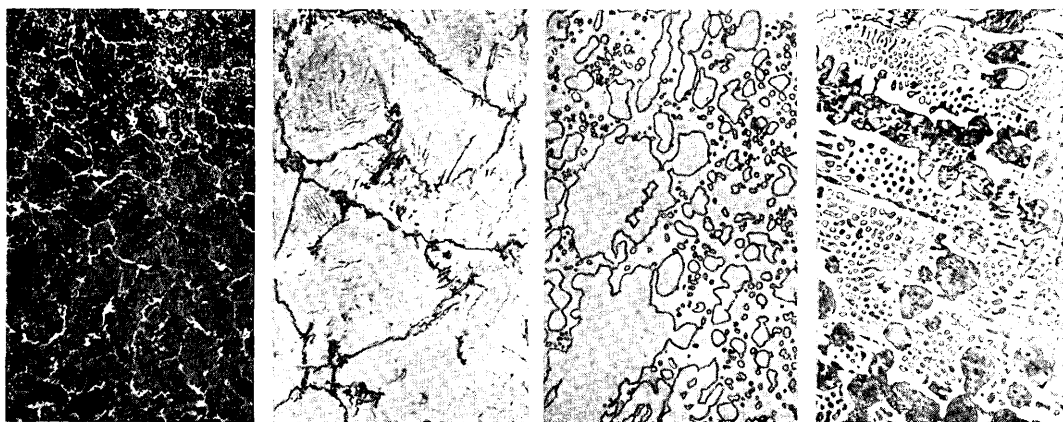


13

14

15

16



17

18

19

20

1. Структура С., пережженной в окислительной атмосфере. 2. Видманштедтова структура С. 3. Структура быстрорежущей С. 4. Структура С. с включениями сернистого марганца. 5. Древовидные дендритные кристаллы в С. 6. Структура С. с большим количеством цементита. 7. Структура С. с включениями светлосерого сернистого марганца (до травления). 8. Столбчатые дендриты. 9. Зернистая структура феррита. 10. Зерна феррита и выделения перлита. 11-15. Структура С. с содержанием углерода 0,2—0,9% (светлые места—феррит, темные—перлит). 16. Перлит в основной массе феррита. 17. Цементит (светлые места). 18. Цементит (темные места), феррит (светлые). 19. Цементит. 20. Структура чугуна с 3,5% углерода.

представленной линией выделения феррита *GS*. Так как феррит есть практически свободное от углерода железо, то его выделение приводит в результате к обогащению оставшегося аустенита углеродом. Это ведет к понижению t° , при к-рой феррит выделяется, а аустенит все уменьшается в количестве и становится богаче углеродом. С., содержащая 0,45% углерода, при t° выше 900° состоит исключительно из аустенита. При охлаждении до t° около 815° феррит начинает образовываться и продолжает выделяться из аустенита при дальнейшем охлаждении С. Когда t° достигнет 721°, С. будет состоять наполовину из феррита, практически не содержащего углерода, и наполовину из аустенита, содержащего 0,90% углерода. При 1145° аустенит может содержать 1,7% углерода в твердом растворе. Если аустенит такого состава охлаждается, то из него постепенно выделяется цементит. Растворимость углерода в аустените характеризуется линией *SE*, к-рая показывает предел растворимости углерода, выделения цементита в γ -железе. Если С. содержит более 0,90% углерода (напр. 1,3% углерода) и охлаждается из состояния аустенита, то цементит начинает выпадать на линии *SE*. Т. к. цементит содержит 6,67% углерода, то его выделение ведет к понижению содержания углерода в остающемся аустените. Охлаждение С. ведет к дальнейшему постепенному выделению цементита и понижению содержания углерода в остающемся аустените. Это продолжается до t° 721°, когда оставшийся аустенит будет содержать 0,90% углерода. Т. о. из какого бы содержания углерода мы ни исходили, аустенит любого сплава при t° 721° содержит 0,90% углерода. Охлаждение при этом должно идти достаточно медленно. При охлаждении в этих пределах t° аустенит, содержащий 0,90% углерода, одновременно распадается в смесь феррита и цементита. Эту смесь называют э в т е к т о и д о м, по аналогии с эвтектикой. Эвтектидная t° , равная 721°,—это темп-ра, при к-рой аустенит одновременно насыщается и ферритом и цементитом. Это представлено на диаграмме пересечением кривой *GS* растворимости феррита с кривой *SE* растворимости цементита в эвтектидной точке *S*. При умеренно медленном охлаждении распад аустенита, содержащего 0,90% углерода, создает перлит, в котором феррит и цементит появляются в виде перемежающихся тонких пластинок. Таким образом С., содержащая 0,45% углерода, согласно диаграмме должна после медленного охлаждения и перехода через линию *PSK* состоять из феррита и перлита. С., содержащая 0,9% углерода, после медленного охлаждения через линию *PSK* должна состоять из одного перлита. С., содержащая 1,3% углерода, медленно охлажденная, будет состоять из перлита и цементита. Изменения фаз, получаемые, как это описано выше, при охлаждении, обратимы при нагревании, например при нагревании перлита выше 721° феррит и цементит снова превращаются в аустенит. Взяв опять С. с содержанием 0,45% углерода, мы имеем при комнатной t° смесь примерно одинакового количества феррита и перлита. При нагреве выше линии *PSK* этот перлит при постоянной t° переходит в аустенит эвтектидного состава: феррит остается без изменения. При дальнейшем нагреве выше *PSK* феррит постепенно растворяется в аустените, пока при переходе через *GS* весь феррит не растворится в аустените, который будет содер-

жать 0,45% углерода. Описанные изменения фаз ведут к выделению тепла, когда они происходят при охлаждении, и к поглощению тепла—при нагревании. Эти выделения и поглощения тепла вызывают остановки на кривых охлаждения или нагревания (см. *Железо*, ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а). Эти остановки указывают t° , при к-рых происходят изменения фаз или просто физич. свойств, и называются критич. точками. Критич. точки обозначаются буквой *A*, если они относятся к состоянию равновесия, и индексами: *A₁* обозначает, что остановка происходит при охлаждении, а *A_c*—при нагревании. Кроме того они еще нумеруются цифрами в том порядке, как они совершаются при повышении t° (табл. 1).

Табл. 1.—Критические точки.

Остановка	Температура, °C	Значение
<i>A₀</i>	215	Магнитное изменение цементита не представляет изменения фазы, показанной на диаграмме пунктирной линией
<i>A₁</i> <i>A₂</i>	721 768	Эвтектичное превращение. Изменение магнитных и некоторых других свойств железа; не изменяются фазы, указанные на диаграмме пунктирной линией
<i>A₃</i>	768—906	Начало выделения феррита из аустенита при охлаждении или конец его растворения при нагревании
<i>A₄</i>	1401	Переход γ -железа в δ -железо при нагревании, и обратно при охлаждении

Если упоминается просто критич. точка или точка рекалесценции, то обыкновенно подразумевается точка *A₁*—эвтектичное превращение. Приведенные выше t° критич. точек отвечают состоянию равновесия при очень медленной скорости охлаждения или нагревания. Обыкновенно на практике, где эти скорости высоки и наблюдается гистерезис или запоздание в достижении равновесия, критич. точки получаются при более высокой t° при нагревании против приведенных в табл. 1, и между точками *A₁* и *A_c* существует разница. Эта разница повышается в зависимости от скорости нагревания или охлаждения. Поля, ограниченные линиями диаграммы, представляют фазы, устойчивые в этих ее частях. Диаграмма железоуглеродистых сплавов рассмотрена для случая неустойчивого равновесия и выделения цементита. При очень медленном охлаждении и в присутствии кремния, алюминия и никеля из этих сплавов выделяется графит. В последнем случае эта система является устойчивой. Фазами устойчивой системы являются жидкий сплав, аустенит, феррит и графит. Выделение графита препятствуют элементы, образующие карбиды, напр. марганец или хром.

Микроструктура стали. На вкл. л., 9—20 изображены нормализованные (см. *Термическая обработка*) микроструктуры разных железоуглеродистых сплавов С. и белого чугуна с содержанием углерода 0,02—3,5%. На вкл. л., 9 изображена микроструктура С. (технически чистое железо пермского 3-да марки ВИТ), к-рая состоит из крупных зерен феррита; при содержании в С. 0,1% С среди большого количества мелких зерен феррита (вкл. л., 10) наблюдается немного темных выделений перлита. На вкл. л., 11—15 в С. с содержанием углерода 0,2—0,6% по мере увеличения послед-

него светлые площади феррита все убывают, а темные площади перлита все увеличиваются. Наконец при содержании 0,9% углерода С. состоит из одного перлита. Беря по этим микрофотографиям соотношение площадей феррита и перлита и принимая, что чистый феррит содержит ничтожнейшие количества углерода (0,006%), а чистый перлит — 0,9%, можно в нормализованной или отожженной С. ориентировочно определить содержание углерода. Присутствие в промышленных сортах С. марганца и кремния увеличивает площади перлита и несколько искажает результаты этих определений, что видно на всех микрофотографиях (вкл. л., 10—15). Если содержание углерода превысит 0,9%, то согласно диаграмме железоуглеродистых сплавов микроструктура С. должна состоять из перлита и цементита. На вкл. л., 17 изображена такая микроструктура С. с 1,3% С, протравленная обычным способом, где темные зерна — перлит и светлая сетка — цементит; на вкл. л., 18 та же С. протравлена пикратом натрия, который окрасил цементит в темный цвет. По мере дальнейшего увеличения углерода количество цементита увеличивается; на вкл. л., 5 изображена микроструктура С. с 2,1% углерода, в которой цементита очень много.

Дефекты микроструктуры. При нагреве С. в печи с окислительной атмосферой наблюдается выгорание углерода на ее поверхности, что портит наиболее ценную и плотную внешнюю часть ее структуры (вкл. л., 1). С. можно сжечь и окислить так, что исправить ее качество окажется совершенно невозможным. Другим важнейшим ее дефектом м. б. крупнозернистость, к-рая является результатом продолжительного пребывания С. при высоких t° . Крупнозернистая структура обладает низкими механич. свойствами. Есликовка или прокатка С. окончена при высоких t° и С. не отожжена, то она обладает значительной крупнозернистостью. Литая неотожженная сталь также крупнозерниста. В случае длительного пребывания С. при высоких t° не только сильно растет зерно, но и феррит стремится расположиться в структуре С. по кристаллографич. плоскостям; на вкл. л., 2 изображена структура с характерным расположением феррита, называемая в и д м а н ш т е д т о в о й.

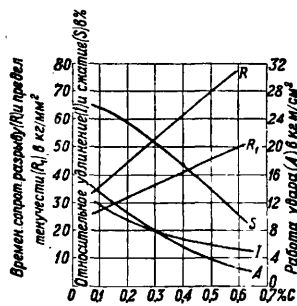
Структура такого же типа, но более резко выраженного, впервые наблюдалась Видманшtedтом в метеоритах. Видманшtedтова структура отвечает низким механич. свойствам С. — низкому пределу пропорциональности.

Механические свойства С. определяются ее структурой. В нормализованном или отожженном виде ее структура состоит из феррита и перлита и иногда цементита. Феррит — самый мягкий компонент, перлит же более прочен, цементит — твердый и хрупкий. Следовательно с увеличением углерода, возрастанием перлита и появлением цементита в ее структуре С. становится более твердой и менее вязкой. На фиг. 4 приведены механич. свойства отожженной С. в зависимости от содержания в ней углерода, полученные Девесом на основании

большого количества испытаний. Из этих кривых мы видим, что с постепенным увеличением содержания углерода временное сопротивление R (в кг/мм²) растяжению и предел текучести R_1 повышаются, а удлинение l , сжатие S (оба в %) и сопротивление удару (в кгм/см² — работа A удара) понижаются. Помимо содержания углерода механич. свойства С. зависят от микроструктуры и размера зерен. В образцах Девеса эти свойства были путем отжига нормализованы, но в практич. сортах дело обстоит совсем иначе; там механич. свойства определяются гл. обр. характером структуры С. Кроме того содержание марганца и кремния также повышает первые два из перечисленных механич. качеств С. Этим объясняется, что различные исследователи С. получали самые разнообразные кривые зависимости механич. свойств С. от содержания углерода.

Влияние примесей. Марганец является очень важной и полезной примесью в С. В углеродистых С. содержание марганца находится в пределах 0,1—1,5%. Марганец повышает механич. свойства С. подобно углероду, образуя с железом карбид Mn_3C , не отличный по виду от цементита, и кроме того является энергичным раскислителем С. Имея большое сродство к кислороду, марганец отнимает его от железа и раскисляет С. Перед разливкой жидкой С. в нее добавляют или ферромарганец с 80% Mn или зеркальный чугуны с 25% Mn; марганец парализует вредное действие серы, образуя нерастворимый в С. сернистый марганец MnS . На вкл. л., 7 изображены включения светлосерого сернистого марганца, наблюдаемые до травления; они вытянуты вдоль прокатки и круглы в поперечном сечении. Всю серу не удается связать с марганцем и часть ее все же оказывает свое вредное действие. На вкл. л., 4 изображен сернистый марганец (светлые места) и силикаты марганца. Кремний обычно в С. встречается в количестве 0—0,3%, образует твердый раствор с железом, поэтому кремний, растворенный в феррите, в микроскоп рассмотреть нельзя. Подобно марганцу кремний добавляется при изготовлении С. и служит хорошим раскислителем. Кремний добавляется в ванну в форме ферросилиция, содержащего 10—15% или 50% Si.

Сера является очень вредной примесью в С. Сера проникает в С. из чугуна. Правильно поставленной электроплавкой (восстановительным процессом) можно почти совершенно удалить серу. Можно получить чугуны почти свободные от S путем плавки чистых руд на древесном топливе. В СССР на Урале Златоустовский 3-д в большинстве случаев получает С. с ничтожным содержанием серы. Сера делает С. к р а с н о л о м к о й; при прокатке и ковке она разваливается на куски или дает трещины. Сернистое железо дает легкоплавкую эвтектику с железом, которая располагается вокруг зерен металла (вкл. л., 6). При нагреве эвтектика $FeS-Fe$ легко плавится, и зерна металла разъединяются. Марганец, связывая серу в MnS , парализует красноломкость С. Практически желательно в С. иметь серы не более 0,05% и в крайнем случае не более 0,06%. Для механич. обработки на автоматах применяют С., богатую серой (ок. 0,1%), несмотря на ее пониженные качества; она очень хорошо обрабатывается режущими инструментами (дает мелкую стружку), но ее трудно катать. Фосфор является вредной примесью в С. При основном процессе произ-



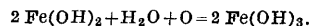
Фиг. 4.

водства С. содержание фосфора можно легко свести к минимуму. Фосфор попадает в С. из руд. Особенно богаты фосфором герм. руды. В СССР фосфоритные руды мало распространены; они встречаются в Керченском районе. Фосфор образует с ферритом твердый раствор, к-рый нельзя увидеть непосредственно под микроскопом. Он придает стали твердость, крупнозернистость и хрупкость. Фосфор способствует х л а д н о л о м к о с т и и дендритной ликвации С.; феррит изолируется от перлита; после горячей механической обработки получается слоистая структура. Мягкая сталь с содержанием фосфора 0,09—0,13% (литая) и даже до 0,4% (пудлинговая) применяется для гаек, где ее хрупкость способствует получению чистой нарезки без заусенцев; такая сталь лучше получается пудлингованием.

Кислород является одной из самых важных и самых вредных примесей в С. Его количество в С. в последнее время определяется с помощью метода Джордана (Jordan) плавкой С., помещенной в графитовом тигле в вакууме. Окислы железа восстанавливаются углеродом тигля, и получающаяся СО улавливается и взвешивается. Анализы образцов С. на кислород обнаруживают разное его количество, зависящее от состава С. и способа ее производства. В общем С. с низким содержанием кислорода имеют его 0,007%, а с высоким 0,040—0,060%; 0,01—0,03% кислорода считаются средним его количеством. Кислород присутствует в С. в виде

мелких частиц закиси железа (вкл. л., 7) и входит в состав большинства неметаллич. включений. Кислородные включения значительно понижают механич. свойства С. и придают ей хрупкость. Вместе с тем отсутствие кислорода в С. или поглощение его при *цементации* (см.) вызывает аномальность С., к-рая препятствует термич. обработке и способствует образованию мягких мест на закаленных изделиях.

Ржавление (коррозия) С. В настоящее время большинство металловедов считает ржавление (коррозию) С. электрохимич. явлением. Согласно этому железо растворяется в чистой воде, давая $Fe(OH)_2$ до тех пор, пока вода не будет насыщена ионами железа и не будет достигнуто состояние равновесия. Затем в присутствии кислорода происходит реакция:



Гидроокись железа $Fe(OH)_2$ выделяется в виде красно-коричневого осадка, она постепенно переходит в окись железа Fe_2O_3 , к-рая и является ржавчиной. Коррозия С. не может происходить в сухом воздухе или в совершенно чистой воде, но т. к. обычно вода всегда содержит в растворе кислород, то на влажном воздухе железо всегда ржавеет (см. *Коррозия*). Химич. состав С. и ее термич. обработка существенным образом влияют на скорость коррозии. Нержавеющие высокохромистые С., а также разные сплавы никеля, хрома, кремния и железа бывают очень стойкими в отношении коррозии.

Табл. 2.—Простые поделочные стали.

Наименование марок	Качество	Временное сопротивление на разрыв, кг/мм ²	i в %		Загиб холод. на 180° до	Ближкие по механич. свойствам мар. б. об-ва Продамета	Примечание
			Образец				
			длинн.	корот.			
Ст. 0	—	—	—	—	d = 1a	Торговое железо	—
Ст. 1	Повыш. Норм. Пониж.	— 31 40	30 28 25	35 33 30	d = 0a вплотную	МММС	Железо высшей степени мягкости, пластичности и тягучести: сварные трубы, огневые части паровых котлов
Ст. 2	Повыш. Норм. Пониж.	— 33 42	— 25 22	— 30 26	d = 0a вплотную	ММС МММ	Паровые котлы и изделия, требующие большую крепость, чем МММС, МММ; для баков, резервуаров и пр.
Ст. 3	Повыш. Норм. Пониж.	— 37 45	— 22 18	— 26 22	d = 1a	—	Принимает малозаметную закалку, обладает хорошей ковкостью и вязкостью
Ст. 4	Повыш. Норм. Пониж.	— 42 50	— 20 16	— 24 20	d = 2a	МС М	Речное судостроение, машинные части высокой вязкости при достаточной твердости
Ст. 5	Повыш. Норм. Пониж.	— 50 60	18 16 12	22 20 14	d = 3a	ОС О	Принимает слабую закалку. Для изделий, требующих средней твердость, хорошую вязкость, хорошую ковкость: оси, шатуны, разные части машин и станков
Ст. 6	Повыш. Норм. Пониж.	— 60 70	— 12 8	— 14 9	—	ББС ББ* РЛ	Изделия и инструменты, требующие значительную твердость: рельсы, лопаты и пр.
Ст. 7	Повыш. Норм. Пониж.	— 70 82	— 10 —	— 12 —	—	Б Р	Изделия и грубые инструменты, требующие особую твердость

a—толщина образца, подвергающегося загибу.

Табл. 3.—Марки стали (по DIN).

Марка	Временное сопротивление на разрыв, в кг/мм ²	i в %		Предел текучести, кг/мм ²	Химический состав				Примечание	
		Образ. корот.	Образ. длинный		Углерод	Сера и фосфор	Марганец	Кремний		
St C 10.61	38	30	25	21	0,06—0,13	Не более 0,04% в отдельности, в сумме же не более 0,07%	0,5	0,35	С. для цементации	
St C 16.61	42	28	23	23	0,13—0,20		0,4	0,35	Образцы отожженные	
St C 25.61	42—50 47—55	27 24	22 20	24 28	0,25		0,8	0,35	С. для улучшения	
St C 36.61	50—60 55—65	23 22	19 18	28 33	0,35					Предел текучести равен ок. 0,5 временного сопротивления
St C 45.61	60—70 65—75	19 18	16 15	34 39	0,45					
St C 60.61	70—85 75—90	15 14	13 12	40 45	0,60					Нижние цифры для улучшенного состояния

Разные примеси в С., распределяющиеся неравномерно в ее структуре, могут и ускорять и замедлять коррозию в зависимости от того, какие потенциалы имеют структурные компоненты, к-рые они образуют. Обычно неоднородная С., содержащая вредные примеси (серу, фосфор), корродирует очень быстро.

Классификация и применение углеродистых С. В СССР и за границей произведены большие работы по стандартизации различных сортов С. В общем все углеродистые С. можно разбить на следующие три группы: 1) С., применяемые в машиностроении и строительстве в состоянии поставки, т.е. без термич. обработки; 2) конструкционные С., подвергающиеся термич. обработке; 3) инструментальные С. Для простой поделочной С. в СССР разработан проект классификации, приведенной в табл. 2. Т.к. эти С. термообработке не подвергаются, то в основу этого проекта положены их механич. свойства. В довоенное время большинство поделочных С. изготовлялось по нормам б. об-ва Продамета, к-рые для сравнения также приведены в табл. 2.

Для конструкционных С., подвергающихся термич. обработке, общесоюзные нормы до сих пор еще не разработаны. Авиапромышленность, автотракторная пром-сть, с.-х. машиностроение и др. разрабатывают пока эти нормы каждая для себя. Германия, США и другие страны имеют для таких С. общепромышленные спецификации, в основу которых положен химич. состав, обеспечивающий надежность операций закалки, цементации и пр. В табл. 3 приведена герм. спецификация по DIN (1924—25 г.) конструкционных С., подвергающихся термообработке. Условные обозначения этой таблицы строятся по следующей схеме: обозначение материала, обозначение его химических свойств, обозначение группы и подгруппы материалов по десятичной классификации, например St C 16.61—С. с 0,16% углерода (для цементации). В США для С., подвергающихся термич. обработке, имеется спецификация Об-ва автомобил-

ных инженеров (SAE). Эта спецификация пользуется там большой популярностью, и на бирже котируются цены С. по номерам SAE. Спецификация SAE охватывает как простые углеродистые, так и сложные С. Классификация С. SAE основана на спецификации их химич. состава; механич. свойства меняются в зависимости от термич. обработки и в стандарт не введены (табл. 4). Каждый сорт С. SAE имеет определенный номер, точно отвечающий химич. составу С. Первая цифра слева каждого номера характеризует класс С. (в данном случае 1—углеродистой С.); вторая цифра 0 обозначает, что специальных примесей в этой С. нет; две последние цифры обозначают число сотых % углерода.

Табл. 4.—Спецификация углеродистых сталей (в %).

№ стали по SAE	C	Mn	P не более	S не более
Углеродистые С.				
1010	0,05—0,15	0,30—0,60	0,045	0,055
1015	0,10—0,20	0,30—0,60	0,045	0,055
1020	0,15—0,25	0,30—0,60	0,045	0,055
1025	0,20—0,30	0,50—0,80	0,045	0,055
1030	0,25—0,35	0,50—0,80	0,045	0,055
1035	0,30—0,40	0,50—0,80	0,045	0,055
1040	0,35—0,45	0,50—0,80	0,045	0,055
1045	0,40—0,50	0,50—0,80	0,045	0,055
1050	0,45—0,55	0,50—0,80	0,045	0,055
1095	0,90—1,05	0,25—0,50	0,040	0,055
1315	0,10—0,20	1,25—1,55	0,050	0,085—0,135
1350	0,45—0,55	0,90—1,2	0,040	0,055
1360	0,55—0,70	0,90—1,2	0,040	0,055
Гаечная и автоматная С.				
1112	0,08—0,16	0,60—0,80	0,09—0,13	0,08—0,135
1120	0,15—0,25	0,60—0,90	0,06	0,08—0,135
Стальная литье				
1235	Сколько требуется по механич. свойствам	—	0,05	0,055

Применение малоуглеродистых конструкционных С. приведено в табл. 2. Углеродистые С. имеют еще следующее применение. С. с 0,1—0,2% С применяются для всех изделий, к к-рым не предъявляются особых требований: болтов, заклепок, шпилек; такие С. подвергаются специальной термич. обработке—цементации. Эти мягкие С. хорошо поддаются холодной штамповке и протяжке. Стали с 0,3—0,4% углерода являются осевыми С. и применяются для всевозможных осей, валов, коленчатых валов, шатунов и пр. С. с 0,4—0,5% углерода применимы после соответствующей термич. обработки хорошими режущими свойствами и применяются для всевозможных ударных частей (зубил), дисков и в качестве инструментальных С.

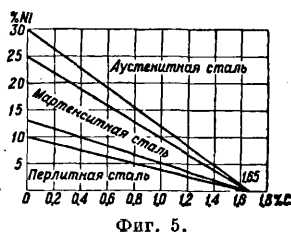
Инструментальные углеродистые С. принимают поверхностную закалку без глубокого ее проникновения и благодаря вязкой сердцевине хорошо сопротивляются ударам. Обычно они имеют следующий химич. состав: 0,65—1,5% С, 0,2—0,4% Mn, 0,1—0,3% Si, не более 0,03% фосфора и серы (каждого в отдельности). С. с содержанием 0,50—0,65% углерода применяются для ударных инструментов (резкие удары): молотки, зубила и т. п.; с содержанием 0,65—0,85%—для инструментов (спокойные удары): пуансонов, штемпелей; с содержанием 0,9—1,1%—для режущих инструментов (с толчками): сверла, фрезы, ножи по дереву; с содержанием 1,1—1,5%—для спокойно режущих инструментов, напр. резцы по металлу. Термич. обработка инструментальной С.—см. Термическая обработка. Состав и механич. свойства С., применяемых на за-дах Форда, приведены в табл. 5. О твердости, закалке, испытании углеродистых С. на растяжение, сжатие, удар—см. Стр. ТЭ, т. II, стр. 274—304.

Сложные С. Сложными С. (Alloy Steels, Legierte Stähle) называются С. с содержанием специальных элементов: никеля, хрома, ванадия, вольфрама, молибдена, значительных количеств кремния и марганца. Повышенная стоимость сложных С. в производстве оправдывается их высокими механич. качествами после термической обработки. В обыкновенных углеродистых сталях, особенно при изделиях больших сечений, при закалке невозможно остановить распадение аустенита настолько, чтобы получить те высокие свойства, к-рые требуются для автомобильных и других современных машинных частей. Как известно, сердцевина у крупных сечений углеродистой С. даже при резкой закалке остается незакаленной. Прибавление одного или нескольких названных специальных элементов тормозит аустенитное распадение и позволяет получить закалку во всем сечении С. Последующий отпуск создает сорбитную структуру, отвечающую наилучшим механич. свойствам С.

Классификация. Сложные С. можно классифицировать сообразно их структуре, полученной после медленного охлаждения (начиная с t° выше критической), след. обр. С. перлитного класса содержат небольшое количество специальных примесей. Перлитные С. являются самыми распространенными в машиностроении. Специальные примеси и термич. обработка значительно повышают их механич. свойства. С. мартенситного класса до последнего времени почти не имели применения в технике. Только за последние годы появились нержавеющие С. с мартенситной структурой,

завоевывающие себе все большее и большее применение. Они оказываются стойкими против разъедающего действия пресной и морской воды и кислот, обладают хорошими режущими свойствами и сохраняют высокие механич. свойства при повышенной t° . С. аустенитного класса содержат настолько большое количество специальных элементов, что даже при медленном охлаждении аустенит полностью сохраняется и все примеси находятся в нем в твердом растворе. Под микроскопом мы наблюдаем однородную зернистую структуру, вязкую, немагнитную и хорошо сопротивляющуюся нагреванию, раздвиганию и истиранию. Высокомарганцовистая сталь Гадфильда, нек-рые нержавеющие С. и высоконикелевая С. (инвар) с коэф-том расширения, приближающимся к нулю (в интервале $+20 \div 100^\circ$), являются типичными примерами С. аустенитного класса. С. карбидного класса содержат большое количество вольфрама, хрома, молибдена и ванадия. Структура их состоит из большого количества карбидов, рассеянных в основной массе структуры. Быстрорежущая С. и высокохромистая для волоочильных досок являются характерным примером стали карбидного класса. На фиг. 5 изображена диаграмма Гийе (Guillet), поясняющая влияние содержания специальных примесей и углерода на структуру медленно охлажденных сложных С. На ней изображены области перлитного, мартенситного и аустенитного классов.

Влияние специальных элементов. Все специальные элементы по их влиянию на структуру С. можно разбить на следующие три группы: 1) элементы, образующие с α -железом твердые растворы (никель и кремний); 2) элементы, образующие и твердые растворы и устойчивые карбиды с углеродом (ванадий, марганец, молибден и вольфрам); 3) элементы, образующие карбиды и обладающие незначительной растворимостью в α -железе (хром). Никель и марганец понижают критические точки С.; хром сначала понижает, потом с увеличением содержания его повышает; кремний, молибден, вольфрам и ванадий их повышают. На фиг. 6 приведена диаграмма, показывающая влияние Ni, Cr, Mn, W и Si по данным определения их дилатометрич. методом. Положение критич. точек зависит не только от химич. состава С., но и, особенно при нагревании, от ее исходной структуры, т. е. размеров и формы частиц карбидов. Всякая прибавка в С. специальных элементов, как показывает диаграмма фиг. 6, увеличивает гистерезис, т. е. разницу между критич. точками при нагревании и при охлаждении. Особенно ярко проявляется



Фиг. 5.

Фиг. 6: Diagram showing the influence of alloying elements (Ni, Cr, Mn, W, Si) on the critical temperatures of steel. The x-axis represents the percentage of alloying elements (0 to 10%) and the y-axis represents temperature (500 to 1100). Several curves are shown, labeled with chemical symbols: $Si, Cr, W, Ni, Mn, V, Si, Ar_3$, W, Ar_3 , Cr, Ar_3 , Mn, Ar_3 , Ni, Ar_3 , W, Ar_3 , Ni, Ar_3 . The curves show that the addition of these elements generally shifts the critical temperatures to higher values, especially at higher alloying levels.

Фиг. 6.

Особенно ярко проявляется влияние Ni, Cr, Mn, W и Si по данным определения их дилатометрич. методом. Положение критич. точек зависит не только от химич. состава С., но и, особенно при нагревании, от ее исходной структуры, т. е. размеров и формы частиц карбидов. Всякая прибавка в С. специальных элементов, как показывает диаграмма фиг. 6, увеличивает гистерезис, т. е. разницу между критич. точками при нагревании и при охлаждении. Особенно ярко проявляется

Табл. 5.—Стали, применяемые

Марки С.	Содержание элементов, %					
	C	Mn	Cr	Si	P до	S до
A*4	0,20—0,24	0,60—0,75	0,65—0,80	0,10—0,15	0,03	0,04
AX	0,18—0,22	0,65—0,75	0,80—0,95	0,10—0,20	0,03	0,04
AA	0,26—0,30	0,65—0,80	0,80—1,00	0,10—0,20	0,03	0,04
AA—особая	0,28—0,32	0,65—0,80	0,80—1,00	0,10—0,20	0,03	0,04
AAA	0,30—0,35	0,65—0,80	0,90—1,10	0,10—0,20	0,03	0,04
AAAAH	0,35—0,38	0,65—0,80	0,90—1,10	0,10—0,20	0,03	0,04
AAAAI	0,38—0,42	0,65—0,80	0,90—1,10	0,10—0,20	0,03	0,04
AAAAA	0,42—0,47	0,70—0,90	0,85—1,10	0,10—0,20	0,03	0,04
AAAAA	0,48—0,52	0,70—0,90	0,85—1,10	0,10—0,20	0,03	0,04
Арматурная	0,05 макс.	0,30 макс.	—	0,12—0,28	0,03	0,04
B	0,95—1,05	0,20—0,30	0,40—0,50	0,20—0,30	0,03	0,04
BB	0,95—1,05	0,20—0,30	0,90—1,10	0,20—0,30	0,03	0,04
BBB	0,95—1,05	0,30—0,40	1,25—1,50	0,20—0,30	0,03	0,04
№ 1—Бессемеровская	0,09—0,13	0,70—0,90	—	—	0,03—0,13	0,08—0,12
Специальная бессемеровская	0,06—0,08	0,30—0,40	—	—	0,05	0,10
C (ключи)	0,30—0,40	0,50—0,80	—	0,10—0,20	0,05	0,05
C (чистое железо)	0,03 макс.	0,12 макс.	—	—	0,01	0,04
D	0,45—0,52	0,80—0,95	1,00—1,20	0,10—0,20	0,03	0,04
DD	0,48—0,52	0,80—0,95	1,00—1,20	0,10—0,20	0,03	0,04
Штампы (аякс)	0,60—0,75	0,30—0,40	3,25—3,75	0,10—0,20	0,03	0,03
Штампы (молота) *5	0,47—0,55	0,50—0,60	0,60—0,75	0,10—0,20	0,03	0,03
E	0,27—0,35	0,70—0,90	—	0,07—0,15	0,04	0,05
EE	0,35—0,40	0,70—0,90	—	0,07—0,15	0,03	0,05
EEE	0,40—0,45	0,70—0,90	—	0,07—0,15	0,03	0,05
EEE—особая	0,38—0,42	0,70—0,90	—	0,07—0,15	0,03	0,05
Динамная	0,05 макс.	0,30 макс.	—	0,90—1,20	0,03	0,03
G	0,08—0,15	0,30—0,45	—	0,07—0,15	0,03	0,05
GG	0,13—0,20	0,30—0,45	—	0,07—0,15	0,04	0,05
H	0,27—0,37	0,45—0,60	—	0,07—0,15	0,04	0,05
L	0,23—0,30	0,35—0,50	—	—	0,04	0,05
L. C. O. H.	0,08—0,15	0,35—0,50	—	—	0,04	0,05
N	0,10—0,15	0,25—0,40	0,25—0,35	0,10—0,20	0,03	0,04
Нержавеющая 18% Cr *6	0,05—0,10	0,40—0,45	16,0—18,0	0,50 макс.	0,04	0,05
Нержавеющая 18% Cr, 8% Ni	0,05—0,10	0,30—0,45	16,0—18,0	0,15—0,30	0,04	0,05
S	0,60—0,70	0,70—0,85	—	0,15—0,20	0,03	0,04
SS	0,80—0,95	0,50—0,45	—	0,10—0,20	0,03	0,04
Музыкальная проволока	Одинаковое с S или SS					
Автоматная	0,20—0,30	0,70—1,00	—	—	0,06	0,10—0,15
V	0,35—0,45	0,25—0,40	1,85—2,50	3,60—4,20	0,03	0,04

*1 Упругие свойства, по всей вероятности предел текучести и предел пропорциональности, всюду слишком маркировка, а высшим—белая с зелеными полосами. *5 «B» и «C» перед числом твердости означает шкалу

на заводах Форда.

Маркировка концов	Типичные изделия	Механич. свойства типичных изделий				
		Временное сопротивление, кг/мм ²	Текучесть или пропорциональность *1	Сужение, %	Удлинение, %	H _{Br}
*2	Ведущие шестерни	90	65	31	15	250
Белый и черный	Болты шпинделя	80	60	38	22	175
	Поворотные червяки	—	—	—	—	—
Красный и черный	Передние оси	95	90	65	15	270
	Шатуны	105	100	53	13	300
Т-198 все элементы	Гайки для болтов	—	—	—	—	—
	Крышки шатуна	90	85	66	15,5	260
Красный и белый	Шпиндели передней оси	120	110	56	14	320
	Крестовины дифференциала	120	100	45	15	С 40
	Планетарные шестерни	155	140	25	8	С 50—55 *3
	Стандартные болты с шестигранной головкой	100	—	60	15,5	240
Красн., белый и синий	Валики водяного насоса	—	100	60	14	300
	Шестерня контрвала	155	130	25	8	С 50—55
Красн., зеленый и желтый	Ведущие шестерни	175	145	25	8	С 48—53
	Шестерни перемены скоростей	—	—	—	—	—
Красный и зеленый	Задние полуоси	115	105	42	17	310—387
	Шестерни малой скорости	180	165	25	10	—
Синий и белый	Валики трансмиссии	180	165	25	10	С 48—55
	Арматуры стартера	—	—	—	—	—
	Малые шарикоподшипники	—	—	—	—	—
	Большие шарики и малые обоймы	210	195	2	2	С 63
Синий и черный	Обоймы больших шарикоподшипников	—	—	—	—	—
	Неответственные гайки	56	45	50	20	175
Алюминиевый	Поворотные валы (цементиров.)	35	28	—	18	—
	Ключи	80	70	60	20	220
Бело-зеленые полосы	Электроды для сварки	—	—	—	—	—
	Задние рессоры	140	125	50	15	380
Зеленые	Передние рессоры	150	130	50	14	420
	Штампы	—	—	—	—	—
Красный	Штампы	—	—	—	—	—
	Поворотные вилки	70	40	60	27	165
Желтый	Ведущие валы	80	65	38	10	250
	Коленчатые валы	100	90	51	15	350
Красный и желтый	—	—	—	21	—	180
	Кожуха задних осей	70	50	6	2	525
	Распределительные валы	180	170	—	—	—
	Листы для генераторов	—	—	—	—	—
Черный	Болты, гайки и заклепки	37	24	68	38	115
	Звенья башмаков тормозов	58	55	67	15	170
Черный	Концы крышек вала сцепления	56	40	60	30	160
	Детали рам	50	33	32	—	135
Синий	Листы кузовов	45	30	45	50	130
	Поршневые пальцы	—	—	—	—	—
Черно-желтые полосы	Покрышки ступиц	52	35	—	27	В 83 *3
	Покрышки радиаторов	63	30	—	53	В 74
Зеленый и черный	Пружины клапанов	160	135	—	4,5	С 42
	Пружины муфт	170	140	—	2,0	С 50
Синий и желтый	Пружины дверных замков	210	185	—	6,3	—
	Валы подвесов устрани. дрожаний	—	—	—	—	—
	Клапаны	50	35	40	25	275

высоки по отношению к временному сопротивлению. *2 Низшим пределам анализа стали А отвечает белая Роввелла «В» или «С». *4 Содержит 0,12—0,15 V. *5 Содержат 1,50—1,75 Ni. *6 Содержит 7,0—9,0 Ni.

это при повышенных скоростях нагрева и охлаждения. Элементы, образующие твердые растворы с α -железом (никель, ванадий и др.), делают феррит С. более прочным и вязким. Элементы же, образующие с углеродом карбиды (хром, молибден и др.), повышают твердость С. и сопротивляемость ее истиранию. Различное действие специальных элементов на структуру и механические свойства объясняет распространение в производстве четверных сплавов, например хромоникелевых С., хромованадиевых, хромомолибденовых. У них один из элементов образует преимущественно с α -железом твердые растворы, никель или ванадий упрочняют феррит и делают его лучшей основой для распределенных в нем сложных карбидов другого элемента (хрома, молибдена и др.). При этом присутствие специальных элементов способствует получению мелких частиц карбидов и сорбитовой структуры, к-рая отвечает наилучшим механич. свойствам С. Восприимчивость С. к закалке (см.) и распространение ее на большую глубину сильно повышают следующие элементы: молибден, хром, вольфрам и отчасти ванадий, особенно в четверных сплавах с никелем, марганцем и ванадием. Добавка специальных элементов в расплавленную С., уже сама по себе действуя как раскислитель или десульфуризатор или дегазификатор, в большинстве случаев повышает качество С. Иногда специальные элементы добавляются для получения каких-нибудь особых физич. свойств С., напр. для увеличения остаточного магнетизма (см. *Динамная сталь* и *Магнитные материалы*), для получения минимального коэффициента расширения, а также для повышения сопротивления коррозии.

Спецификация сложных С. SAE. Спецификация С. SAE пользуется большим распространением в США, и большая часть сложных С. изготавливается там согласно этой спецификации. Большинство сложных С. (80% всего количества), изготавливаемых по этой спецификации, производится в основных мартеновских печах, остальная же часть гл. обр. электроплавкой. Спецификация SAE основана на определении химич. состава С. и кроме того ориентировочно в особях таблицах, помещенных в SAE Handbook, дает механич. свойства и твердость после закалки при различных t° отпуска, а также примерные рецепты термич. обработки и цементации. Спецификация содержит только перечисление разных сортов С., назначение их не стандартизировано, т. к. оно зависит от значительного количества факторов: цены и возможности своевременного получения материала, деталей конструкции частей, условий службы, удобстваковки и штамповки, обработки режущим инструментом и других факторов технологич. процесса. С. по спецификации SAE обозначается номерами, к-рые ясно характеризуют ее состав. Первая цифра обозначает класс стали: 1—углеродистая, 2—никелевая, 3—хромоникелевая, 4—молибденовая, 5—хромистая, 6—хромованадиевая, 7—вольфрамовая, 9—кремнемарганцовистая. В случае сложных С. вторая цифра обозначает округленный % примеси главного специального элемента. Последние две цифры показывают число сотых процента углерода. Все сложные сорта С. SAE приведены в табл. 7. Схематично конструкционные С. SAE можно разделить на три группы соответственно содержанию в них углерода. Содержание 0,15% углерода—С. для

цементации, 0,3% углерода—закаляющиеся в воде и 0,5% углерода—закаляющиеся в масле. Система маркировки высококачественных и качественных С. в СССР см. ОСТ 4956, 4957 и 4958.

Хромистые С. Хром является дорогой, но очень важной распространенной специальной примесью в С. Известные з-ды Форда в производстве автомобилей и тракторов широко пользуются хромистыми С. Хром образует с углеродом и специальными элементами сложных С. карбиды. Хром увеличивает твердость и сопротивлению изнашиванию С., способствует глубокому проникновению закалки, увеличивает сопротивляемость коррозии и вообще повышает механич. свойства ее. Очень часто он применяется в четверных С. Для обыкновенных хромистых С. типа SAE 52100 наиболее распространены следующие две:

	C	Cr	Mn	Si
I	0,30	0,90	0,70	0,25
II	0,50	1,00	0,75	0,25

Оне применяются в закаленном и отпущенном состоянии. Первая С. применяется вязкой с $H_{Br}=325$, вторая—твердой после отпуска при $H_{Br}=525$. Механические свойства этих С. в зависимости от разных температур отпуска приведены в табл. 6.

Табл. 6.—Механические свойства хромистых сталей.

Сорт С.	Температура отпуска	Время отжига при разрыве, кг/мм ²	Предел текучести, кг/мм ²	Удлинение, %	H_{Br}
С. I, закаленная в воде при 830°	320	150	140	13	430
	430	140	130	14	390
	540	130	100	18	325
	650	95	80	25	250
С. II, закаленная в воде при 830°	320	180	160	11	512
	430	160	150	13	455
	540	140	110	17	375
	650	100	90	22	290

Благодаря своей высокой твердости хромистые С. SAE 52100 с 1% углерода и 1,5% хрома применяются для шариковых и роликовых подшипников. Шарики обычно содержат хрома на 0,3% и углерода на 0,1% меньше, нежели обоймы. С. для роликовых подшипников также имеют и несколько меньший % хрома и углерода. После закалки и отпуска они обладают твердостью по Роквеллу от H65 до R68. Применяется хром для сложных инструментальных С., быстрорежущих, твердых С. (для волоочильных досок, прокатных валков и для горячих штампов), а также для дешевых сортов С. (для магнитов). Испытание хромистых С. на растяжение, твердость, удар, срезывание и кручение—см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 307—314.

Основные типы нержавеющей С. Нержавеющие С., содержащие в больших количествах хром, по существу являются металлом неограниченного применения, начиная от ножей и хирургич. инструментов и кончая ответственнейшими частями машин, облицовкой америк. небоскребов и украшением автомобилей. Широкое их распространение заставляет промышленность предъявлять к ним самые разнообразные требования. Здесь и высокая твердость, хорошая обрабатываемость, высокое сопротивление удару и разрывающему усилию, доба-

Табл. 7.—Содержание элементов в сложных сталях SAE (в %).

№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Ni		
Никелевые С.							
2015	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,05	0,40—0,60		
2115	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,05	1,25—1,75		
2315	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,05	3,25—3,75		
2320	0,15—0,25	0,30—0,60	0,04	0,05	3,25—3,75		
2330	0,25—0,35	0,50—0,80	0,04	0,05	3,25—3,75		
2335	0,30—0,40	0,50—0,80	0,04	0,05	3,25—3,75		
2340	0,35—0,45	0,50—0,80	0,04	0,05	3,25—3,75		
2345	0,40—0,50	0,50—0,80	0,04	0,05	3,25—3,75		
2350	0,45—0,55	0,50—0,80	0,04	0,05	3,25—3,75		
2512	0,17	0,30—0,60	0,04	0,05	4,75—5,25		
№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Ni	Cr	
Хромоникелевые С.							
3115	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3120	0,15—0,25	0,30—0,60	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3125	0,20—0,30	0,50—0,80	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3130	0,25—0,35	0,50—0,80	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3135	0,30—0,40	0,50—0,80	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3140	0,35—0,45	0,50—0,80	0,04	0,05	1,00—1,50	0,45—0,75	
3215	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,045	1,50—2,00	0,90—1,25	
3220	0,15—0,25	0,30—0,60	0,04	0,045	1,50—2,00	0,90—1,25	
3230	0,25—0,35	0,30—0,60	0,04	0,045	1,50—2,00	0,90—1,25	
3240	0,35—0,45	0,30—0,60	0,04	0,015	1,50—2,00	0,90—1,25	
3245	0,40—0,50	0,30—0,60	0,04	0,015	1,50—2,00	0,90—1,25	
3250	0,45—0,55	0,30—0,60	0,04	0,045	1,50—2,00	0,90—1,25	
3312	0,17	0,30—0,60	0,04	0,045	3,25—3,75	1,25—1,75	
3325	0,20—0,30	0,30—0,60	0,04	0,045	3,25—3,75	1,25—1,75	
3335	0,30—0,40	0,30—0,60	0,04	0,045	3,25—3,75	1,25—1,75	
3340	0,35—0,45	0,30—0,60	0,04	0,045	3,25—3,75	1,25—1,75	
3415	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,045	2,75—3,25	0,60—0,95	
3435	0,30—0,40	0,30—0,60	0,04	0,045	2,75—3,25	0,60—0,95	
3450	0,45—0,55	0,30—0,60	0,04	0,045	2,75—3,25	0,60—0,95	
№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Cr	Ni	Mo
Молибденовые С.							
4130	0,25—0,35	0,40—0,70	0,04	0,05	0,50—0,80	—	0,15—0,25
4140	0,35—0,45	0,40—0,70	0,04	0,05	0,80—1,10	—	0,15—0,25
4150	0,45—0,55	0,40—0,70	0,04	0,05	0,80—1,10	—	0,15—0,25
4615	0,10—0,20	0,30—0,60	0,04	0,05	—	1,50—2,00	0,20—0,30
№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Cr		
Хромистые С.							
5120	0,15—0,25	0,30—0,60	0,04	0,05	0,60—0,90		
5140	0,35—0,45	0,50—0,80	0,04	0,05	0,80—1,10		
5150	0,45—0,55	0,50—0,80	0,04	0,05	0,80—1,10		
52100	0,95—1,10	0,20—0,50	0,03	0,035	1,20—1,50		
№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Cr	V	
Хромованадиевые С.							
6120	0,15—0,25	0,30—0,60	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6125	0,20—0,30	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6130	0,25—0,35	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6135	0,30—0,40	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6140	0,35—0,45	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6145	0,40—0,50	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6150	0,45—0,55	0,50—0,80	0,04	0,045	0,80—1,10	0,15—0,18	
6195	0,90—1,25	0,20—0,45	0,03	0,035	0,80—1,10	0,15—0,18	
№ стали по SAE	C	Mn до	P до	S до	Cr	W	
Вольфрамистые С.							
71360	0,50—0,70	0,30	0,035	0,04	3,00—4,00	12,00—15,00	
71660	0,50—0,70	0,30	0,035	0,04	3,00—4,00	15,00—18,00	
7260	0,50—0,70	0,30	0,035	0,04	0,50—1,00	1,50—2,00	
№ стали по SAE	C	Mn	P до	S до	Si		
Кремнемарганцовистые С.							
9250	0,45—0,55	0,60—0,90	0,045	0,05	1,80—2,20		
9260	0,55—0,65	0,60—0,90	0,045	0,05	1,80—2,20		

вочная вязкость, хорошая ковкость и наивысшая сопротивляемость коррозии. Естественно, что всем этим свойствам сразу один тип С. удовлетворить не может, и поэтому в настоящее время выявились семь основных типов нержавеющей С. Все они подвергаются закалке в масле и отпуску, хотя у некоторых С. они не обязательны для придания нержавеющей свойствам. Устойчивость поверхности нержавеющей С. зависит от степени ее правки (все следы окислы с нее д. б. удалены, иначе они служат центром коррозии). Химич. состав, термообработка и твердость всех семи типов нержавеющей С. приведены в табл. 8.

чается очень высокой сопротивляемостью коррозии, но хлористые, бромистые, иодистые к-ты и горячая серная к-та ее разъедают. Твердость ее м. б. увеличена лишь холодной обработкой. С. этого класса широко применяются в строительстве и пром-сти, напр. для всевозможной отделки зданий, автомобилей и пр. С. с 18% Cr и 8% Ni сохраняет свои механич. свойства при нагреве до t° 500—600°. Механич. свойства С. 3—5 типов приведены в табл. 9.

Нержавеющая С. с высоким содержанием хрома и никеля (6) является типичным жароупорным сплавом, не размягчающимся при высоких t° (до 1100°) и превосходя-

Табл. 8.—Характеристика нержавеющей сталей.

Тип С.	Название С.	Содержание элементов в %					Пределы t° при термообработке				H_{Br}	
		C	Cr	Ni	Si	Mn	Отжиг	Подогрев	Закалка	Отпуск	После отжига	После закалки
1	Обычного типа для ножей и друг. режущих частей	0,35	13,5	—	0,20	0,35	860—885	190—820	970—1 010	180—50	165	550
2	Улучшенного типа	0,75	17,5	—	0,40	0,35	830—885	800—830	1 000—1 050	150—23	200	600
3	Турбинного »	0,12	12,5	0,10	0,20	0,40	830—880	800—830	970—1 000	до 65	160	400
4	С хорошей ковкостью	0,08	18,00	—	0,15	0,50	760—800	760—800	970—1 000	—	140	250
5	С 18% Cr и 8% Ni	0,15	18,00	8,00	0,60	0,40	—	—	—	—	185	400
6	С высоким содержанием Cr и Ni	0,20	18,00	25,00	2,5	0,70	—	—	—	—	—	—
7	Сильхром для выхлопных клапанов	0,50	8,75	0,15	2,75	0,40	—	—	—	—	—	—

Фосфора и серы во всех нержавеющей С. должно быть меньше 0,02% каждого. Вследствие плохой теплопроводности нержавеющей С. перед ковкой приходится нагревать в два раза дольше обыкновенной; нержавеющей С. за исключением типа № 2 коутся плохо и требуют частых нагревов; пределы t° нагрева при ковке С. № 1, 2, 3 от 950 до 1100°, для № 4 от 870 до 1100° и для № 5 от 560 до 1300°. С. № 1, 2, 3 и 5 послековки закаливают на воздухе и перед механич. обработкой отжигают для придания мягкости: № 1, 2, 3—при t° 760—800° (до H_{Br} = 200 ÷ 250), а С. № 5—при 870—930° и даже при 1100—1200°.

Нержавеющая С. обычного типа (1), описанная Беарлем в его патенте, хорошо удовлетворяет многим требованиям, предъявляемым к ножам и другим режущим инструментам; твердость ее высокая, но все же уступает твердости высокоуглеродистой закаленной С. Нержавеющая С. улучшенного типа (2) отличается от первой своей повышенной твердостью и свойством сохранять в работе остроту режущего лезвия при тех же нержавеющей качествах. Хотя этот тип и был разработан для ножей, хирургич. и зубоврачебных инструментов, но он может применяться всюду, где требуются высокая твердость и сопротивляемость износу, напр. в шариковых подшипниках, частях клапанов и т. д. Для специальных целей содержание углерода в этой С. может быть повышено до 1% и выше. Эта С. поддается прокатке. Нержавеющая С. турбинного типа (3) после термич. обработки соединяет в себе высокое временное сопротивление и предел упругости со вполне достаточными удлинением и сужением и хорошей обрабатываемостью. Эта С. обладает и высоким сопротивлением коррозии и употребляется для турбинных лопаток, скалок насосов, валов, клапанов и других частей машин. Нержавеющая С. с хорошей ковкостью (4) изготовляется как в горячекатанном, так и в холоднокатанном виде; благодаря низкому содержанию в ней углерода и высокому хрома она коутся и выдерживает сложную штамповку не хуже мягкой низкоуглеродистой С. Нержавеющая С. с 18% Cr и 8% Ni (5) относится к аустенитному, немагнитному классу, отличается очень высокой вязкостью и хорошо выдерживает глубокую холодную штамповку и вытягивание. Она отли-

вающим все С. в отношении стойкости против окислы. Они применяются для различных деталей печей: частей их конвейеров, ящиков для отжига и цементации, барабанов для нагрева мелких изделий и т. д. Эта сталь коутся, сваривается и обрабатывается удовлетворительно.

Табл. 9.—Механические свойства нержавеющей сталей типов 3, 4 и 5.

Свойства	Турбинный тип		Тип с хорошей ковкостью		Тип с 18% Cr и 8% Ni	
	от	до	от	до	от	до
Предел пропорциональности, кг/мм ²	50	—	—	—	—	—
Предел текучести, кг/мм ²	—	—	35	38	21	28
Временное сопротивление, кг/мм ²	70	—	52	56	60	67
Предел упругости, кг/мм ²	35	—	—	—	—	—
Удлинение, %	20	—	27	30	55	60
Сужение, %	60	—	64	68	70	75
Сопротивление на удар по Изоду, в фт.-фн.	50	—	—	—	115	120
H_{Br}	200	240	—	160	135	145

Она обладает аустенитной структурой. Сильхром для выхлопных клапанов (7) является специальной нержавеющей С., весьма стойкой против образования окислы при высоких t° . При продолжительном действии высокой t° слой окислы, хотя и образуется, но очень тонкий и настолько прочный, что не отделяется даже при шлифовке и механической обработке. Сильхром обладает твердостью при красном нагреве и сохраняет достаточную проч-

ность при высоких t° , поэтому ножки клапанов в работе не вытягиваются под действием пружин. При охлаждении на воздухе сильхрому не принимает закалки и не разбивает седла клапанов; при ковке он не дает трещин и в мягком состоянии хорошо обрабатывается. В настоящее время почти все выхлопные клапаны современных тракторов изготавливаются из сильхрома.

Н и к е л е в ы е С. Никель и железо обладают полной взаимной растворимостью как в жидком, так и в твердом состоянии. Обычно никель растворен в феррите С. с низким его содержанием и в мартенсите и аустените С. с высоким его содержанием. В перлитных—конструкционных С. помимо уже указанного понижения критич. точек никель позволяет получить перлитную структуру при содержании углерода не 0,9, а 0,7 (5% Ni) или 0,75% (3,5% Ni). Упрочняя феррит и делая структуру перлита более мелкой, никель повышает (после соответствующей термич. обработки) временное сопротивление разрыву, предел текучести и твердость С. без заметной потери ее вязкости как в отожженных, так и в закаленных и отпущенных ее образцах. Высокое сужение, т. е. способность к большей местной деформации, никелевой С. имеет громадное значение при внезапном местном приложении значительной силы, т. е. при ударе, требуя большого количества работы для разрыва в месте разрушения. Никель повышает предел усталости термически обработанных С., но понижает модуль упругости (до 19 000 при 10% и выше). Никелевые С. закаляются при меньших скоростях охлаждения, нежели углеродистые, что, во-первых, позволяет применять для их закалки масляные ванны и свести к минимуму коробление и трещины, а, во-вторых, получать проникание закалки на большую глубину. Никель, препятствуя росту зерна при высоких t° , способствует сохранению мелкозернистости. При цементации никелевые С. обнаруживают большие преимущества перед простыми углеродистыми, давая равномерное проникание углерода; после закалки их вязкая середина значительно прочнее, а поверхность обладает малой хрупкостью и не дает трещин при шлифовке. Для цементации применяются С. SAE 2015, 2115, 2315, 2320 и 2512; последние для самых ответственных изделий. Никелевые С. SAE 2330 и 2335 закаляются как в воде, так и в масле и после отпуска применяются для деталей, подверженных ударам и требующих высокой вязкости и прочности: шатунов, поворотных цапф и пр. С. SAE 2340 и 2345 требуют закалки в масле и применяются для деталей, требующих высокой прочности: коленчатых валов, полуосей и пр. С. SAE 2350 применяется для закаливаемых в масле шестерен. Из высоконикелевых С. аустенитного класса интересна С. инвар, обладающая при 35—36% Ni коэф-том теплового расширения, близким к нулю. Высоконикелевые аустенитные С. с примесью хрома и кремния широко применяются как нержавеющие и жароупорные. Плохое свойство никелевых С. то, что никель способствует при многократных термообработках или при долгой выдержке при повышенной t° распаденю карбида (подобно Si), поэтому чистые никелевые С. редко применяются с повышенным содержанием углерода (более 0,15%), а взамен их применяются сложные С.: Ni—Cr, Ni—W, Ni—Mo.

Х р о м н и к е л е в ы е С. В хромоникелевых С. никель упрочняет ферритную основу

структуры, а хром делает более твердыми и устойчивыми карбиды. В результате С. также после термич. обработки обладают очень высокими механич. свойствами и широко применяются в производстве. Наиболее распространенными являются хромоникелевые С. серии SAE 3100. Для цементации применяются хромоникелевые С. с 0,12—0,20% углерода серии SAE 3100, 3200, 3300 и 3400, причем чем больше в них углерода, хрома и никеля, тем тверже и прочнее их середина. С. с большим содержанием углерода применяется для изделий более крупного сечения; С. всех серий со средним содержанием углерода (0,25—0,35%) применяются для деталей, требующих большой вязкости при ударах и прочности,—шатунов, деталей поворотного устройства передней оси автомобилей, осей вагонов и паровозов, колонн прессов и т. д. С. всех серий SAE с повышенным содержанием углерода (ок. 0,4%) применяются для изделий высокой прочности: коленчатых валов, полуосей, штампов, шпинделей и т. д. Хромоникелевые С. всех серий с содержанием углерода 0,45—0,55% применяются для закаливаемых в масле шестерен и обладают очень высокой твердостью. Испытание хромоникелевых сталей на растяжение, твердость, удар, сжатие, кручение—см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 318—325.

В а н а д и е в ы е С. Ванадий занимает в периодич. системе среднее место между элементами, применяемыми как раскислители, и элементами, добавляемыми в сложные С. и образующими карбиды. Ванадий является очень ценным элементом, вследствие этого он не применяется как раскислитель, а добавляется в С. уже после ее раскисления. Он делает С. мелкозернистой и значительно повышает ее механич. свойства. Ванадиевая С. редко имеет видманштеттову структуру и обладает меньшей дендритной ликвиацией. Ванадий может и растворяться в феррите, значительно его упрочняя, и образовывать карбиды, причем последние в виду трудности диффузии ванадия в решетке α -железа не обнаруживают значительного роста и способствуют образованию мелкой сорбитовой структуры. Прибавка 0,2% ванадия делает С. мелкозернистой с сорбитообразным перлитом, прочной, вязкой и хорошо сопротивляющейся ударам. В количестве 1—2% ванадий прибавляется к быстрорежущей и другим инструментальным С. Наибольшим распространением пользуются хромованадиевые конструкционные С. серий SAE 6100. Из них С. 6115, 6120 и 6125 применяются для цементированных изделий: автотранспортных шестерен, распределительных валов и поршневых пальцев. С. 6120 и 6125 очень хороши для цианирования; при этом образуются мелкие без длинных игол нитриды, и переход от твердой поверхности к вязкой сердцевине постепенный. Эти С. применяются также и для пароперегревателей, баллонов для сжатых газов, труб химич. аппаратуры и т. д. Благодаря сохранению механич. свойств при повышенных (до 500°) t° . С. 6125, 6130, 6135 и 6145 применяются после закалки и отпуска; механич. свойства ванадиевых сталей приведены в табл. 10.

С. 6125 и 6130 применяются для осей, шатунов, частей поворотного механизма автомобиля, оправок, шпинделей и валов машины, орудий и пр.—там, где требуются вязкость, прочность и необходимость после термич. обработки произвести механич. обработку. С. 6135 приме-

Табл. 10.—Механические свойства термически обработанных ванадиевых сталей.

№ С. по SAE	Предел текучести, кг/мм ²	Временное сопротивление, кг/мм ²	Удлинение, %	Сужение, %	H _В
6125 и 6130	80—100	95—110	20—17	65—60	286—340
6135	150—50	160—70	8—25	10—60	141—207
6145	175—90	190—105	6—17	25—50	550—320
6115					
(пружины) Ванадиевая с 0,5% С и 0,18% V	130—140	140—150	14—10	10—28	375—444
	45	70	24	48	200

няется для мелких червячных шестерен и шестерен с косыми зубьями, мелких инструментов и ключей; она же идет на крупные изделия, где требуется высокая прочность, сопротивляемость усталости и вязкость, напр. шатуны и коленчатые валы дизелей, штоки паровых молотов. С повышенным содержанием хрома эта С. в США идет на химич. оборудование при синтезе аммиака и оборудовании нефтяной промышленности. С. 6145 применяется для крупных деталей, подвергаемых очень высоким напряжениям и истиранию (напр. закаливаемых в масле шестерен), для наиболее ответственных пружин автомобилей, а в последнее время для паровозных и вагонных пружин. Ванадиевая С. с 0,45—0,55% С и 0,18% V широко применяется для паровозных крупных поковок взамен SAE 1045. В табл. 10 приведены свойства нормализованнойковки такой ванадиевой С. сечением 350 мм; в меньших поковках, напр. автомобильных коленчатых валах, свойства ее выше. Ванадиевые, хромованадиевые и никелеванадиевые С. широко применяются и для фасонного литья крупного (для паровозов и тяжелого машиностроения) и мелкого. Испытание ванадиевых С. на растяжение, твердость, удар, срезывание и кручение — см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 329—332.

Вольфраmistые С. Вольфрам растворяется в γ -железе и остается в твердом растворе в α -железе при обыкновенной t° . Вместе с тем в присутствии углерода и других элементов он образует сложные карбиды. В виду большого атомного объема вольфрам с трудом диффундирует в решетке железа даже при повышенных t° . Закаленная вольфраmistая С. с большим трудом поддается отпуску, чем и объясняется высокая твердость быстрорежущей С. при красном нагреве. Критические точки вольфраmistой С. зависят не только от количества углерода и вольфрама в ней, но и от t° , до которой С. была нагрета, времени выдержки и скорости охлаждения. Вольфраmistые С. применяются гл. обр. для всевозможных инструментов, а также для постоянных магнитов. Наиболее известным и важным типом вольфраmistой инструментальной С. является быстрорежущая С. Она сохраняет свою твердость при самых больших скоростях резания, при нагреве ее почти до темнокрасного каления. Наиболее распространенный состав быстрорежущей С.: 18% вольфрама, 4% хрома, 1% ванадия. Второй по распространенности является быстрорежущая С. (14 : 4 : 2) с содержанием 14% вольфрама, 4% хрома и 2% ванадия. Некоторые сорта быстрорежущей С. содержат 3—5% кобальта, который дает лезвию инструмента устойчивость и повышает сопротивляемость резов износу. Иногда в быстрорежущей С. присутствует молибден. В современной металлургии существует

тенденция повышения содержания углерода и ванадия в быстрорежущей С. Свои высокие режущие свойства и способность сохранять твердость при красном нагреве быстрорежущая С. получает благодаря правильной термич. обработке. обработка быстрорежущей С. состоит из трех операций. Первая из них—отжиг при 870° послековки для достижения однородной мелкозернистой структуры; вторая—закалка, для чего быстрорежущая С. сначала медленно и равномерно нагревается до 800° и затем переносится в другую печь с t° 1 200—1 350° (смотря по составу: 1 200° при 12% W, 1 350° при 18% W и 1% V) и быстро там нагревается. Немедленно по достижении наивысшей возможной t° инструмент вынимается и закаливается в свинце (500°), и затем охлаждение оканчивается в струе воздуха. В результате такой закалки основная масса микроструктуры быстрорежущей С. получается аустенитной. Третья операция—отпуск при 600°—производится для превращения аустенита в мартенсит, отличающийся гораздо большей твердостью. В результате быстрорежущая С. получает структуру (вкл. л., δ), где в мартенситной основе расположены карбиды.

Вестгрен и Прагмен исследовали структуру карбида быстрорежущей С. при помощи X-лучей и пришли к выводу, что он имеет решетку куба с центрированными гранями, со стороной $11,04 \cdot 10^{-8}$ см. В состав его элементарного куба входят 112 атомов. Примерная ф-ла этого карбида Fe_4W_2C . В быстрорежущей С. могут присутствовать и другие карбиды, напр. ванадия, а хром может входить в сложный карбид железа, вольфрама и углерода. Другим сортом вольфраmistой инструментальной С. является отделочная и низковольфраmistая С., хорошо сохраняющая острое лезвие и употребляемая для снятия стружек малого сечения, т. е. для работ, где не встречается ударов, к-рым она плохо сопротивляется. Отделочная С. применяется для метчиков винторезного инструмента, разверток и пр. Состав ее: 1,35—1,50% С; 3,5—5% W; 0,5—1,0% Cr; 0,2—0,3% V. Наконец для горячих штампов в условиях тяжелой работы и большой производительности применяется также вольфраmistая С. Здесь она должна сохранять свою твердость при высоких t° , сопротивляться износу, выдерживать удары и не должна давать резких изменений объема при переменном действии высоких t° . Состав вольфраmistой С. для горячих штампов: 0,30—0,45% Cu; 10—14% W; 2—3% Cr; 0,2% V.

Молибденовые С. По своим свойствам молибден похож на вольфрам. Он образует с железом твердый раствор и дает с углеродом и железом сложные карбиды. Растворение этих карбидов и диффузия составляющих их атомов в решетке железа происходят очень медленно. При термической обработке молибден облегчает закалку крупных сечений С., требует высоких t° отпуска и устраняет хрупкость после отпуска. Молибденовые С. обладают меньшим ростом зерна, сорбитообразным перлитом, высокой прочностью, вязкостью и сопротивляемостью износу; вместе с тем молибденовые С. обладают хорошей свариваемостью; они даже при $H_{В} = 350$ обладают хорошей обрабатываемостью. Молибден является очень ценным элементом и благодаря своему очень сильному влиянию на свойства С. прибавляется к последней в небольшом количестве (0,15—0,25%) и применяется вместе с хромом, марганцем и ни-

кедем. За последнее время молибденовые С. начали получать чрезвычайно широкое распространение в авиационной и автотракторной промышленности и в С., изготовляемых для нитрирования. Спецификация SAE предусматривает ряд хромомолибденовых С., из них SAE 4115 является одной из наилучших для цементации и применяется для автотракторных шестерен, поршневых пальцев, роликовых подшипников и т. д. С. SAE 4130 применяется для автотракторных полусосей, болтов, поворотных цапф и пр., закаливается она в воде. С. SAE 4140 закаливается в масле и применяется для тех же деталей, что и SAE 4130. С. SAE 4150 применяется для деталей, подверженных сильному износу, напр. автотракторных шестерен, а также для сильно нагруженных автомобильных рессор. Хорошие механич. свойства обнаруживают и отливки из хромомолибденовой С. с 1% Cr и 0,5% Mo. В табл. 11 приведены механич. свойства хромомолибденовой С.

Табл. 11.—Механические свойства термически обработанных хромомолибденовых сталей.

№ С. по SAE	Предел текучести, кг/мм ²	Времен. сопротивл. на разрыв, кг/мм ²	Удлинение, %	Сужение, %	H_{Br}
4130	60—105	67—120	29—12	75—55	190—345
4140	67—120	77—127	25—10	73—55	230—400
4150	77—160	87—167	25—10	50—15	250—480

Высшие цифры относятся к С., закаленным и отпущенным при 430°, а низшие—к отпущенным при 700°, другие t° отпуска 430—700° дадут промежуточные значения механических свойств.

Высоко марганцовистые С. перлитного и аустенитного класса. Помимо общего улучшения качества С. вследствие добавки марганца, действующего как раскислитель, дезаффикатор и десульфуризатор, марганец может добавляться в С. как специальный элемент, образующий с углеродом карбид Mn_3C и растворяющийся в феррите. Марганец понижает критические точки С., и аллотропическое превращение железа делается менее заметным, происходя постепенно в промежутке 150°. В табл. 12 приведена характеристика марганцовистых перлитных С., получивших за последнее время очень широкое применение в пром-сти.

Табл. 12.—Характеристика перлитных марганцовистых сталей.

Тип С.	Содержание элементов, %				Примерные механические свойства				
	C	Mn	P до	S	Предел текучести, кг/мм ²	Времен. сопротивл. разрыву, кг/мм ²	Удлинение, %	Сужение, %	H_{Br}
1	0,10—0,20	1,20—1,50	0,04	0,075—0,15	50—60	65—80	20—15	60—47	220—250
2	0,15—0,25	1,00—1,20	0,045	0,045	—	—	—	—	—
3	0,25—0,35	1,35—1,75	0,05	0,075—0,15	58—77	73—93	21—16	60—47	235—280
4	0,30—0,40	1,35—1,75	0,05	0,075—0,15	60—80	77—100	21—15	60—47	240—320
5	0,45—0,55	1,10—1,30	0,045	0,015	—	—	—	—	—

Высшие цифры относятся к С., закаленным и отпущенным при 430°, а низшие—к закаленным и отпущенным при 540°; другие t° отпуска дадут промежуточные значения механических свойств.

Добавка хрома в С. № 2 и 5 в количестве даже 0,5% повышает их механич. свойства. Кроме того спецификация SAE (см. табл. 4) предусматривает С. 1350 и 1360. Типы 2 и 5 очень часто применяются с добавкой разных количеств хрома, напр. многие детали трактора «Фордзон» изготовлялись из хромомарганцови-

стых С. Типы 1 и 2 применяются для цементации, а также и после закалки в воде. Типы 3 и 4 применяются, где требуются большая прочность, вязкость и хорошая обрабатываемость. С. типа 5 обладает очень высокими механич. свойствами и обычно применяется для шестерен, валов и пр.; она требует закалки в масле. Для фасонного литья применяются марганцовистые С. с содержанием марганца 1—2% и углерода 0,20—0,40%. В инструментальных С. марганца обычно немного (0,20—0,35%), кроме не изменяющей объема закалывающейся в масле (устойчивой) С., содержащей 0,90—1,00% С и 1—1,5% Mn; иногда к ней прибавляют ок. 0,5% Cr и 0,5% W. Из этой С. изготовляют калибры, штампы для холодной штамповки, длинные метчики, развертки и пр. Пример С. с чрезвычайно высоким сопротивлением изнашиванию представляет аустенитная марганцовистая сталь Гадфильда (1,00—1,40% С; 10—14,00% Mn; 0,30—1,00% Si; до 0,05% S; до 0,10% P). После закалки в воде при 1000—1040° она получает аустенитную структуру. Механич. свойства ее приведены в табл. 13.

Табл. 13.—Механические свойства марганцовистой аустенитной стали.

Свойства	Катаная и кованая	Литая
Предел пропорциональности, кг/мм ²	30—40	30—35
Временное сопротивление на разрыв, кг/мм ²	90—100	50—80
Удлинение, %	70—60	35—15
Сужение, %	60—40	35—15
H_{Br}	230	180—220

Под влиянием холодной обработки аустенит марганцовистой стали переходит в мартенсит и H_{Br} повышается до 500. Поэтому эта С. несмотря на первоначальную низкую твердость не поддается обработке стальным резцом и получает свои конструктивные формы путем литья,ковки, шлифовки и иногда обрабатывается лишь после соответствующей термообработки твердыми резцами из карбида вольфрама. При износе на ее поверхности образуется твердый тонкий слой на вязкой подкладке, к-рый благодаря высокой восприимчивости последней к наклепу по мере истирания восстанавливается; происходит процесс непрерывной самоцементации С., поэтому сопротивление ее из-

носу чрезвычайно высоко. Эта С. широко применяется для крестовин и стрелок трамвайных путей, черпаков драг и землечерпаков, гусениц тракторов и других частей, подвергающихся очень сильному износу. Испытание марганцовистой стали на растяжение, твердость, удар— см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 338, 342, 343.

Кремнистые С. Кремний помимо своего действия как раскислитель образует с ферритом твердый раствор и повышает его механич. свойства. Кремнистые С. по применению их можно разделить на следующие три группы: 1) рессорные и пружинные; 2) строительные для мостов; 3) динамные и трансформаторные. В табл. 14 приведен их химич. состав.

Табл. 14.—Состав кремнистых сталей (в %).

Тип С.	Название С.	C	Si	Mn
1	Пружинная обычная	0,5—0,6	0,5—0,7	0,7—1,0
2	Пружинная с высокими упругими свойствами	0,15—0,50	1,8—2	0,6—0,8
3	Мостовая	0,08—0,18	0,80—1,20	0,50—1,00
4	Динамная разных сортов	до 0,1	0,5—2,3	0,20—0,35
5	Трансформаторная	до 0,8	3,8—4,2	0,1—0,2

Содержание P и S во всех С. за исключением № 5 менее 0,04% каждого, в № 5—меньше 0,025% каждого. В США для автомобильных рессор широко применяются кремнемарганцовистые С. 9250 и 9260 (см. табл. 6). Помимо этого кремний добавляется и в нержавеющие С.

Испытания кремнистых С. на растяжение, твердость и удар приведены в *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 344, 346.

Прочие сложные С. Стали с примесью около 1% алюминия, а также молибдена, хрома и ванадия применяются для нитрирования. Низкоуглеродистые стали с 0,2—0,3% меди хорошо сопротивляются коррозии. Кроме того в виде специальных примесей в сложных сталях применяются: титан и циркон (служащие обыкновенно подобно кремнию и хорошии раскислителями стали), кобальт (добавляется в инструментальные стали), уран и другие элементы, применение которых находится еще в стадии опытов.

Лит.: Бабошин А., *Металлография и термич. обработка железа, стали и чугуна*, т. 1—4, П., 1916—18; Бардильс Н., *Металлография и термич. обработка металлов*, М.—Л., 1930; Беляев Н., *Стали, кристаллизация, термич. обработка и механич. свойства*, Л., 1925; Папц Ф., *Специальные стали*, Харьков, 1927; Болховитин Н., *Металлография и термич. обработка стали и чугуна*, М.—Л., 1931; Борнгейм и Гадфильд, *Специальные стали*, Л., 1926; Бочвар А., *Металлы*, в книге «Товароведение», под ред. П. Петрова и Ф. Перевитинова, 8 изд., т. I, М.—Л., 1927; Грачев К., *Специальные стали для машиностроения*, М., 1926; Гудков Н., *Сталь, ее природа и термич. обработка*, Л., 1927; Минкевич Н., *Сталь, сталевые и чугунные полуфабрикаты*, М.—Л., 1930; Вулленс Д., *Steel a. Its Heat-Treatment*, 3 ed., N. Y., 1927; Goelens P., *Einführung in die Metallographie*, 5 Aufl., Halle a/S., 1926; Guertler W., *Metallographie*, В. 1, Berlin., 1909—12, В. 2, В., 1913—26, В. 3; Culliet L. et Portevin A., *Précis de métallographie et de macrographie*, P., 1924; Налеман Н. у. Schraeder A., *Atlas metallographicus*, Lig 1—7, В., 1927—29 (изд. продолж.); Нове Н. М., *The Metallography of Steel*, Cast Iron, N. Y., 1916; Нове Н. М., *Iron a. Steel a. Other Alloys*, N. Y., 1906; Mars G., *Die Spezialstähle*, 2 Aufl., Stg., 1922; Oberhoffer P., *Das technische Eisen*, 2 Aufl., В., 1925; Росенхайн В., *An Introduction to the Study of Physical Metallurgy*, 2 ed., L., 1919; Sauewald, *Lehrbuch d. Metallkunde d. Eisens u. d. Nichteisenmetalle*, В., 1929; Sauewald, *The Metallography a. Heat-Treatment of Iron a. Steel*, N. Y., 1926; Schäffer R., *Die Konstruktionstähle u. ihre Wärmebehandlung*, В., 1923; Тамман Г., *Lehrbuch d. Metallographie*, 3 Aufl., В., 1923; «ASTM Standards»; *Werkstoff-Handbuch*; «St. u. E.»; «Archiv f. das Eisenhüttenwesen»; «Journal of the Iron a. Steel Institute», L.; «Transactions of the American Society for Steel Treating», Cleveland. **Н. Болховитин.**

Строительная С. повышенного качества. В настоящее время при изготовлении металл. конструкции и мостов основным материалом как в

СССР, так и за границей является литая С. (см. *Литое железо*), представляющая собою по существу углеродистое железо с большим или меньшим содержанием углерода. В СССР эта С. маркируется как С. 3, в Германии она имеет марку St 37, в Америке—Carbon Steel A 7—24. Эта С. не могла полностью удовлетворить требованиям, выдвигающимся в связи с быстрым развитием мощности металлических конструкций, гл. обр. мостов больших пролетов. Требования эти в основном сводятся к возможному уменьшению сечений элементов, входящих в состав пролетных строений мостов больших пролетов, и к снижению веса этих мостов. В виду этого в разных странах начали применять С. иного состава и с более высокими механич. свойствами. Типы этих С. приведены в табл. 15. В США при постройке моста об-ва Блэквелл в Нью Йорке была применена никелевая С. в количестве 5 450 т при полном количестве металла для всего моста 47 500 т. Никелевая С. представляет собою несомненно весьма высококачественный материал, обладающий вязкостью и ковкостью, сопротивлением ржавлению и вполне удовлетворительной обрабатываемостью. Так как минимальный предел текучести в американской литой С. принимается в 21 кг/мм², то переход на указанную выше никелевую С. позволяет повышать допускаемые напряжения почти на 70%. Вслед за США начала применять никелевую С. в мостостроении и Германия (ж.-д. мост на линии Обергаузен—Дорстен); содержание никеля в этой С. было 2—2½%, а ее механич. характеристики имели следующие значения: временное сопротивление разрыву 56—65 кг/мм², предел текучести—35 кг/мм², удлинение—18%. Однако ни в Америке ни в Германии применение никелевой С. в мостостроении не получило широкого развития вследствие значительной ее дороговизны. Вслед за этим американцы выдвинули новую С. повышенного качества для применения в тяжелых конструкциях, т. н. кремнистую (силициевую) С. Если сравнить эту С. с германской никелевой С., то не трудно заметить, что первая при несколько большем по величине временном сопротивлении имеет заметно меньший предел текучести: в германской никелевой С. отношению предела текучести к временному сопротивлению (минимальному) оказывается равным 0,63, а в американской кремнистой 0,56. Это обстоятельство говорит определенно не в пользу рассматриваемой америк. С., так как известно, что чем ближе к единице указанное отношение, тем лучше С. с технологич. точки зрения. Это вытекает из следующих соображений: технологич. свойства С. определяются в значительной степени относительным удлинением и числом твердости, к-рые находятся в прямой зависимости от временного сопротивления, причем чем выше последнее, тем меньше относительное удлинение и больше число твердости, иначе говоря, тем труднее С. в обработке. С другой стороны, т. к. весьма важно иметь для С. наибольшую величину предела текучести, то тип С., имеющий большую величину отношения предела текучести к временному сопротивлению, д. б. признан лучшим и с точки зрения максимального использования металла, допускаемые напряжения для которого в настоящее время назначаются, как известно, в зависимости от предела текучести. Указанная марганцовокремнистая сталь находит до сих пор очень большое применение в Америке; в по-

Табл. 15.—Состав в % и механические свойства строительных С.

Наименование С.	C	Mn	Si	Cu	P	S	Врем. со- противл. разрыву, кг/мм ²	Удли- нение, %	Предел текуче- сти, кг/мм ²	HBr
Литая С. 3	0,12—0,17						} 37—46	20—22	21—23	130—140
St 37	0,10—0,16									
Carbon Steel A 7—21	0,10—0,16									
Нивелевая С. (3,25% Ni, США)	до 0,45	до 0,70	—	—	0,01—0,05	до 0,05	59,8—70,3	17,5—15	35,2	—
Кремнистая *1 (сплице- вая) С. (США)	0,40	0,80—1,02	0,20—0,45	—	0,01—0,06	до 0,05	56,3—66,8	17,2	31,7	—
St 48	0,25—0,30	0,51—0,80	—	—	—	—	48—58	18	29	—
Si St	0,12—0,20	0,8—1,1	0,8—1,2	—	0,05	до 0,05	50—62	20	36	—
St 52:										
а) хромомедистая *2 8-да Dortmund-Union	0,15	0,8	0,25	0,5—0,8	—	—	} 52—62 *3	20 *3	36 *3	—
б) марганцовкремнисто- медистая 3-да Lauchhammer	0,15	1,1—1,5	0,5	0,3—0,5	—	—				

*1 Правильнее классифицировать ее как марганцовкремнистую С. *2 0,4% Cr. *3 Механические свойства по действующим техническим условиям.

следнее время ее начинают применять и в других странах. Однако американцы по видимому не считают свою кремнистую С. повышенного качества вполне их удовлетворяющей: в самое последнее время (в конце 1930 г.) при постройке Килл-Ван-Куллского арочного моста пролетом 503,5 м они применили специальную высокомарганцовистую С. с содержанием марганца 1,6—1,8%, обладающую следующими механич. качествами: врем. сопротивление разрыву 63 кг/мм², предел текучести 38,5 кг/мм². В Германии также пошли по пути изыскания более дешевых сортов С. повышенного качества, причем первым таким сортом С., введенным в жизнь в 1923 г., была St 48. Однако С. марки St 48 давала повышение напряжения в среднем всего лишь на 30% по сравнению с обычной литой С., что оказывается недостаточным для современных мощных конструкций мостов больших пролетов. Поэтому уже в конце 1925 г. в Германии появилась специальная С. повышенного качества, называемая кремнистой, — Si St. Отношение предела текучести к временному сопротивлению на разрыв этой С. равно 0,70. Однако процесс изготовления немецкой Si St имеет целый ряд существенных затруднений и недостатков, явившихся причиной сравнительно быстрого отказа от ее применения. В основном эти недостатки заключаются в следующем: 1) при выплавке легко образуются значительные усадочные раковины; 2) при выплавке необходимо держать вследствие значительной тугоплавкости С. с большим содержанием кремния высокую t° в печи, что отрицательно отражается на состоянии печи; 3) образование усадочных раковин ведет к сокращению объема металла после выхода болванки из прокатного стана; 4) нагрев в печах прокатного цеха должен производиться весьма осторожно и тщательно, в противном случае в металле легко образуются поверхностные трещины; 5) вследствие трудности присадки необходимого FeSi выплавка С. сопровождается большим количеством брака. Кроме указанных существенных недостатков немецкая Si St обладает определенно пониженным сопротивлением действию коррозии. Однако с этим последним недостатком можно бороться присадкой меди в количестве 0,25—0,30%, что несколько увеличивает стоимость кремнистой С. Все эти затруднения и недостатки кремнистой С. заставили немцев в

последние годы ввести новые, более совершенные сорта С. повышенного качества, к-рые объединены одним общим наименованием St 52. Кроме этих сортов на герм. рынке можно получить сталь с содержанием 0,70—0,90% Cr, 0,30% Cu, 0,30—0,50% Si, а вместо марганцовкремнистомедистой — сталь с пониженным до 0,3% содержанием Si и имеющую в своем составе или молибден или ванадий в размере 0,1—0,2%, заменяющие недостающее количество Si. Эти специальные сорта С. повышенного качества не имеют тех затруднений и недостатков в процессе выплавки и прокатки, к-рые имеет кремнистая С. Описанные сорта С. вследствие наличия таких дорогих присадок, как хром, медь, молибден, ванадий, оказываются дороже простой кремнистой С.: если кремнистая С. дороже обычной литой С. St 37 примерно на 15%, то St 52 дороже St 37 примерно на 30%. Весьма существенно, что описанные специальные сорта С., имеющие в своем составе

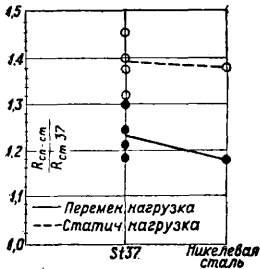
Табл. 16.—Потери в весе стали после воздействия кислот (в %).

Сорт С.	Раствор соляной к-ты 1% (45 дн.)	Раствор серной к-ты 1% (30 дн.)	Раствор муравьиной к-ты до 5% (30 дн.)
St 37	36	43	24
St 48	30	29	10
Простая кремнистая	48	34	13
Меднокремнистая	12	10	3
Хромомеднокремнистая	—	7,2	1,3

Табл. 17.—Потери механических качеств стали (в %).

Сорт С.	До про- травки со 1 н. к-той		После про- травки в теч. неск. дн. со- лян. к-той		Потеря в %	
	Пред. текуч.	Врем. сопр.	Пред. текуч.	Врем. сопр.	Пред. текуч.	Врем. сопр.
St 48	31,9	50,2	24,8	39,5	22,2	21,4
Простая кремни- стая	36,8	51,0	27,6	37,6	25,0	26,3
Меднокремнистая	36,6	53,5	29,5	43,3	19,4	19,1
Хромомеднокрем- нистая	36,4	51,2	31,5	43,6	13,4	11,8

хром и медь, как показали соответствующие исследования, обладают большей антикоррозийной устойчивостью. С этой точки зрения весьма показательны данные, опубликованные Шульцем и касающиеся результатов наблюдений и испытаний образцов разных сортов С., подвергавшихся искусственному воздействию растворов соляной, серной и муравьиной к-т. Эти результаты приведены в таблицах 16 и 17. Данные обеих таблиц указывают на преимущества в отношении сопротивления ржавлению хромомеднокремнистой С. За последнее время за границей достаточно серьезное внимание уделяется исследованиям стали повышенного качества при работе ее на длительные переменные по величине нагрузки. С этой точки зрения заслуживают интереса недавно опубликованные результаты опытов, произведенных исследовательским ин-том германских объединенных стальных заводов в Дортмунде над целыми и продырявленными (круглые отверстия) образцами, изготовленными из St 37, нескольких сортов St 52 и никелевой С. с 3%-ным содержанием никеля. На помещаемом графике (фиг. 7) нанесены отношения сопротивлений R , полученных для С. повышенного качества и для St 37 для продырявленных образцов при однозначной статической и при переменной нагрузках. Из этого графика с достаточной ясностью вытекает, что если при статической однозначной нагрузке сопротивление



Фиг. 7.

исследованиями С. повышенного качества превышало сопротивление St 37 примерно на 40%, то при переменной нагрузке эта цифра снизилась до 20%. Т. о. эффективность применения С. повышенного качества в конструкциях, работающих главным образом на переменные нагрузки, значительно меньше, чем в таких конструкциях, где наибольшую долю полного напряжения составляет напряжение статическое.

В СССР вопрос о применении С. повышенных качеств был поднят, когда было решено изготовлять два больших арочных моста для Днепро-строя из кремнистой С. немецкого типа. В связи с этим наши з-ды (им. Петровского в Днепропетровске, «Серп и Молот» в Москве) выполнили ряд опытных плавков этой С., причем результаты произведенных испытаний прокатанного из указанных плавков металла дали достаточно удовлетворительные результаты. Однако вследствие срочности и значительности по объему заказа мостов Днепростроя изготовление их из немецкой кремнистой С. было сдано за границу в Чехо-Словакию (Витковицкий з-д). Но все же, имея в виду благоприятные результаты, полученные при испытании опытной кремнистой С., было решено изготовить на з-де им. Петровского из этого типа С. ж.-д. мост пролетом 76,8 м, общим весом ок. 275 т. Выплавленная заводом С. имела следующий химический состав (по заводским испытаниям шести плавков): 0,10—0,12% С, 0,84—1,05% Si, 0,72—0,98% Mn; механич. качества ее следующие: временное сопротивление 56—60 кг/мм²; предел текучести 36—39 кг/мм²; относительное удлинение 20,5—24%; отношение предела текучести к временному сопротивлению 0,65.

Упомянутый мост был закончен изготовлением в начале 1931 г. Однако все те затруднения и недостатки, которые имеют место в технологическом процессе выплавки и прокатки немецкой кремнистой С., обнаружались и сказались также и в наших условиях. В настоящее время по инициативе научно-исследовательского сектора Стальмоста организовано опытное изучение различных сортов С. повышенного качества, могущих быть полученными из имеющихся в Союзе комплексных руд. Целью этих опытных исследований, заключающихся в производстве опытных плавков, проката и обработки, а также всесторонних исследований С., является установление нашего собственного типа строительной С. повышенного качества, получение к-рой возможно полностью на базе советского сырья. Особое внимание в этих исследованиях отводится С., получение к-рых возможно из новых комплексных уральских руд — халиловских, аурбаховских и титаномагнетитовых; в частности Халиловское железорудное месторождение весьма ценно вследствие высокого содержания хрома и никеля; во всяком случае полученные в середине мая 1932 г. на Липецком металлургич. з-де «Свободный сокол» первые передельные чугуны из указанных халиловских руд имели следующий химич. анализ: ~1,0% Si, 2,5—2,9% Cr, 2,0—2,5% Mn, 0,8—0,9% Ni, 0,06—0,07% S. Высокое качество чугуна, имеющего такой химич. состав, очевидно. Следует заметить, что первыми разведками запасы халиловских руд исчислены в сумме ок. 400 млн. т; отсюда понятно то исключительное значение, к-рое должны приобрести эти руды с точки зрения создания базы для получения нашей собственной С. повышенного качества. Одновременно с указанными опытными исследованиями С. (ведущимися по заданию научно-исследовательского сектора Стальмоста Уральским ин-том металлов), из новых уральск. руд производится по заданию того же сектора Ленинградским ин-том металлов изучение высокомарганцевистой С. типа, примененного американцами при постройке Килл-Ван-Куллского моста. Первая опытная плавка, выполненная Ленинградским ин-том металлов в Москве на з-де «Серп и Молот» в марте 1932 г., имела следующий химич. состав: 0,25% С, 1,45% Mn, 0,28% Si, 0,03% S, 0,019% P. Эта С. при испытании шести образцов дала следующие механические характеристики:

Врем. сопротивл. разрыву, кг/мм²	Пред. текуч., кг/мм²	Относит. удлинен., %	Отношение предела текучести к сопротивл. на разрыв
62,6	41,2	23,5	0,66
64,7	44,2	24,8	0,68
63,7	45,9	22,5	0,72
63,0	44,2	22,9	0,70
63,9	41,9	23,0	0,66
63,9	43,0	24,0	0,67

Удлинения измерялись на длине 150 мм. Приведенные данные указывают на то, что высокомарганцевистая С. по своим качествам действительно заслуживает самого серьезного внимания. Следует отметить, что этот тип С. начинает заметно интересовать кроме Америки и Европы. В 1931 г. Bardenheuer u. Schitzkowski исследовали механич. качества С., содержащих 0,9—3% Mn и 0,15—0,40% С, причем обнаружили, что наилучшие механич. показатели получаются при содержании в С. 0,15—0,3% С и 1,7—0,9% Mn. При содержании же Mn выше 2% значения временного сопротивления, а

иногда и предела текучести, повышаются, но удлинение, сужение и сопротивление удару падают настолько сильно, что применение таких С. в конструкциях становится невозможным. Не ограничиваясь упомянутыми исследованиями, имеющими своей целью установление нашего собственного типа строительной С. повышенного качества, предполагается в ближайшее время изготовить ряд конструкций и мостов из такого типа С., к-рый уже зарекомендовал себя за границей; в качестве подобного типа строительной С. повышенного качества была признана американская кремнистая (правильнее, марганцовокремнистая).

Экономия металла при применении в мостах и конструкциях С. повышенного качества связана с повышением допускаемых напряжений, что приводит к упрощению тяжелых конструкций. По действующим в СССР технич. условиям и нормам проектирования металлич. конструкций основные допускаемые напряжения для прокатного металла для различных типов С. принимаются согласно табл. 18.

Табл. 18.—Нормы допускаемых напряжений для прокатного металла (в кг/см^2).

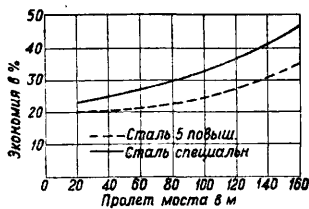
Напряжения	С. 3	С. 5 повыш.	С. спе- циальная
Основные при действии основных нагрузок	1 400	1 750	2 100
Основные при совместном действии основных и случайн. нагрузок	1 700	2 100	2 500

Сорта С., приведенные в табл. 18, должны иметь механич. качества, указанные в табл. 19.

Табл. 19.—Механические качества стали.

Наименование С.	Временное сопротивление, кг/мм^2	Наименьший предел текучести, кг/мм^2	Удлинение, %
С. 3	38—45	23	22
С. 5 повышенная	50—60	—	—
С. специальная	48—62	36	20

Т. о. при применении С. 5 повышенного качества разрешается повышать основные допускаемые напряжения по сравнению со С. 3 на 25% при действии основных и случайных нагрузок. При применении специальной С., которая по нашим нормам должна удовлетворять в отношении механич. качеств требованиям, почти аналогичным требованиям, предъявляемым в Германии к St 52, разрешается повышать допускаемые напряжения по сравнению со С. 3 на 50% при действии основных нагрузок и на 47% при действии суммарных основных и случайных нагрузок. Такое заметное повышение напряжений приводит к весьма ощутимой экономии металла. На фиг. 8 изображены теоретич. кривые экономии металла, получаемой при применении С. 5 повышенного качества (пунктирная линия) и специальной С. (сплошная

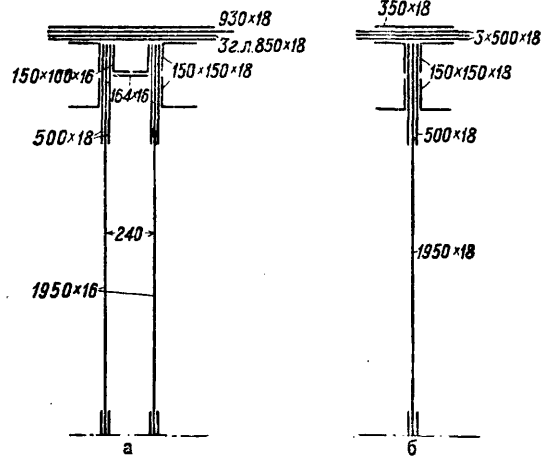


Фиг. 8.

линия). Приведенные теоретические кривые достаточно хорошо согласуются с результатами проектировок нек-рых мостов из С. повышенного качества. Следует заметить, что в главных фермах экономия была равна 37%, а в проезжей части 4%; следовательно в балках проезжей части моста применение С. повышенного качества неэффективно. Одновременно с экономией металла применение стали повышенного качества приводит и к соответственному уменьшению объема работ, связанных с изготовлением конструкции, например число заклепок при сооружении железнодорожных мостов из стали повышенных качеств значительно меньше, чем при С. 3.

Область применения С. повышенного качества не ограничивается одними только мостами. С этой точки зрения заслуживают внимания результаты опытных проектировок, выполненных Стальмостом в 1931 г. и касавшихся стропильных ферм, подкрановых балок и колонн. При исследовании стропильных ферм были взяты фермы, различные по своей мощности: очень легкие и очень тяжелые, нагруженные по нижнему поясу крановой нагрузкой (60-т кранами), т. ч. собственный погонный вес ферм в С. 3 менялся от 120 до 1 300 кг/м . Экономия в количестве металла при применении для этих ферм специальной С. с повышением допускаемых напряжений на 50% изменялась от 13% (для самой легкой фермы) до 31% (для самой тяжелой фермы с крановой нагрузкой). Кроме того конструктивные коэф-ты веса при С. повышенного качества оказываются выше, чем при обычной С. 3. Особо следует отметить то значительное упрощение конструкции подкрановых балок, к-рое дает применение С. повышенного качества. Для примера на фиг. 9, а, б

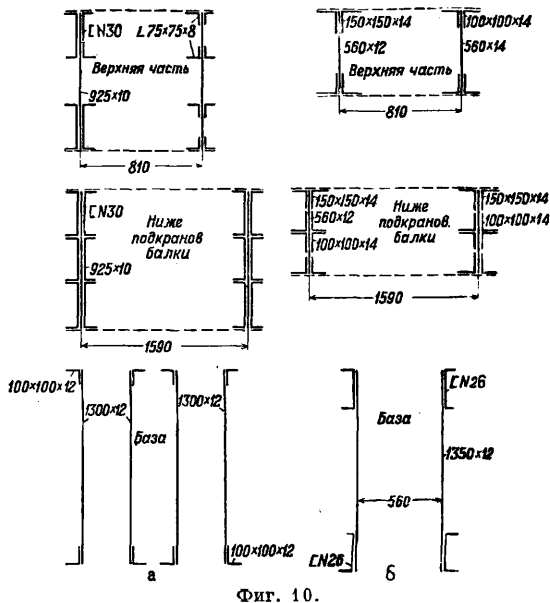
изображены наиболее поперечные сечения балки пролетом 30 м под 200-т краны при С. 3 пониженной (фиг. 9, а) и при специальной (фиг. 9, б). Приведенное на этой фигуре упрощенное сечение балки одновременно привело и к резкому уменьшению числа заклепок, к-рое при С. 3 (пониженная) было равно 10 100 шт., а при специальной С. снизилось до 4 800 шт. Не менее показательными получились результаты опытной перепроектировки и тяжелых колонн мартеновского цеха того же Кузнецкого металлургич. завода. Для исследования были взяты колонны из С. 3 высотой ок. 20 м, имеющие различную мощность: одна колонна



Фиг. 9.

изображены наиболее поперечные сечения балки пролетом 30 м под 200-т краны при С. 3 пониженной (фиг. 9, а) и при специальной (фиг. 9, б). Приведенное на этой фигуре упрощенное сечение балки одновременно привело и к резкому уменьшению числа заклепок, к-рое при С. 3 (пониженная) было равно 10 100 шт., а при специальной С. снизилось до 4 800 шт. Не менее показательными получились результаты опытной перепроектировки и тяжелых колонн мартеновского цеха того же Кузнецкого металлургич. завода. Для исследования были взяты колонны из С. 3 высотой ок. 20 м, имеющие различную мощность: одна колонна

(II ряда) весом ок. 31 т, другая (IV ряда)—37 т и третья (III ряда)—ок. 53 т. Эта перепроектировка на специальную С. привела к заметному упрощению сечений колонн, что ясно видно из фиг. 10, а, б, на к-рой изображены сечения колонны II ряда, запроектированной из С. 3 (фиг. 10, а) и из специальной С. (фиг. 10, б) с



Фиг. 10.

повышением допускаемых напряжений на 50%. Экономия металла, полученная при применении специальной С. во всех упомянутых колоннах, варьировала в зависимости от величины колонн от 30 до 42%. Одновременно с указанным уменьшением веса значительно снижались и объем работ по изготовлению колонн; последнее ясно следует из данных табл. 20, в которой

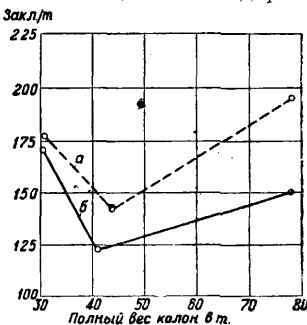
Табл. 20.—Число заклепок и спецификаций колонн.

Колонна	Сталь 3			Специальная С.			% экономии		
	вес, т	число закл.	число № специф.	вес, т	число закл.	число № специф.	в весе	в числе закл.	в числе специф.
II ряда . . .	31,0	5 050	173	213	3 700	113	30	27	35
IV » . . .	37,0	4 362	113	251	3 326	91	31	24	20

помещены для двух исследованных колонн (II и IV рядов) такие основные показатели трудоемкости при клепаной конструкции, как число заклепок и число номеров спецификации металла. Из табл. 20 видно, что в рассмотренных колоннах число заклепок уменьшилось на 24—27%, а число номеров спецификации металлов—на 20—35%. Однако если отнестись и число заклепок и число номеров спецификации на 1 т металла конструкции, то картина получается несколько иная: в этом случае число заклепок при специальной С. даже повышается, что ясно следует из графика, изображенного на фиг. 11 и дающего число заклепок на 1 т конструкции для рассмотренных колонн (пунктирная линия а—число заклепок из специальной С.; б—из С. 3). Этот факт имел место и в мостах; т. о. увеличение числа заклепок на 1 т конструкции при переходе на С. повышенного качества следует рассматривать как неизбежное

следствие значительного уменьшения веса по сравнению с уменьшением абсолютного числа заклепок. Что касается числа номеров спецификации металла на 1 т веса конструкции, то при переходе на специальную С. оно по произведенным исследованиям—меняется весьма мало.

Увеличение стоимости конструкции при переходе на специальную С. вызывается двумя основными причинами, из к-рых первая заключается в увеличении стоимости самого металла—специальной С.—вследствие усложнения технологич. процесса получения такой С. и необходимости вводить в нее специальные дорогие стоящие добавки; вторая причина заключается в увеличении стоимости самих производственных процессов по обработке металла, которые сопутствуют изготовлению стальных конструкций, причем это увеличение стоимости обработки металла вызывается гл. обр. повышением твердости спе-



Фиг. 11.

циальной С. по сравнению с обычной С. В Германии по имеющимся данным можно констатировать, что вздорожание 1 т конструкции, изготовляемой из повышенной углеродистой St 48, выражается всего лишь 8%, причем в эту цифру входят и вздорожание металла и вздорожание его обработки. Если взять кремнистую специальную С., имеющую нормальное по сравнению со St 37 содержание углерода и поэтому отличающуюся большей мягкостью, чем St 48, то стоимость 1 т конструкции, изготовленной из этой кремнистой С., обходится по соответствующим немецким данным на 12% дороже по отношению к St 37. Аналогичные данные имеются и в отношении америк. С. повышенного качества; по Waddell'y вздорожание 1 т конструкции, изготовленной из американской судостроительной стали, аналогичной нашей стали 5 и немецкой St 48, может быть принято равным ~10%; по-

добное же вздорожание при применении американской кремнистой стали оценивается в 15%, а при применении никелевой стали с 3,25% никеля—в 40%. В СССР было два опыта применения специальной немецкой кремнистой С., причем в одном случае при изготовлении моста пролетом 76,8 м металл был собственного производства; в другом случае при изготовлении одного из мостов Днепростроя металл был заграничного происхождения, само же изготовление из этого металла моста и монтаж его производились собственными силами и средствами. Предварительная опытная обработка образцов кремнистой С., выполненная на з-де им. Молотова в Днепропетровске с постановкой соответствующего хронометража, выявила понижение производительности (по сравнению со С. 3) отдельных процессов, связанных с изготовлением конструкции (табл. 21). В результате стоимость изготовления вместе со

Табл. 21.—Результаты опытной обработки образцов кремнистой С.

Наименование процесса	Понижение выработки, %	Причина
Изготовление заклепок при $\varnothing < 20$ мм Изготовление заклепок при $\varnothing > 20$ мм	0	Необходимость более частой смены штампов: при С. 3 штамп менялся ок. двух раз в день, при кремнистой С. 3—4 раза
	16	
Наметка	5	Быстрое притупление чертилок и кернов
Строжка	7	Большее притупление резаков и вследствие этого более частая смена их
Проковка дыр	0	—
Сверловка дыр на радиальных станках	14	Уменьшение скорости вращения сверл вследствие горения и более частая поломка их
Пневматич. рас-сверловка дыр	9	Необходимость затрачивать большое количество времени на заточку и заправку сверл
Прессовая клепка электр. машинами	12	Необходимость большее количество времени выдерживать заклепки под давлением пресса
Клепка ручными пневматич. молотками	5	Необходимость увеличивать время на заправку обжимок
Пневматич. рубка	16	Большая твердость С.
Сборка в цехе	Неопред.	Уменьшение производительности возможно вследствие большей пружинности С. и необходимости увеличивать число болтов

сборкой оказалась выше стоимости изготовления 1 т подобной же конструкции из С. 3, а именно 54 руб. для моста Днепростроя и 57 р. для моста пролетом 76,8 м, что при стоимости соответствующей конструкции из С. 3 ок. 40 р. дает вздорожание в размере 35 и 43%. Что касается вздорожания самой кремнистой С., выплавленной и прокатанной заводом им. Петровского в количестве ок. 300 т для моста пролетом 76,8 м, то основными причинами, вызвавшими это вздорожание, были: 1) наличие большого брака вследствие несовершенных способов присадки FeSi; 2) увеличение расхода изложницы вследствие разъедания их; 3) сравнительно значительная стоимость FeSi; 4) увеличение стоимости проката, особенно в листопрокатном цехе. В результате стоимость 1 т упомянутой прокатной кремнистой стали, пошедшей на изготовление моста пролетом 76,8 м, оказалась почти на 40% выше 1 т С. 3. Следует думать, что полученные размеры повышения стоимости обработки, изготовления и сборки 1 т конструкции из кремнистой стали, а также стоимости самой кремнистой С. не м. б. признаны нормальными для конструкций, изготов-

ляемых из специальных С.; в значительной своей части указанные выше размеры вздорожания являются данью первому опыту, отсутствию соответствующих инструментов, отсутствию необходимых навыков и подготовки.

Лит.: Стрелецкий Н. О применении повышенной стали в мостостроении. «СП», 1937, 6/7; его же, Кремнистая сталь в СССР и за границей, «Бюллетень Днепростроя», Москва, 1928, 6; его же, Новые мостостроительные стали повышенного качества, там же, 1928, 6; Сахаров П., Об установлении типа строительной стали повышенного качества, «Труды I Всесоюзной конференции по металлург. конструкциям», 1934; Сахаров П. и Смирнов В., Кремнистая сталь, «Труды Центрального научно-исследовательского ин-та материалов НКПС», М., 1932, сборник 12; Меркулов, Испытания кремнистой стали при изготовлении мостов Днепростроя на 3-де им. Петровского, «Бюллетень Днепростроя», М., 15; Прокофьев И., Применение стали высокого сопротивления в пролетных строениях мостов, М., 1908; Gehler, Einige Leitsätze über das Wesen u. Bedeutung d. hochwertigen Baustahls, «Bauingenieur», В., 1924; Kommerel, Ein Jahr des hochwertigen Baustahls, ibid., 1926; Bohny, Der hochwertige Stahl im Brückenbau, «Internationale Vereinigung f. Brücken u. Hochbau», 1928; Wallman u. Keppenbergr, Herstellung u. Eigenschaften von siliziumstahl, «St. u. E.», 1928, H. 25; Schulz, Zur Fortentwicklung des hochwertigen Baustahles, ibid., 1928, H. 26; Buchholz, Der Union-Baustahl, «Bautechnik», 1929, 7; Schulz u. Buchholz, Hochwertige Baustähle f. den Grosstaahlbau, «Z. d. VDI», 1929, 44; Institut d. vereinigten Stahlwerke AG, Bauerfestigkeit des hochwertigen Baustahls St 52, «Bautechnik», 1931, H. 48; Rötcher u. Fink, Beitrag zur Kerbzähigkeit hochwertiger Baustähle, «Z. d. VDI», 1932, 8. С. Ильясевич.

Технология получения С.

С. может получаться или 1) из чугуна окислением примесей (С, Si, Mn, P), или 2) сплавлением чугуна со стальным ломом и частичным окислением тех же примесей, или 3) переплавкой только стального лома; в последнем случае получают наивысшие сорта стали. Совершенно особняком стоят процессы: 1) получения из чугуна железа и С. в тестообразном состоянии без промежуточного расплавления его (см. Пудлингование); 2) получения непосредственно из руды (см. Губчатое железо) железа восстановлением. В результате первых трех процессов получается литое железо, литая С. (Gusseisen, Gusstahl; cast iron, cast steel; acier moulé); в результате второго процесса—сварочное железо, сварочная С. (Schweisseisen, Schweisstahl; wrought iron, acier soudé). Окислительный способ (окисление примесей) имеет место при *бессемеровании* (см.), мартеновании (см. *Мартеновское производство*), *томасировании* (см.), происходит в атмосфере дымовых газов при высокой t° , т. е. в условиях окислительных. В электроплавке и тигельном процессе атмосферу можно иметь по желанию и окислительную и восстановительную; состав ее устанавливается методом работы. Пудлинговый процесс—окислительный, но при t° ниже $t^{\circ}_{пл. С.}$ Прямое получение железа из руд происходит в восстановительной атмосфере при невысокой t° ($> 1000^{\circ}$), и в окислительную атмосферу металл переходит лишь в охлажденном состоянии ($> 200^{\circ}$). Окислы железа растворяются в расплавленной стали и значительно ухудшают ее свойства, поэтому метод изготовления влияет на качество стали.

Изготовление С. распадается на 2 процесса: 1) плавка, т. е. химич. процессы, имеющие место в жидкой фазе, и 2) разливка, т. е. физич. процесс кристаллизации сплава при нек-рой скорости охлаждения его. Как известно из диаграмм плавкости (см. выше и *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 207—213) железных сплавов, жидкая фаза м. б. лишь при t° выше 1400—1500°, поэтому

все результаты термохимич. реакций надо рассчитывать при этих t° , что представляет очень большие затруднения, т. к. физико-химич. константы (теплоемкость, растворимость, вязкость) экспериментально определены в этих условиях достаточно точно очень сложно. Помимо t° -ных условий надо учитывать и изменения давления. При работе в печи общее давление мало отличается от атмосферного, однако парциальное давление при таких высоких t° должно значительно изменяться для составных частей сплава при снижении t° до атмосферной. По б. ч. все эти величины определяются теоретически из известных тепловых законов Нернста и сопоставляются с некоторыми наблюдаемыми и экспериментальными данными. Несмотря на такие трудности эксперимента однако имеется целый ряд практич. выводов из этих теоретич. предпосылок, и процессы плавки С. понемногу становятся яснее, но все практические наблюдения и приемы играют еще в процессе сталейзготовления большую роль. Процессы кристаллизации также подвергаются изучению—здесь тоже имеются трудности другого порядка: при остывании слитка возникают реакции между растворенными компонентами с изменениями объема их и возникновением гетерогенных фаз, к-рые в дальнейших процессах нагрева и деформации могут вести к разрушению слитка; все эти изменения наблюдать экспериментально трудно. Но и здесь имеются крупные успехи, вытекающие из теоретич. предпосылок, осуществление к-рых на практике дает большие результаты, напр. изучение формы слитков Бенедиксом для инструментальной С., изложницы с звездчатым сечением для крупных слитков, пониженная t° разливки для некоторых сортов С. и повышенная, но при медленной разливке—для других, все это результаты теоретич. изысканий, которые, будучи проверены экспериментально, используются с успехом в практике сталейзготовления. С точки зрения контроля процесса плавки наиболее совершенным методом получения С. будет электроплавка. Этот процесс в дуговых печах дает возможность управлять как составом жидких фаз (шлак, металл), так и газовой фазы. Темп-рные условия, время выдержки регулируются очень тонко, но требуется знание точных весовых данных ванны и их соотношений (концентраций), для чего в течение процесса берутся пробы для анализа, выполнение к-рого ограничивается очень кратким сроком (5—20 мин.—рапиданализ). Недостатком является засасывание воздуха в полость печи несмотря на все предосторожности, а также химич. действие угля электрода. Другим методом, применяемым для получения наиболее высоких сортов С., является *тигельный процесс* (см.). Плавка в тигле м. б. проведена как в подогриваемой газами пламенной печи, так и индукционными токами электричества. В данном случае мы объединяем вместе эти 2 процесса—плавку в индукционных (без сердечника) и тигельных печах вместе, потому что плавка производится в закрытых объемах и внешне воздействие на жидкие фазы почти исключено до окончания процесса плавки. Процесс заключается в сплавлении частей шихты, происходящее в тигле процессы внешне не нарушаются до самой отливки; разница лишь в том, что в тигельном процессе в один тигель помещается навеска ок. 30—40 кг, а в индукционных—в настоящее время до 1 т, причем для точных сплавов (инвар, элинвар и др.) можно вести плавку

в индукционных печах в вакууме. Т. о. процесс дуговой электроплавки отличается динамичностью реакций ванны, в то время как в тигельном процессе составные части высчитываются заранее, подготавливается состав шихты, и таковая расплавляется без изменений (если не считать необходимых реакций взаимодействия между составными частями шихты при переплавке); этот процесс получения С. состоит только в выдержке, т. е. интервале времени, необходимым для протекания реакции. В виду большой вязкости материала ванны и резкого различия между двумя фазами ванны (шлаком и металлом) скорость диффузии и установление равновесия между фазами в металлургич. процессах очень малы, поэтому чем больше выдержка в расплавленном состоянии, тем ближе состояние фаз к равновесию (не достигая его однако вполне). С этой точки зрения реакции в индукционных печах (и процесс изготовления С.) благодаря вращающемуся действительно магнитного поля на ванну (и возможности иметь более высокие t°) происходят скорее, чем в тигельных печах. Выбор метода изготовления С. обуславливается кроме того его гибкостью и экономич. показателями. Наиболее дешевой оказывается электроплавка дуговая, затем индукционная и наконец тигельная. В смысле гибкости метода (точность получения состава, степень готовности прибора к работе) наиболее удобны индукционные высокочастотные печи (напр. для *acières de précision*); тигельные хороши для многоуглеродистых С., т. е. типа инструментальных, а для конструкционных С.—особенно массового производства—основная дуговая электропечь. Во всех этих печах стоимость передела выше, чем в непосредственно пламенных печах, в 2—5 раз. Поэтому главное производство С. в массовом количестве происходит в мартеновских печах или в конвертере.

Изготовление С. в мартеновских печах и в конвертерах м. б. с кислым или основным шлаком. Кислый шлак, связывая закис железа в виде $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$, нерастворимой в металлич. ванне, дает возможность при равных условиях плавки получить С. с меньшим содержанием FeO , чем основной, но удаление вредных примесей (S и P) при кислом шлаке невозможно, поэтому в состав шихты требуется вводить чугуна и лом с малым содержанием вредных примесей, что значительно удорожает выпускаемый металл. Т. к. FeO является главным действующим реагентом (окислителем углерода в металлич. ванне), процесс фришевания с кислым шлаком идет медленнее и не так скоро доходит до конца, чем с основным, поэтому выплавляемый металл с кислым шлаком редко содержит ниже 0,20—0,25% С, т. е. пригоден для изготовления «сталей», но не «железа» (хотя металл называемый в общепринятом железовым является по существу ковким сплавом железа с углеродом, т. е. сталью). Напр. металл для рельсов, бандажей, орудийный металл чаще получается с кислым шлаком, а сортовое железо с основным. Вообще передел с кислым шлаком стоит процентов на 20—25 дороже, чем с основным (при одних и тех же условиях). Поэтому главная масса металла изготавливается с основным шлаком—мартеновский и томасовский процессы. Мартеновский основной процесс важен еще тем, что при хорошем наблюдении можно иметь почти такую же С., как и при кислом. Разница между выплавкой в конвертере и в печи заключается в количестве чугуна в шихте; для шихты кон-

вертера идет его не меньше 80%, обычно все 100% шихты, в мартеновском—обычно 40—50% (скрап-процесс) и в рудном процессе 80—90%, редко 100%. В зависимости от этого томасовский и рудный процессы имеют место на крупных металлургич. з-дах (Керчь—томасовский, Магнитогорск, Кузнецк, южные з-ды—мартен, отчасти бессемер), где имеется доменное производство, а скрап-процесс гл. обр. применяется для переплавки лома (см. *Лом металлический, Скрап*) на производственных машиностроительных з-дах (Сормово, Луганск, Путиловец и т. д.). Технология процесса выплавки этими способами такова, что говорить о достижении равновесного состояния фаз не приходится. Сортовой металл выпускается даже «непокойным», т. е. с не вполне законченными реакциями раскисления, с невыделившимися частицами шлака, машиноподелочный (жел.-дор. машинные части)—обязательно «успокоенным» (раскисленный), но не с вполне выделившимися шлаковыми включениями. Контролем степени пригодности С. в большинстве случаев служит степень вязкости металла, удлинения (% сжатия лучший показатель и еще лучше ударная проба). Конструкционные С. — высокосортовые — изготавливаются или мартеновским способом или дуговой электроплавкой. Для таких сортов от мартеновского работника очевидно требуется наивысшее искусство, чтобы дать продукт, почти равный электростали.

С. получается в виде слитков (стальных отливок), а в случаях трудноисполнимых форм—ковкой или штамповкой, особенно в виде очень крупных изделий весом 10—50 т и выше (станции, шаботов и пр.). Для изготовления таких изделий применяется гл. обр. отливка из мартеновских печей, а при очень крупных фасонных отливках даже из нескольких печей. В этих случаях скорость плавки значительно уменьшается (сравнительно с изготовлением С. для сортового металла), стоимость передела будет выше, но и качество металла будет выше. Для улучшения качеств изделия обычно С. подвергается термообработке, тогда как в сортовом металле при полной термич. обработке могут появиться коробление, трещины и другие дефекты. Главнейший недостаток всех С., выплавленных на поду пламенных печей,—это наличие растворенных в С. газов: O, CO (результат вторичных реакций в ванне), N, H, вредно влияющих на все качества ее, особенно кислород в виде FeO, наличие к-рой в С. сообщает металлу хрупкость и красноломкость. Эти влияния не вполне еще изучены; поэтому способы получения С. без плавения ее—*пудлингование* (см.)—заслуживают внимания.

Главнейшей пробой при изготовлении С. является расковка «плюшки» (должна получаться без рвани), а при содержании С < 0,1% еще и изгиб ее вплотную без трещин. По такой пробе судят о достаточном раскислении ванны углеродом (высокая t°) и возможности дальнейшей присадки раскислителей перед окончательным выпуском или перед присадкой легирующих примесей. При пудлинговании примеси твердой С. окисляются за счет жидкой FeO, нерастворяющейся в твердом металле, поэтому содержание FeO в металле наименьшее, вследствие чего пудлинговое железо обладает очень высокой вязкостью и назначается для таких изделий, как якорные цепи, подковы и т. п. Губчатое железо, получаемое пока в небольших количествах и потому

ценное, является промежуточным продуктом и применяется гл. обр. для изготовления высококачественных С. (в тигельных, электроиндукционных и электродуговых печах), реже для мартеновской (предпочтительнее кислой) плавки. Плавка специальных легированных сталей обычно производится так, что сначала изготавливается основная масса углеродистой С. такого состава, чтобы составные части прибавляемых ферросплавов образовали в конечном составе требуемые концентрации. Прибавляемые примеси (в ферросплавах) могут в процессе плавки окисляться, поэтому в мартеновских печах необходимо такие примеси прибавлять незадолго до выпуска, таковы Cr, W, V, Ti, Mn, Si; другие прибавки, как напр. Ni, Co, не окисляются и м. б. прибавлены в завалку (шихту). Плавки с ценными легкоокисляющимися примесями W, Mo, V обычно ведут не в мартеновской, а в электропечах дуговых и для очень точных составов—в индукционных; в тигельном процессе точность состава (в узких пределах) получить трудно. При задании состава С. имеют в виду не только главную примесь, а часто все составные части (кроме С, Mn, Si). Эти составные части хорошо удаётся получить гл. обр. в основных печах, ибо в кислых при высоких t° возможно восстановление Si из набойки, что для некоторых С. часто нежелательно. Для изготовления большинства технич. С. в значительных количествах (сотни тыс. т) вполне удовлетворяет основная дуговая электропечь. Состав прибавляемых ферросплавов зависит гл. обр. от содержания в С. С и P, т. к. удаление их окислением невозможно: в первую очередь окисляется примесь. Можно составить приблизительно (зависит от t°) такой ряд: V—Ti—Si—Mn—Cr—W—Fe, в к-ром окисел каждого последующего металла раскисляется предыдущим. Напр. при изготовлении быстрорежущей С. порядок присадки ферросплавов такой: в изготовленную ванну углеродистой стали с белым шлаком прибавляется сначала ферровольфрам. Оставшиеся следы FeO ванны окисляют W; и шлак делается от окислов W бурым; затем прибавляется феррохром; шлак при этом делается из бурого зеленым, так как вместо окислов W получают окислы хрома (Cr₂O₃—зеленый); раскисление кончается, когда зеленая окраска шлака пропадает. Этот пример показывает, как надо хорошо приготовить ванну (раскислить ее) перед присадкой ферросплавов. Это особенно важно в мартеновском производстве, где атмосфера окислительная и восстановление окисленных примесей очень затруднительно, т. к. единственным восстановителем в руках металлурга является углерод при высокой t° , к-рую легче получить в электропечи, чем в пламенной печи. Надо обратить внимание, что процесс восстановления сплава происходит не непосредственно углеродом, а через посредство шлака, т. ч. цепь восстановления будет такая:

углерод → шлак → растворенная окись → ванна
 $(C + MeO = Me + CO)$
 (шлак) (ванна)

Непосредственное воздействие углерода на ванну не может иметь места, т. к. углерод, растворившись в железе, не реагирует со шлаком в присутствии легко окисляемых примесей. Поэтому одно из главнейших требований к ферросплавам для «мягких» (малое содержание С) С.—это низкое содержание углерода в ферросплаве. Напр. цена FeCr (60% Cr) и FeW во

Франции зависит от содержания в нем углерода:

Содержание углерода в феррохроме в %	8—10	2—4	0,5	0,1
Цена ферросплава в фр./кг	2,8	3,8	10,25	12

Цена ферровольфрама с 2% С—25,75, а с 0,1% С—30 фр./кг. Этим объясняется дороговизна изготовления малоуглеродистых сложных сталей, напр. нержавеющей, содержащей С ок. 0,10%, быстрорежущей, при содержании ок. 30% примесей (Cr, W, V, Mo) содержащей не выше 0,6—0,7% С. Сера при процессе электроплавки м. б. удалена в течение последнего периода сталезготовления, но в мартеновском процессе сера должна отсутствовать во всей шихте. Содержание Р как в исходных материалах, так и прибавляемых д. б. минимальным. Это особенно важно в FeMn, где содержание Р часто достигает 0,5%. Если Р имеется в ванне, то таковой удаляется сильным окислением ванны при пониженной t° и основном шлаке; следовательно в результате удаления Р из ванны остается сильно насыщенной FeO—металл, к-рый можно с трудом раскислить; поэтому все процессы изготовления высокосортной легированной С. производятся из малофосфористой, т. е. дорогой, шихты. Необходимо иметь в виду влияние примесей высокосортного лома (Cr, Si, W и др.) на шихту. Такая работа, представляя собой переплавку, особенно удачно проходит без окисления примесей в электрич. дуговых печах. В мартеновских печах в виду окисления ценных примесей (Cr, W, V) легированный лом хуже переплавляется и т. о. является безвозвратной потерей, а кроме того окислы хрома делают шлак очень густым, неплопроводным, и потому медленно реагирующим с ванной, что затягивает и охлаждает плавку, влияя отрицательно на качество выплавляемого металла.

Получение С. по методу Перрена. Основываясь на физико-химич. законах равновесия и скорости реакций, М. Perrin на з-дах электроплавки в Ужине (Ugine) предложил метод получения «задуровой» С., т. е. с низким содержанием Р и FeO. Все те методы удаления последних из С., к-рые были указаны в процессах мартенования и электроплавки, остаются без изменения, и в данном случае удаление Р происходит за счет окислительного процесса с сильноосновным шлаком, а FeO—с очень кислым шлаком, растворяющимися, вернее поглощающими, эти примеси. Весь вопрос состоял в том, как скоро шел процесс поглощения окислов шлаков и чем обуславливается эта скорость реакции. Из общих соображений, подтвержденных прямым опытом, выявились для этого два главных условия: 1) наибольшая площадь соприкосновения шлака и металла, т. е. полное эмульгирование этих двух жидких фаз, и 2) наименьшая вязкость, вернее наибольшая текучесть, шлака. И первый и особенно второй вопрос представляли значительную трудность практич. осуществления. Первая задача была разрешена тем, что металл (с Р и FeO) быстро выливали с очень значительной высоты в сравнительно узкий ковш, на дне к-рого находился синтетический шлак определенного состава. Вторая задача заключалась в подборе такого состава шлака (с содержанием не меньше 60% CaO), к-рый мог бы поглощать P_2O_5 ; кроме того следовало найти способ сделать его жидким. Шлак с содержанием 70% SiO_2 обеспечивал поглощение FeO, но надо было уничтожить его вязкость. Эти затруднения были преодолены довольно удачно. Приготовление

и расплавление шлака производилось в маленькой дуговой электропечи (125 kW), поэтому помимо химич. свойств шлака и его вязкости была необходима определенная степень электропроводности его в жидком состоянии, чтобы его можно было нагреть и расплавить. Для дефосфоризации и был взят шлак состава: 3—10% SiO_2 , 60—65% CaO, 20—35% FeO и для разжижения шлака— CaF_2 в значительных количествах. В результате плавки 15 т металла (в трех случаях) в течение менее одной минуты содержание Р понизилось до следующих размеров: 1) с 0,436 до 0,045%; 2) с 0,060 до 0,011%; 3) с 0,022 до 0,007%.

Особенно важен третий случай, где можно было ожидать, что малое первоначальное содержание Р не обеспечит быстрого равновесия; однако при сильном перемешивании равновесие устанавливается очень быстро и реакция идет почти до конца. В случае неперемешивания в С., находившейся под таким шлаком в ковше в течение всей разливки (20—25 мин.), определено в первом слитке (500 кг) 0,131—0,162%, а в последнем 0,067% Р. Исходное содержание Р в ковше было 0,171%. Это указывает на необходимость получения эмульгированного шлака. Для раскисления применялся шлак, содержащий 60% SiO_2 , 15% Al_2O_3 , 10% CaO, 4% MnO, 10% Na_2O . Он был недостаточно жидок, поэтому был заменен шлаком, содержавшим 70% SiO_2 и 30% Na_2O ; этот шлак оказался плохим проводником тока; для улучшения последнего свойства остановились на шлаке с 70% SiO_2 , 25% Na_2O , 5% Ca_2O . При работе с таким шлаком содержание кислорода понизилось: 1) с 0,055 до 0,015%; 2) с 0,054 до 0,017%; 3) с 0,083 до 0,026%.

Вязкость шлаков определялась скоростью истечения через отверстие 10 см² (определялось время наполнения небольшого ручного ковша определенного объема). Темп-ра измерялась по оптич. пирометру с исчезающей нитью. Электропроводность определялась высотой электрода над поверхностью пода. Для одного и того же количества шлака, напряжения и силы, за к-рыми следует наблюдать в течение каждой операции, электрод погружался в шлак тем выше, чем шлак электропроводнее. В таблице 22 даны свойства и состав шлаков.

Табл. 22.—Характеристика шлаков.

№	Состав шлака	$t_{пл}$	Вязкость	Электропроводность
1	30% SiO_2 , 65% CaO, 15% MnO и до 15% CaF_2 (жидкий основн. окислит.)	1 600	120	130
2	75% SiO_2 , 25% Na_2O	1 540	31	80
3	65% SiO_2 , 9% Al_2O_3 , 28% CaO (стенко маргерит)	1 580	37	30
4	Природн. полевой шпат	1 475	1,2	60
5	61% SiO_2 , 13% Al_2O_3 , 20% MgO	1 600	96	50
6	61% SiO_2 , 30% CaO, 9% MgO	1 550	95	85
7	70% TiO_2 , 30% CaO	1 550	135	очень большая; возможна работа в дуговых печах

Обращается внимание на очень хорошие качества шлака № 1 и особенно № 7, к-рый в смеси с SiO_2 и Al_2O_3 может давать чрезвычайно жидкотекучие шлаки и хорошо реагирующие с FeO. Надо указать, что М. Perrin в заключение дает способ регенерировать шлаки. Все эти испытания были проверены на производстве бо-

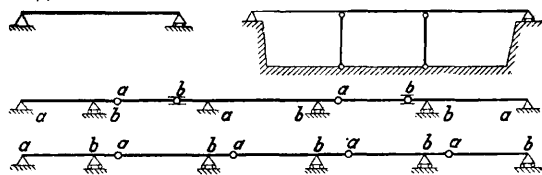
лее 100 плавов, давших одинаковые результаты. Из этих работ следует, что из конвертера можно получить С. с настолько низким содержанием Р и FeO, что без раскисления она спокойна в ковше. Введение в производство С. этих методов работы обеспечит получение высококачественных С., если не сразу, то как заготовочный шихтовый материал для электропечи и кислородной мартеновской плавки. Что касается остающихся включений в С., то следует заметить, что жидкие шлаковые капли легко поднимаются вверх и отстаиваются, тогда как вязкий кислый шлак мартеновских печей или продукты раскисления алюминием или ферросилицием, находясь в молекулярном раздроблении, очень трудно коагулируются, а потому и остаются в С. во взвешенном состоянии, не отстаиваясь. Этот способ похож на способ Астона, но он более гибок, дает возможность получать С. разных типов из расплавленного металла в разных печах (основной мартеновской или конвертерах).

Лит.: Капустинский А., Термодинамика химических реакций и ее применение в металлургии и неорганической технологии, М.—Л., 1933; Грачев К., Металловедение, 2 изд., М.—Л., 1933; Бартон Л., Рафинировка металла в электропечах, пер. с англ., Л., 1929; Зауэрвальд Ф., Физическая химия металлических реакций, пер. с нем., Харьков—Днепропетровск, 1932; Benedikts S., Metallographic Researches, N. Y., 1926; Benedikts S. a. Löfquist H., Non-Metallic Inclusions in Iron a. Steel, L., 1930; Sauerwald F., Physikalische Chemie d. metallurgischen Reaktion, B., 1930; Бартон Л., Refining Metals Electrically, Cleveland, Ohio, 1926; Perrin M., Nouvelles méthodes de métallurgie, «Revue de métallurgie», P., 1933, t. 30, Janv.—Mars.

К. Грачев.

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, сооружения, в которых основным строительным материалом является сталь. Стальные конструкции применяются для сооружения различных видов перекрытий, башен, зданий всевозможного назначения, теплиц и оранжерей, градирен, силосов, резервуаров, газгольдеров, кранов, подвесных и канатных дорог, подъемников, набережных, напорных трубопроводов, понтонов, доков, пристаней, шлюзов, поромов, плотин, мостов и вообще во всех отраслях инженерного строительства. К преимуществам С. к. следует отнести: малые внешние размеры, сравнительно малый вес, большое соответствие действительной работы сооружения статич. расчетам, большую приспособляемость к данным условиям вследствие большой свободы в конструировании, однородность материала. При изготовлении конструктивных деталей в мастерских можно достигнуть хорошей точной работы и быстрого монтажа. Производство строительных работ возможно в течение круглого года, т. к. оно не зависит от погоды. Изменения в постройках и их усиление легко выполнимы. После разборки постройки многие ее части могут опять пойти в дело, причем даже негодный материал имеет сам по себе ценность как лом. Недостатками С. к. являются: опасность ржавления, недостаточная огнестойкость, обстоятельства, требующие защитных мероприятий и периодич. возобновительных работ (периодич. окраска). Стальной материал имеет по преимуществу применение в несущих конструкциях, для образования же стен сталь применяется лишь в тех случаях, когда эти стены подвержены большому давлению (резервуары). Следует различать следующие роды несущих конструкций из стали: 1) Прямые стержни в виде балок (фиг. 1—4), подверженных изгибу, и в виде стоек (фиг. 2), подверженных сжатию и работающих на продольный изгиб. Неразрез-

ные балки или балки на многих опорах (фиг. 2), шарнирные балки или балки Гербера (фиг. 3 и 4), консольные балки. Половые балки в жи-



Фиг. 1—4. а — Неподвижная опора или шарнир
б — Подвижная опора

лищном строительстве и мостовые балки в мостостроении. 2) Кривые и изогнутые стержни (фиг. 5 и 6). Плоские арки и рамы с ломаными ригелями, с двумя или тремя шарнирами, режы с одним шарниром. Бесшарнирные арки и рамы (фиг. 7). Стропила и рамы

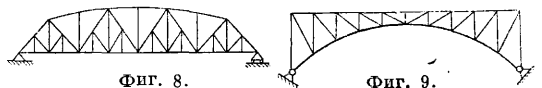


Фиг. 5.

Фиг. 6.

Фиг. 7.

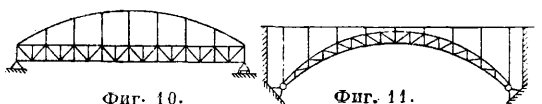
в жилищном строительстве. Мостовые балки в мостостроении. 3) Плоские фермы. Балочные фермы (фиг. 8), арочные фермы (фиг. 9),



Фиг. 8.

Фиг. 9.

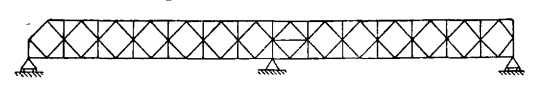
фермы сист. Лангер (фиг. 10), серповидные арки (фиг. 11), неразрезные фермы (фиг. 12), мостовые шарнирные фермы Гербера (фиг. 13).



Фиг. 10.

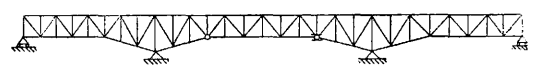
Фиг. 11.

4) Пространственные фермы. Призматические фермы, пирамидальные фермы (фиг. 14), усеченные пирамиды (фиг. 15), цилиндры



Фиг. 12.

(фиг. 16), куполы (фиг. 17), фермы, образующие опоры сооружений, башни, резервуары и краны. 5) Простые и сложные рамы. Мно-



Фиг. 13.

гоэтажные рамы — в гражданских сооружениях (фиг. 18 и 21); многопролетные рамы для мостов и крановых путей (фиг. 19); рамные балки



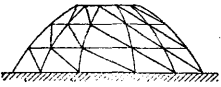
Фиг. 14.

Фиг. 15.

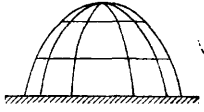
Фиг. 16.

(фиг. 20) — в мостостроении. 6) Пространственные рамы, перекрестные балочные системы (фиг. 22) в перекрытиях и стенах промышленных строений, ребри-

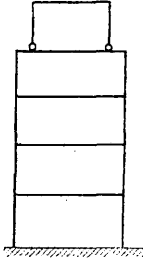
СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ



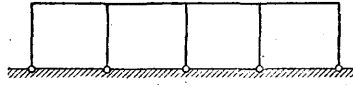
Фиг. 17.



Фиг. 23.



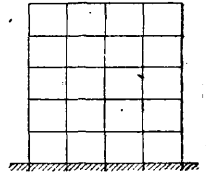
Фиг. 18.



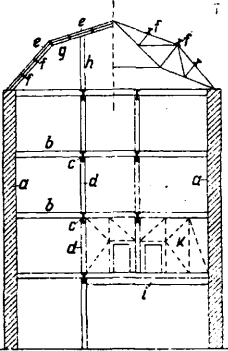
Фиг. 19.



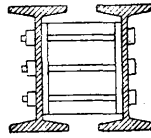
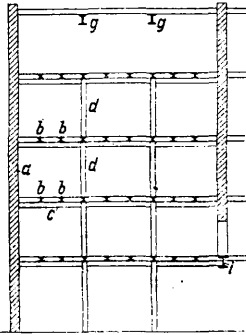
Фиг. 20.



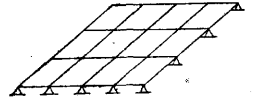
Фиг. 21.



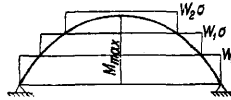
Фиг. 24.



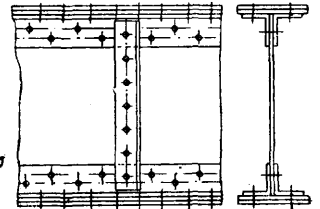
Фиг. 25.



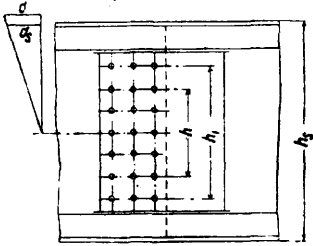
Фиг. 22.



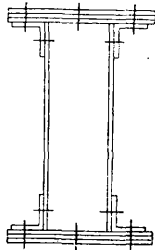
Фиг. 27.



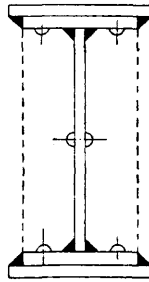
Фиг. 26.



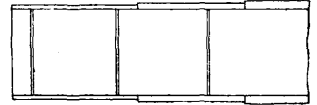
Фиг. 28.



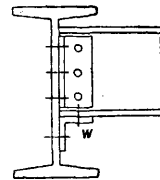
Фиг. 29.



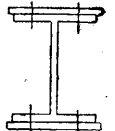
Фиг. 30.



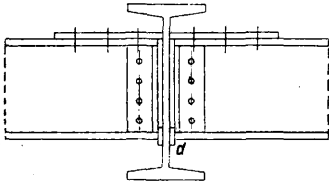
Фиг. 31.



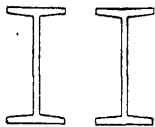
Фиг. 32.



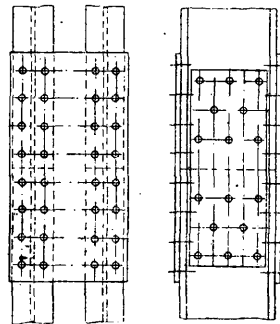
Фиг. 35.



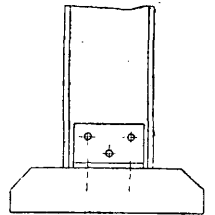
Фиг. 33.



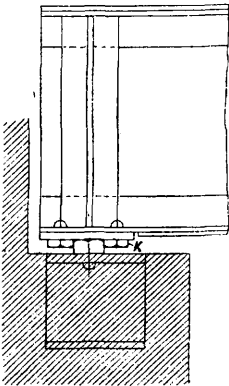
Фиг. 36.



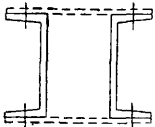
Фиг. 38.



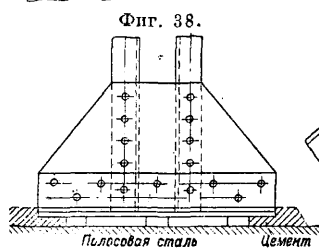
Фиг. 39.



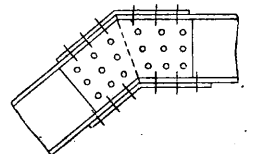
Фиг. 34.



Фиг. 37.



Фиг. 40.



Фиг. 41.

тые куполы (фиг. 23). 7) Плоские и изогнутые плиты для перекрытий, стен, резервуаров, трубопроводов, дымовых труб.

Материалом для стальных конструкций служит литая сталь, стальные отливки и поковки. Помимо этого применяют специальные стали (никелевую, кремнистую). Различные сорта литой стали имеют следующее применение: двутавровая—для всех родов балок; корытная (швеллерная)—для стоек и ферменных стержней; двутавровая широкополочная—для балок, стоек и ферменных стержней; зетовая—для обрешетин и стоек; Зоре или Вотерена—для мостового полотна; угловая—для всевозможных соединений, для клепаных балок и ферменных стержней; тавровая—для ферменных стержней и малых балок; круглая—для легких соединений и анкеров; полосовая и универсальная—для стенок клепаных балок, поясных листов, стержней ферм. Для фасонки, особенно высоких стенок клепаных балок и вообще там, где является необходимым обеспечение одинаковой прочности материала по всем направлениям, применяют листовую сталь, прокатанную по двум направлениям. Стальное литье идет в дело для опорных подушек и шарниров. Кованая сталь употребляется для шарнирных болтов, опорных цапф и тому подобным сильно напряженным частям. Чугун применяется только для опорных плит и резе для стоек. Для соединения служат стальные заклепки и болты [при слишком большой толщине соединяемых частей (более $4\frac{1}{2}$ диаметров отверстий) конич. болты], для шарниров—особые шарнирные болты. В последнее время прибегают к сварным соединениям, особенно пригодным для работ по усилению С. к. При расчетах инженерных конструкций надлежит руководствоваться соответствующими нормами нагрузок и допускаемых напряжений.

На фиг. 24 представлены типичные разрезы многоэтажного здания с массивными наружными стенами *a* и перекрытиями из бетонных плит, располагаемых между стальными двутавровыми балками *b*; потолочные балки покоятся на прогонах *c*, а последние—на опорах *d*. Конструкция крыши: пемзо-бетонные плиты *e* между обрешетин *f* из прокатной стали, опирающихся на стропила *g* в виде стропильных ферм или рамных конструкций со стойками *h* или без них, причем верхние междуэтажные балки служат затяжками. Для поддержания стен служат особо тяжелые стальные балки *i*, к-рые могут быть заменены фахверком *k*, расположенным в самой стене и не пересекающим дверных проемов. Давление ветра передается на междуэтажные перекрытия как на ветровые связи, опирающиеся на стены, расположенные параллельно к направлению ветра, причем все поперечные стены, связанные с наружными продольными, не исключая стен лестничных клеток, принимают участие в рассматриваемой работе. Нормальные двутавровые профили пригодны для большинства потолочных балок при обычных пролетах в 6 м и расстояниях между балками в 2 м. Для уменьшения высоты перекрытия применяют широкополочные двутавровые балки. Для прогонов используются балки более сильных профилей, расположенные ординарно или попарно (фиг. 25), причем в последнем случае в таком расстоянии друг от друга, чтобы между ними могла быть пропущена колонна; соединяются эти балки между собой посредством болтов и кусков балок. При рас-

четах потолочных балок учитывают наибольший допускаемый прогиб; при этом приходится отказываться от полного использования допускаемого напряжения. Для больших пролетов и нагрузок употребляют клепаные балки (фиг. 26), состоящие из стенки, поясных уголков и от 1 до 4 поясных накладок, соединенных между собой заклепками; при ширине уголков более 10 см м. б. поставлены два ряда заклепок, расположенных в шахматном порядке. Для сохранения формы стенки располагают уголки жесткости. Внешние поясные накладки обыкновенно обрываются в местах, определяемых по эпюре моментов путем нанесения прямых $W_0\sigma$, $W_1\sigma$, $W_2\sigma$ и т. д. на эпюре моментов (фиг. 27). Поясные уголки и поясные накладки приклепывают горизонтальными заклепками к стенке балки, причем сила сдвига на единицу длины определится из выражения:

$$\tau = \frac{QS}{I},$$

где Q —поперечная сила, S —статич. момент площади поперечного сечения присоединяемых частей, I —момент инерции поперечного сечения. При шаге e заклепок каждая заклепка должна воспринимать усилие

$$N = \frac{QS}{I} e.$$

Из последнего ур-ня определяется величина e . Стенки большой длины делают стычными, производя соединение при помощи накладок, располагаемых между уголками и возмещающих I , W и F (момент инерции, момент сопротивления и площадь поперечного сечения) стенок балки (фиг. 28). Изгибающий момент

$$M_s = \sigma_s \frac{\delta h_s^2}{6},$$

передаваемый стенкой, д. б. воспринят заклепочным соединением накладок. На крайнюю заклепку падает горизонтальное усилие

$$N = M_s \frac{h_1}{\Sigma h_s^2}.$$

К этому усилию присоединяется еще вертикальная нагрузка от поперечной силы, т. е.

$$N_1 = \frac{Q}{n},$$

причем эта нагрузка м. б. принята равной для всех заклепок; в последней ф-ле n означает число заклепок по одну сторону стыка. Для поддержания стен целесообразно применять клепаные балки с неравнобокими уголками, допускающие прикрепление особенно широких поясных накладок, или двустенные коробчатые балки (фиг. 29). Фиг. 30 показывает в поперечном сечении сварную балку из листовой стали. По фиг. 31 поперечное сечение сварной балки м. б. усилено к ее середине путем применения поясных накладок увеличивающейся толщины. Жесткость таких балок достигается приваренными ребрами. На фиг. 32 представлено соединение балок при помощи угольковых накладок; опорный уголок w облегчает установку. Лучшее соединение выполнять по фиг. 33 посредством растяжной накладки, пропущенной через стенку прогона и лежащей на верхней полке соединяемых балок. При расположении потолочных балок и прогона на одинаковой высоте можно растяжную накладку расположить поверх прогона. Соединяемые т. о. балки приобретают характер неразрезных. Приваренные опорные плиты d передают сжимающие усилия, возникающие вследствие отрицатель-

ных моментов. Эта конструкция, предложенная проф. С. Мюллером в Берлине, весьма экономична, т. к. моменты получаются меньшей величины и можно принять: в средних пролетах

$$M_{max} = \frac{ql^2}{16}$$

и в крайних пролетах

$$M_{max} = \frac{ql^2}{11}$$

Располагая потолочные балки непосредственно на каменной кладке стен, подкладывают под концы спаренных и тяжелых профилей подушки. Балки из листовой стали и коробчатые балки располагают на стальных плитах со сводчатой поверхностью для центрирования давления. Целесообразную опорную конструкцию показывает фиг. 34. Дабы балка могла расширяться, необходимо, чтобы на одном конце ее не было выступающих головок *k* болтов или заклепок. Для опорных стоек применяют широкополочные профили без поясных накладок или с таковыми (фиг. 35), двутавровые и швеллерные спаренные профили со связующими планками (фиг. 36, 37). Стойки проходят обычно через два этажа, причем стыки (фиг. 38) располагают над потолками. При парных стойках прогоны пропускают между ними, а при обычных стойках неразрезные прогоны д. б. парными. Т. к. обыкновенно приходится отклоняться от центрального приложения нагрузки стойки, то на последнюю действуют помимо нормальной силы еще изгибающие моменты, к-рые д. б. учтены при определении размеров поперечного сечения. Расчет на продольный изгиб производят, пользуясь ф-лой:

$$\sigma = \frac{S_0}{F}$$

ω означает коэффициент, зависящий от гибкости стержня

$$\lambda = \frac{\text{длина стержня}}{\text{радиус инерции}} = \frac{l}{i}$$

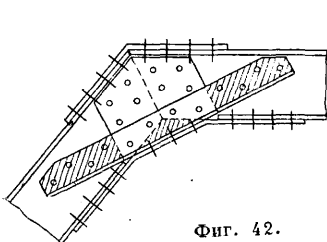
При наличии изгибающих моментов присоединяется еще добавочный член

$$\sigma_1 = \frac{M}{W}$$

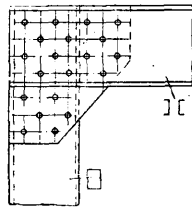
По герм. нормам расстояние между планками определяется из условия, чтобы гибкость каждой ветви не превышала величины $\lambda_1 = 30$, т. е.

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1} \leq 30$$

Опорой стоек может служить толстая плита из литой стали (фиг. 39). Опорное усилие м. б. передано также на трапецеобразный узловой лист (фиг. 40). В первом случае соприкасающиеся плоскости подлежат тщательной обработке. В р а м а х полочные накладки д. б. расположены с внутренней стороны в том случае, когда на рамный угол действует положительный изгибающий момент (вверху сжатие,



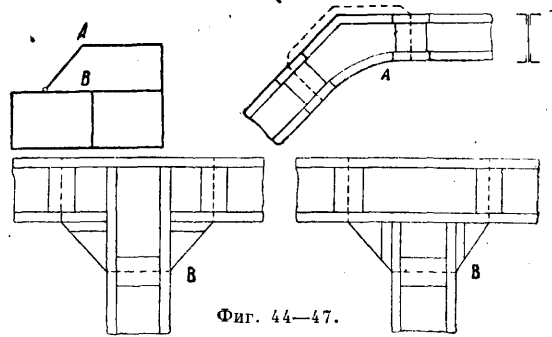
Фиг. 42.



Фиг. 43.

внизу растяжение), и с внешней стороны—в обратном случае. Наиболее целесообразно располагать двойные накладки (фиг. 41). Хорошие соединения показаны на фиг. 42 и 43.

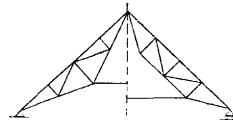
Для балок из листовой стали м. б. образованы хорошие, но более дорогие угловые соединения (фиг. 44—47). Приваренные радиальные угло-



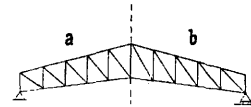
Фиг. 44—47.

вые скрепления, расположенные в близком расстоянии друг от друга, обеспечивают наилучшим образом предполагаемую работу изогнутых поясов.

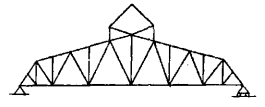
На фиг. 48—50 представлено несколько разновидностей стропильных ферм. Стропильные фермы сист. Полонсо применяют для небольших пролетов и при больших подъемах (фиг. 48). Трапециoidalную ферму по фиг. 49 лучше конструировать по варианту *a*, нежели по варианту *b*, т. к. в первом случае раскосы работают по преимуществу на растяже-



Фиг. 48.

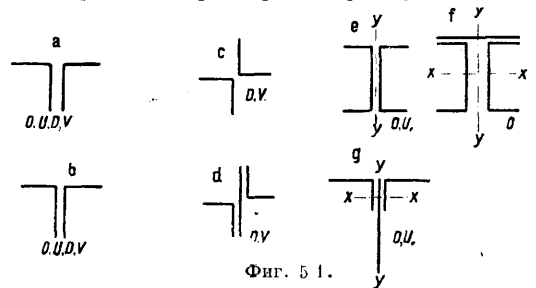


Фиг. 49.



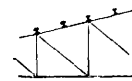
Фиг. 50.

ние. Решетчатая ферма по фиг. 50 представляет собой обыкновенную форму стропильной фермы, применяемой в промышленном строительстве. Следует при этом избегать длинных сжатых стержней и чрезмерно острых углов в сое-

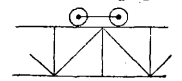


Фиг. 51.

динениях. На фиг. 51 представлены различные формы поперечных сечений стержней, причем буквами *O*, *U*, *D* и *V* обозначено, для какого рода стержней то или иное поперечное сечение наиболее пригодно (*O* означает стержень верхнего пояса фермы, *U*—нижнего пояса, *D*—раскосы, *V*—стойки). Наиболее сильные формы необходимо применять в тех случаях, когда пояс помимо других напряжений испытывает также напряжение от изгиба (фиг. 52—верхний пояс изгибается под действием промежуточных стропильных прогонов; фиг. 53—

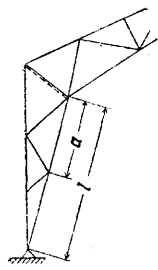


Фиг. 52.

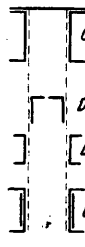


Фиг. 53.

верхний пояс решетчатых крановых балок изгибается под действием крана). В промежутках, образуемых между отдельными частями стержней благодаря наличию узловых листов, располагают прокладки для соединения между собой частей стержня.



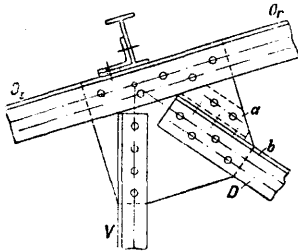
Фиг. 54.



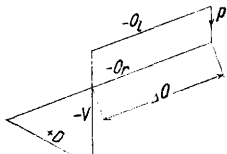
Фиг. 55.

Расчет стержней на продольный изгиб производится подобно расчету опорных стоек. Влияние продольного изгиба в плоскости фермы на прочность стержня зависит от длины стержня a (фиг. 54, сжатый нижний пояс) и момента инерции J_x , а в поперечном (в отношении этой плоскости) направлении — от расстояния между поперечными связями. Для увеличения J_y берут широкие поперечные сечения по фиг. 51, g или располагают ветви стержня в большем расстоянии друг от друга по фиг. 51, f ; последняя конструкция требует толстых прокладок.

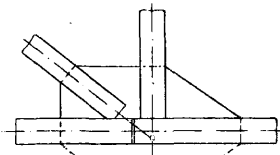
При больших пролетах прибегают к двустенным поперечным сечениям по фиг. 55 с двойными узловыми листами. В узле (фиг. 56) оси стержней, т. е. линии, проходящие через ц. т. сечений, должны пересекаться в одной точке. Для соединения стержней между собой служат узловыи листы толщиной 10—14 мм. Стержни D и V соединяют с фасонкой потребным числом заклепок, оставляя пояса сквозными. Теоретически необходимое число заклепок для соединения фасонки (узловых листов) с поясами определяется в соответствии с наибольшей разностью ΔO поясных усилий (фиг. 57). При больших уголках и широких швеллерах рекомендуется располагать добавочные уголки a (фиг. 56) для увеличения жесткости узла, причем уголок a крепится своей отстоящей (по отношению к фасонке) полкой к стержню b несколькими заклепками, числом



Фиг. 56.



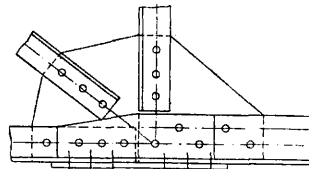
Фиг. 57.



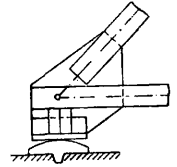
Фиг. 58.

примерно в 1,5 раза большим числа заклепок в прилегающей к фасонке полке. Стропильные прогоны располагают б. ч. на поясах стропильных ферм своей стенкой перпендикулярно к направлению пояса, реже — вертикально. Длинные поясные стержни стыкуются, дабы избежать длин более 12 м. При этом поясные усилия не должны передаваться узловому листу (фасонке). Тогда потребовалось бы придать фасонке форму, указанную на фиг. 58. Лучшие стыкуемые стержни в месте стыка перекрыть накладками из полосовой или уголкового стали

(фиг. 59). По той же причине увеличивают размеры углового листа у опоры (фиг. 60), усиливая его уголками жесткости для восприя-



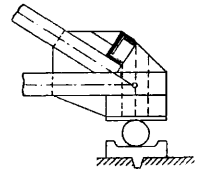
Фиг. 59.



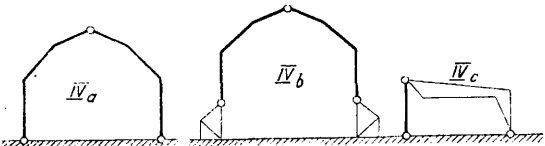
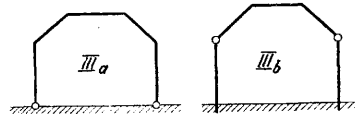
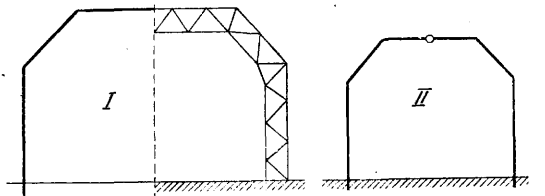
Фиг. 60.

тия опорных реакций. Неподвижная опора снабжается обыкновенно простым анкерным креплением, а подвижная опора имеет ролики, покоящиеся на плите, прикрепляемой к каменной кладке (фиг. 61).

Поперечное сечение здания может быть образовано жесткой стальной рамой, причем безразлично, будет ли рама состоять из сплошных сечений или представлять собой решетчатую систему (фиг. 62). Такая рама три раза статически неопределима. При одном шарнире получается система, два раза статически неопределимая (II), при двух шарнирах мы имеем дело с системой, один раз статически неопределимой (III), а при трех шарнирах — с системой, статически определимой (IV), причем положение шарниров может быть произвольное при одном лишь условии, чтобы они не были расположены на одной прямой линии. На фиг. 62, IVc показана уголкового рама. Схема IIIb представляет собой вместе со стропильными фермами и опорными стойками обычное поперечное сечение фабричных зданий с крановым оборудованием (фиг. 63); заделка опорных стоек в данном случае упрощает конструкцию. Но фундаменты получаются при этом тяжелые и дорогие, а достаточная боковая жесткость достигается только очень широкими опорными стойками с сильным их креплением анкерами. Поэтому б. ч. дают



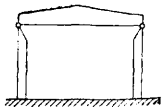
Фиг. 61.



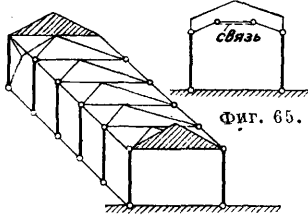
Фиг. 62.

предпочтение поперечным сечениям по схемам IIIa и IVa с шарнирами в основаниях стоек. При наличии более трех шарниров (стропильные фермы на пендельных стойках) система ста-

новится неустойчивой, и является необходимость расположения в плоскости верхнего или нижнего пояса особой связи (главной ветровой связи) на всю длину здания; эта связь должна передать горизонтальные усилия на фронтонную стену или на особые устойчивые торцовые рамы (фиг. 64). Это устройство имеет тот недостаток, что здание не м. б. непосредственно удлинено. Главная ветровая связь используется с большой выгодой для того, чтобы придать жесткость сооружениям с рамами, имеющими при отсутствии такого рода связей большие боковые перемещения. Связь может распространяться не на всю ширину здания (фиг. 65). Возможно также придать стропильным фермам 5, 6 и более шарниров, вследствие чего фермы становятся в 2, 3



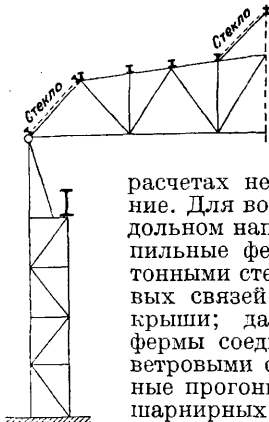
Фиг. 63.



Фиг. 64.

и более раз подвижными. Для каждого шарнира, сверх трех, д. б. предусмотрена продольная связь, расположенная в другой плоскости по отношению к плоскостям, в к-рых лежат другие связи; если две связи стыкуются, то они имеют общий пояс. Получается статически определяемая пространственная ферма сист. Фепля, не имеющая практич. применения в стальном строительстве, но возрождающаяся в последнее время в измененной форме в виде бочарных сводов с ромбоидальной решеткой. Следует заметить, что эти сетчатые покрытия выдерживают лишь нагрузку от веса самого перекрытия, веса снега и давления ветра; для больших сосредоточенных грузов эти покрытия не пригодны. В дальнейшем рассмотрим конструкции особенные различных стальных построек.

1. Фабрично-заводские здания. Такие здания имеют один, два или несколько нефов. Обыкновенная конструкция—заделанные решетчатые опорные стойки, связанные прогоном, поддерживающим подкрановую балку (фиг. 66), поверх стоек—стропильные фермы с двумя шарнирами, отсутствие катковых опор. Это устройство в статич. отношении представляет собой систему с двумя шарнирами один раз статически неопределимую, что однако, при

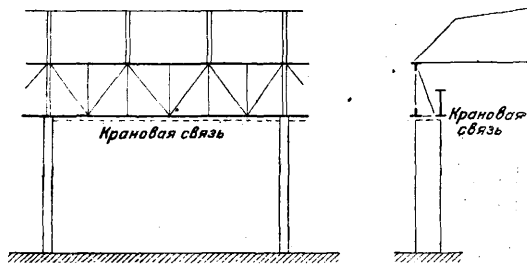


Фиг. 66.

расчетах не принимается во внимание. Для восприятия усилий в продольном направлении крайние стропильные фермы соединяют с фронтонными стенами посредством ветровых связей, лежащих в плоскости крыши; дальнейшие стропильные фермы соединяются попарно также ветровыми связями. Т. к. стропильные прогоны конструируют по типу шарнирных балок, то связи в пролетах располагают без шарниров. Для передачи усилий фундаментам край-

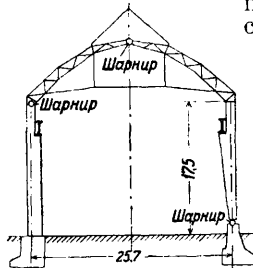
ние опорные стойки каждого ряда укрепляют связями или рамами, причем при зданиях большой длины это может быть сделано несколько

раз. Таким путем получается пространственная система, надежно передающая фундаментам все вертикальные усилия, как то: собственный вес С. к., вес крыши и снега, крановые

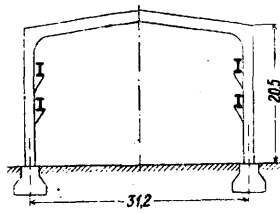


Фиг. 67.

грузы, и все горизонтальные силы, как то: давление ветра, тормозные силы, а также действующие в произвольном направлении полезные грузы. Часто располагают меньше опорных стоек, чем стропильных ферм, с целью экономии места; в этом случае промежуточные стропильные фермы (обычно числом 1, 2 или 3) поддерживают решетчатым прогоном (фиг. 67). При наличии кранового оборудования подкрановые балки, делаемые обыкновенно неразрезными из прокатных или составных профилей, способствуют продольной жесткости здания. Если при больших пролетах прибегают к решетчатым крановым балкам, то верхний пояс надлежит делать достаточно жестким, что осуществляется подразделением этого пояса на мелкие панели с по-

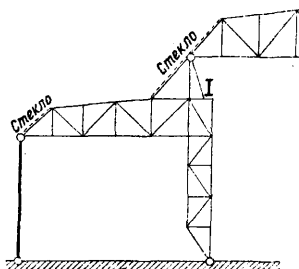


Фиг. 68.



Фиг. 69.

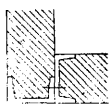
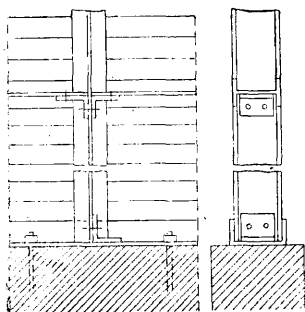
мощью решетки. Для восприятия горизонтальных усилий, возникающих в поперечном направлении вследствие торможения крановой тележки и от косых усилий грузов, подкрановые балки снабжают горизонтальной связью, передающей эти усилия на опоры. При наличии продольной решетчатой балки для промежуточных стропильных ферм указанная связь соединяется с этой балкой. Тормозные силы при передвижении крана и косом натяжении груза в направлении оси здания воспринимаются указанной продольной связью, расположенной между опорами. Опорные стойки делают обыкновенно решетчатыми (фиг. 66). Прикрепление стоек к фундаменту производится посредством



Фиг. 70.

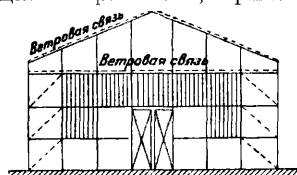
анкеров, заделанных в кладку. В последнее время все чаще соединяют стропила и поддерживающие их опоры в сводах или рамы, как это делалось и раньше в конструкциях вокзалов, выставочных и тому подобных зданий. Это допу-

скают применение сплошных конструкций, более простых по выполнению, но вызывающих перерасход материалов по сравнению с решетчатыми конструкциями. На фиг. 68 и 69 приведены два примера таких конструкций, отличающиеся от общего типа таких построек лишь крановым оборудованием. При зданиях с несколькими нефами часто прибегают к соединению опорных стоек со стропилами боковых пролетов, образуя П-образные или же Г-образные рамы, перекрывающая главный неф решетчатой фермой (фиг. 70). Во всяком случае соединение стропил и опорных стоек в рамы дает возможность отказаться от заделки опор, благодаря чему умень-

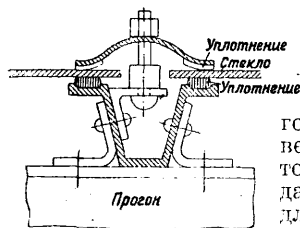


Фиг. 71.

шается объем кладки фундаментов. При большой длине фабрично-заводских и тому подобных зданий С. к. должны иметь сквозные швы для устранения вредного влияния продольных балок на фронтонные стены при удлинении этих балок под влиянием t° ; в опорных стойках, жестко соединенных в продольном направлении со стропильными прогонами, могут в известных случаях возникнуть значительные добавочные изгибающие напряжения, причем тем большей величины, чем они короче. Поэтому следует после каждого 6—10 пролетов между опорами делать разделение конструкции; связи, противодействующие продольным усилиям, д. б. в этом случае в каждой части повторены. Внешние стены представляют собою б. ч. стальной фахверк с стенным заполнением, стойки—из двутавровой, лежни и ригели—из двутавровой или корытной стали (фиг. 71), раскосы—из уголкового стали. Стойки делают сквозными; при высоких фронтонных стенах их разделяют в промежутках горизонтальными ветровыми связями (фиг. 72). Для освещения предусматривают во внешних стенах большие окна; кроме того здания освещаются верхним светом. Световым плоскостям придается больший уклон для лучшего стока дождевой воды и большей чистоты. Если между



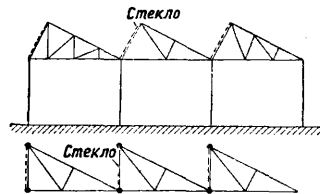
Фиг. 72.



Фиг. 73.

поверхностью крыши и верхним светом имеются вертикальные стенки, то в них устраиваются иногда жалюзи для вентиляции. Большая или меньшая потребность в притоке воздуха зависит от месторасположения и назначения здания. В известных случаях

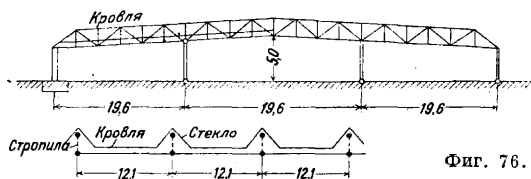
требуется устройство большого числа створных переделов. На фиг. 73 дано устройство переделов световых фонарей, не требующих применения замазки. Армированное стекло толщиной 6—8 мм располагается на специальных желобчатых прогонах; для этой цели применяются также тавровые профили с высокой стенкой. В тех случаях, когда является потребность в хорошем равномерном неослепляющем свете, прибегают к шеддовым крышам (фиг. 74), у которых крутые, обращенные по возможности к северу поверхности остеклены, а пологие не остеклены. Для уменьшения числа опорных стоек стропильные фермы располагают в плоскостях световых поверхностей (фиг. 75).



Фиг. 74 и 75.

2. Здания с большими пролетами (Hallen), не оборудованные тяжелыми кранами. В этих зданиях опорные стойки несут на себе лишь вес крыши и передают давление ветра на фундаменты. Конструкция не изменяется, если при случае используют стойки для прикрепления к ним поворотных кранов или стропила для прикрепления к ним легких подъемных приспособлений.

а) Склады. Низкие здания с промежуточными опорными стойками. На фиг. 76 показан пример пакгауза на набережной г. Бремена. Стропила представляют собой легкие фермы с параллельными поясами, расположенные в расстоянии 12,1 м друг от друга; стропильные прогоны в виде шарнирных балок из прокатной стали располагают поверх нижних поясов; верхний свет в виде двух остекленных наклонных плоскостей перекрывает стропильные фермы, вследствие чего высота помещений в свету минимальная. Световые фонари перекрывают $\frac{1}{4}$ площади помещений. Ниже расположенная кровля состоит из двух рядов толя по сплошной опалубке, лежащей на деревянных стропильных прогонах. Продольная стена со стороны набережной закрывается по всей длине легкими передвижными воротами. Наружные опорные стойки на этой стороне заделаны в фундаменты и передают давление ветра поперечном направлении; все промежуточные опорные стойки за-

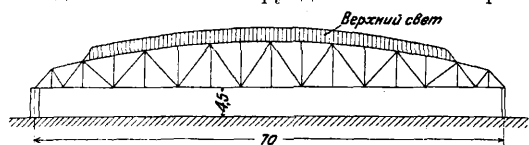


Фиг. 76.

креплены в своих основаниях шарнирно. Давление ветра в продольном направлении передается посредством расположенных в плоскости крыши связей на наружные опорные стойки, имеющие заделанные пяты, на противоположную наружную продольную стену и на некоторые продольные порталы между промежуточными опорными стойками.

б) Вагонные парки. Для рельсового вагонного состава (ж.-д., трамвайные вагоны) здания могут иметь промежуточные опорные стойки. Для автобусов предпочитают просторные помещения без промежуточных опорных стоек. На фиг. 77 показана схема автобусного

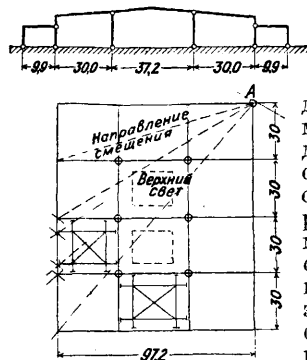
гаража в Трептове (Treptow). Здание на всю свою ширину в 70 м перекрыто решетчатыми фермами, расположенными на расстоянии 20 м друг от друга. Высота помещения в свету равна 4,5 м. Короткие опорные стойки на одной стороне заделаны жестко в фундаментах и воспринимают



Фиг. 77.

мают давление ветра. Освещение—окнами, расположенными во фронтонах стен, и верхним светом. На фиг. 78 приведена схема трамвайного парка в Шарлоттенбурге. Прямоугольное, окруженное низкими боковыми нефами пространство перекрыто тремя поперечными и двумя продольными фермами, подпертыми в точках их пересечения шестью шарнирными стойками. Соединения так сконструированы, что фермы работают как неразрезные балки. Каждое из 12 полей имеет верхний свет в форме большого квадратного окна, поддерживаемого двумя парами пересекающихся балок и перекрытого двумя диагональными ребристыми балками. Здание это окружено со всех сторон другими высокими зданиями, защищающими первое от большого давления ветра. Опорная стойка одного угла заделана жестко в фундамент, все же остальные опорные стойки сконструированы подвижными в сторону указанного угла, что дает возможность частям конструкции свободно расширяться.

в) Ангары для аэропланов. В продольной стене здания для хранения аэропланов оставляются отверстия для ворот и несколько промежуточных опорных стоек расположены на расстоянии не менее 20 м друг от друга. Ворота м. б. раскрыты на всю длину. Эти воротные отверстия закрываются опускаемыми или передвижными воротами. Фиг. 79 показывает один из часто встречающихся типов таких зданий. Стропильные фермы покоятся с задней стороны на факверковой стене, а с передней—на воротной

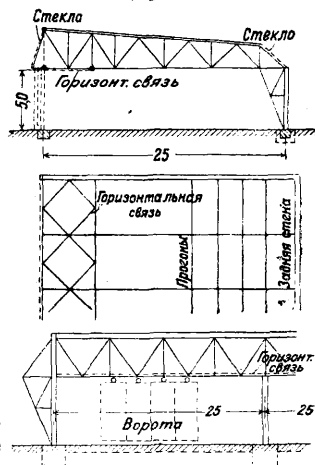


Фиг. 78.

балке, число опор к-рой должно быть по возможности ограничено. Главные стропильные фермы в плоскости опорных стоек предназначены для восприятия давления ветра и сконструированы поэтому как угловые рамы; промежуточные стропильные фермы передают горизонтальные силы на главные стропильные фермы посредством горизонтальной связи. Против продольного ветра располагают связи в плоскости крыши, к-рые передают опорные усилия на заднюю стену, а спереди—на раскосы, расположенные по концам воротных балок; последние конструируются в виде фермы или уголковой рамы. Высота ангаров для аэропланов ограничивается размерами типов аэропланов. Окна располагают в задней стене и во фронтонах стен. Верхний свет устраивается

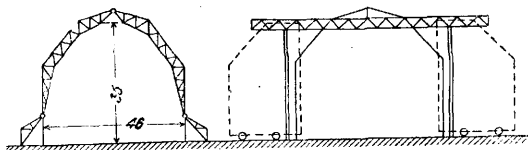
перед воротной балкой и в крайнем пролете стропильных ферм у задней стороны.

г) Ангары для воздушных кораблей. Для перекрытия большого пролета здания служат обыкновенно решетчатые фермы арочной системы. Целесообразны трехнарирные арки (фиг. 80). Пятовые точки часто располагают на высоких козлах, между к-рыми размещают служебные помещения. Покрытие крыши делают по возможности легким: из пемзобетонных плит по стропильным прогонам или из этернитовых плит по обрешетке. Помимо обычных ветровых связей, располагаемых в продольном и поперечном направлениях, д. б. предусмотрены особые связи, не допускающие изгиба внутреннего пояса стропильных ферм; подходящими были бы для данного случая спаренные стропильные фермы, но они слишком тяжелы. Для освещения здания располагают окна в высоких боковых стенах. Особое значение имеют ворота, устраиваемые в обоих концах здания для ввода воз-



Фиг. 79.

душных кораблей в ангар; ввод производится по возможности в направлении, противоположном направлению ветра. Ворота делают б. ч. раздельными, передвижаемыми на катках, располагаемых на поверхности земли и вверху в специальных направляющих (фиг. 80). Последние передают свои горизонтальные усилия в середине на пространственные ветровые связи, расположенные между конечными стропилами, а сбоку на опорные козла, устанавливаемые на стенах здания или свободно, рядом со зданием. Для безопасного ввода и вывода воздушного корабля служат широкие рельсовые пути, проходящие внутри самого здания и по обе стороны его. Заслуживают внимания вращающиеся ангары, построенные в Германии перед войной в Биздорфе вблизи Берлина и в Нордхольце у Куксгавена. Эти ангары м. б. вращаемы наподобие вращающихся мостов. Такая конструкция позволяла установку ангара в направлении ветра, что допускало ввод и вывод воздушных кораблей в любое время. Поперечный остов этих зданий представлял

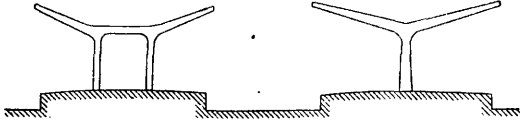


Фиг. 80.

собой замкнутые рамы с высокими решетчатыми поперечными половыми балками. Вес здания передавался на высокие решетчатые балки, расположенные в боковых стенах, опирающихся на роликовый путь. Т. к. пол здания для возможности беспрепятственного ввода и вывода воздушных кораблей должен ле-

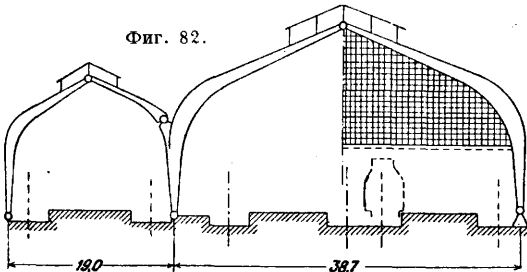
жать на одном уровне с поверхностью земли, то вся выступающая нижняя часть была расположена в кругообразной выемке, имеющей диаметр, равный длине ангара, и глубину соответственно толщине пола. В период войны в Германии строили вращающиеся ангары без пола, у которых нижние края боковых стен были укреплены широкими горизонтальными решетчатыми балками; опорожненный от газа воздушный корабль подвешивался к стропилам.

д) Вокзальные перонные и перонно-путевые перекрытия. Одноэтажные и двухэтажные вокзальные перонные перекрытия (фиг. 81) с уклоном крыши в сторону



Фиг. 81.

опорных стоек выполняются в последнее время по преимуществу в виде сварных конструкций. Для перекрытий средней величины, перекрывающих несколько рельсовых путей и перонов, применяют полностенные рамы (фиг. 82). Прежде придавали большее значение, чем теперь, перекрытию всех рельсовых путей и перонов без промежуточных опор, прибегая при этом к решетчатым арочным фермам, пролетам в 50—75 м и более (в Чикаго 110 м). Эти постройки способствовали в значительной степени развитию С. к. Особенность вокзальных перонно-путевых перекрытий представляют собой большие остекленные фронтоновые стены. Такое остекление делается для лучшего освещения путей и перонов независимо от устройства боковых окон и освещения верхним светом. Эти остекленные фронтоновые части стен доводятся до нормального габарита вокзальных зданий и поддерживаются у их нижнего края горизонтальными ветровыми балками (фиг. 82). Особен-

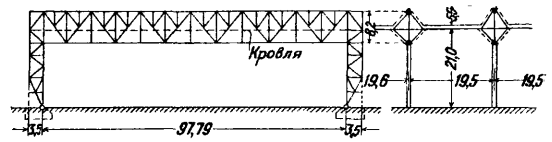


Фиг. 82.

ные меры д. б. приняты в отношении отвода дымовых газов, могущих причинить весьма большой вред С. к. С этой целью в наст. время оставляют в крыше широкие отверстия над рельсовыми путями, перекрываемые так, чтобы дождь и снег не попадали на рельсовые пути.

е) Выставочные и рыночные здания. Выставочные здания имеют б. ч. временный характер, причем к таким временным выставочным зданиям предъявляется требование, чтобы пущенный для их возведения в дело стальной материал мог впоследствии получить применение в другом месте. Это м. б. достигнуто лишь при малых пролетах, причем стропила и опорные стойки должны иметь возможно малое число заклепочных отверстий. Применяют в этом случае часто чугунные башмаки и другие приспособления. В тех случаях, когда выставочные здания сооружаются на продолжи-

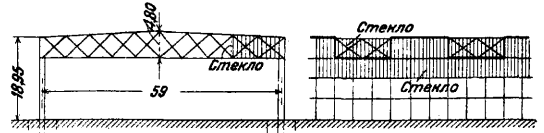
тельный срок, обращают большее внимание на внутренний вид здания; легкие выставочные предметы часто располагают на галереях. Промежуточные опорные стойки не всегда приме-



Фиг. 83.

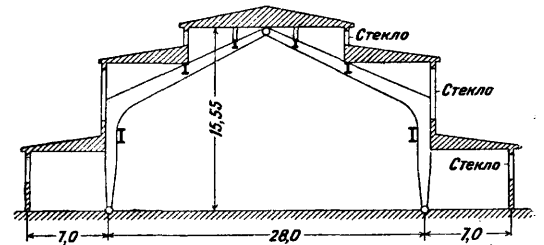
нимы. Выставочный машинный зал в Париже, сооруженный в 1889 г., имеет трехшарнирные стропила, перекрывающие пролет в 114 м. Хорошими примерами выставочных зданий могут служить: выставочные здания на Лейпцигской выставке (фиг. 83 и 84) и на Кильской выставке (фиг. 85). Рыночные здания конструируют по тому же принципу, что и выставочные здания.

ж) Залы для собраний, гимнастические и спортивные здания, театры, цирки, кино. Указанные здания и



Фиг. 84.

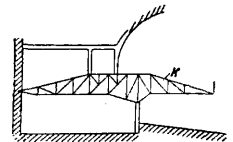
помещения сооружаются без промежуточных колонн. Для театров, цирков и кино дневной свет не нужен, но их отопление и вентиляция играют существенную роль. Особенностью этих сооружений является наличие больших выносных галерей ж (фиг. 86). Цирковые зда-



Фиг. 85.

ния имеют б. ч. круглую или овальную форму плана; в этом случае конструкция крыши представляет собой пространственное сооружение наподобие куполов газгольдеров.

з) Теплицы и оранжереи. С. к. невысоких тепличных зданий являются достаточно простыми, напротив, пальмовые здания в ботанич. садах представляют собой высокие, просторные сооружения, внешние поверхности которых на большом протяжении д. б. остеклены. Следует избегать теней, продолжительное время не меняющих свое место; это требование привело к своеобразному сетчатому куполу без горизонтальных стержней сист. проф. Хертвиг (Hertwig) для ботанич. сада в Берлине.

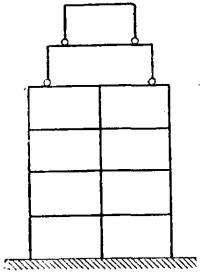


Фиг. 86.

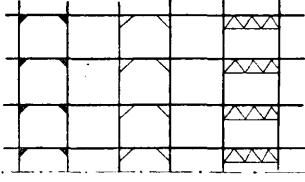
и) Стальные жилые здания. С. к. получили применение в последнее время за границей и для малых жилых зданий. Для уделения отдельные части таких стрессей д. б. нормализованы и изготовлены фабричным путем.

Стены и перекрытия делают из теплоизолирующих и звукоизолирующих строительных материалов (пемзовый бетон, гипс, асбестовый шифер, торфяные прослойки и пр.). В Англии, Америке и Германии имеются различные системы стальных зданий, находящиеся в настоящее время в стадии развития.

3. Стальные каркасные здания. Опорные стойки и ригели в поперечном и продольном направлениях образуют пространственную неизменяемую стержневую систему, способную воспринять все вертикальные и горизонтальные усилия и передать их на фундаменты (фиг. 87 и 88).

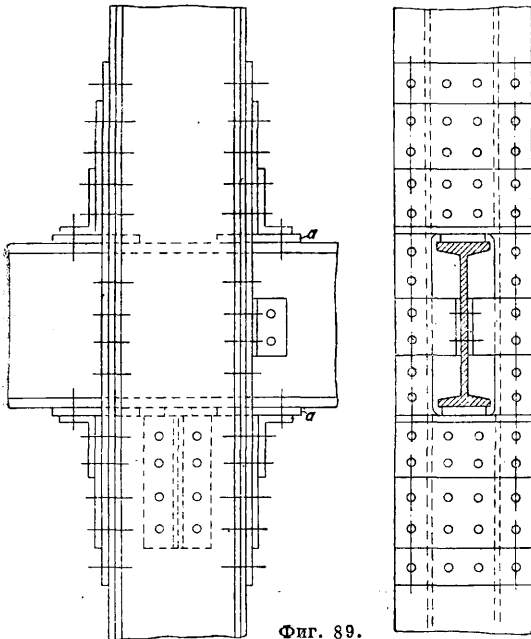


Фиг. 87.



Фиг. 88.

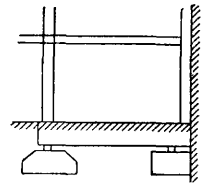
Ригели служат прогонами, поддерживающими потолочные балки. Каменная кладка служит лишь для заполнения простенков, для брандмауэрных стен, стен лестничных клеток и т. п. целей. Необходимость применения каркасной системы обуславливается многоэтажностью зданий, в особенности зданий-небоскребов или башенного типа. При числе этажей свыше 10 массивные стены и столбы отняли бы много площади застройки. При нечрезмерных глубинах здания и таких же величинах нагрузок на перекрытие представляется возможным обойтись без про-



Фиг. 89.

межуточных колонн. Расположенные одна над другой рамы создают ясные статич. условия, особенно выгодные при уступчатом расположении стен (фиг. 87). Горизонтальные связи могут отсутствовать, имея в виду, что перекрытия (железобетонные или железобетонные) в своих плоскостях могут считаться жесткими. Фахверковые связи на всю высоту этажа редко

допустимы. Чаще жесткость придается ригелям подкосами или решетчатыми балками, расположенными выше окон (фиг. 88). Фиг. 89 показывает соединение колонн с ригелями, которые проходят, не прерываясь, через колонну, опираясь на усиленные листовые накладки колонны; плотное прилегание частей достигается прокладками или клиньями *a*. В зависимости от условий грунта здание может покоиться на отдельных фундаментах, на поперечных или продольных лежнях, расположенных под рядами колонн, на неразрезной железобетонной плите, или, при очень неравномерном грунте, на железобетонных сваях. Когда колонны здания прилегают к соседнему зданию, то фундамент не м. б. расположен центрально, и приходится прибегать к стальной или железобетонной консольной конструкции, расположенной под подошвой подвала (фиг. 90). Особенное внимание в стальных каркасных зданиях следует уделять их безопасности в пожарном отношении. Балки потолков и прогоны (ригели) д. б. защищены внутри перекрытий. Если нижние полки балок не скрыты в потолочном перекрытии, они д. б. защищены бетоном по проволочной сетке; наименьшая толщина защитного слоя равна 3 см.



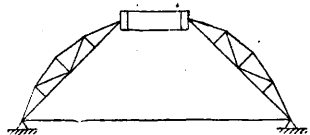
Фиг. 90.

Все колонны покрываются одеждой из фасонных каменной или плит или из бетона по проволочной сетке. Для уменьшения сотрясений от уличного движения внешние стены отделяют от мостовых, дабы тем самым отстранить от здания особенно вредные горизонтальные удары. Тогда на здание могут действовать лишь менее опасные вертикальные движения, передаваемые через фундаменты на строение в сильно ослабленном виде. Эти мероприятия вполне согласуются с теми теориями, которые явились результатом наблюдений над состоянием зданий в период больших катастрофических землетрясений (Сан-Франциско 1906 г.; Токио 1923 г.). В этих условиях оправдали себя рамные конструкции из стали или железобетона, в то время как обыкновенные конструкции были разрушены. Причиной обрушения зданий с массивными стенами, колоннами и перекрытиями являются горизонтальные составляющие движения грунта, в несколько раз (около 5) превышающие вертикальные составляющие.

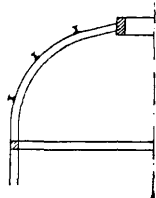
4. Пространственные центрально-расположенные С. к. Все описанные выше конструкции имеют вполне определенную продольную ось и состоят по преимуществу из поперечно расположенных по отношению к этой оси стропильных ферм и продольных балок, к-рые (фермы и балки) лишь в соединении с продольными и поперечными связями образуют пространственное сооружение. В противоположность этой конструкции призматические, пирамидообразные и куполообразные конструкции имеют вертикальную центральную ось и в узком смысле именуются пространственными конструкциями. В общем можно различать замкнутые конструкции и открытые опорные конструкции (башни, опоры резервуаров, мостовые опоры). Замкнутые конструкции могут быть разделены в свою очередь на плоские конструкции, загруженные гл. обр. вертикально, и на конструкции большой высоты по отношению к размерам плана, для которых существенную роль играет давление ветра.

Помимо выше перечисленных имеются еще и промежуточные формы стальных конструкций.

а) Плоские сооружения, купольные и шатровые крыши. Т. к. в данном случае влияние вертикальных усилий превалирует над другими усилиями, то прибегают часто к установке в радиальном направлении плоских полустропильных ферм, стыкаемых в вершине купольного свода или присоединяемых к пространственно жесткому замыкающему свод фонарному кольцу (фиг. 91); второй способ смыкания полустропильных ферм применяется чаще вследствие конструктивных затруднений, встречаемых при смыкании по первому способу. Если такое сооружение будет подперто лишь в вертикальном направлении, то оно получилось бы при больших пролетах тяжеловесным и кроме того его опорные части подверглись бы большим радиальным перемещениям. Поэтому все опорные точки соединяют полигональным, работающим на растяже-

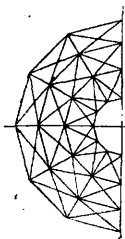


Фиг. 91.

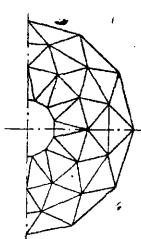


Фиг. 92.

ние пятовым кольцом, что создает купольное действие. Полустропильные фермы крепятся между собой связями, лежащими в плоскости крыши. При полностенных стропилах получается ребристый купол. В этом случае может оказаться целесообразным прибегнуть к жесткому соединению ребер с опорами (фиг. 92). Другая возможность постройки куполов состоит в том, что все стержни решетки располагают в плоскости крыши, оставляя свободным все внутреннее пространство купола; получается решетчатая оболочка купола. Эти куполы, впервые построенные Шведдером, состоят из плоских полигональных стропильных ног, горизонтальных колец и обыкновенно двух диагоналей, расположенных в трапецеобразных полях, ограниченных стропильными ногами и кольцами (фиг. 17 и 93). И в этой системе С.к. имеется пятовое кольцо и фонарное (ключевое) кольцо. Если каждое кольцо по-



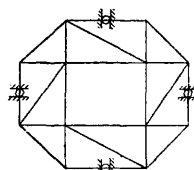
Фиг. 93.



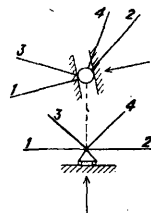
Фиг. 94.

вернуть по отношению к предыдущему на половину центрального угла, то стропильные ноги и диагонали не будут ничем отличаться друг от друга, все поля будут представлять треугольник и получится сетчатый купол (фиг. 94). Другой род оболочечных фахверковых куполов представляет собой купол сист. Циммермана, у которого число сторон горизонтальных полигонов уменьшается кверху, а в зонах встречаются три- и четырехугольники (фиг. 95). При наличии

пятового кольца теоретически достаточно иметь помимо вертикальной опорной составляющей еще одну горизонтальную, идущую параллельно к одному направлению стены (фиг. 96). Мно-



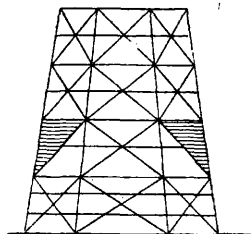
Фиг. 95.



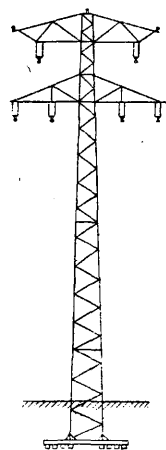
Фиг. 96.

гочисленные купольные крыши применены для перекрытия монументальных архитектурных сооружений, обмурованных газгольдеров, кругообразных паровозных депо, выставочных павильонов, цирков и т. п. зданий. Куполы с прямыми стропильными ногами представляют собой шатровые крыши; хотя и здесь теоретически возможна чисто оболочечная конструкция, тем не менее стропильные ноги конструируют жесткими в вертикальной плоскости или выполняют их в виде плоских полустропил.

б) Высокие постройки. Башенные пирамиды для архитектурных построек (фиг. 14) возводятся, как пространственные фермы, со стропилами, кольцами и диагоналями. Так как при этом не требуется оставлять внутреннее пространство свободным, то на высоте колец располагаются легкие полове настилы. Призматические фахверки применяют в качестве направляющих каркасных стоек для открыто стоящих газгольдеров с поднимающимся и опускающимся колоколом (фиг. 16). Так как при низко расположенном колоколе давление ветра не особенно велико, а при высоко расположенном колоколе жесткое его перекрытие (плоский купол с железной кровлей) способствует сохра-



Фиг. 97.

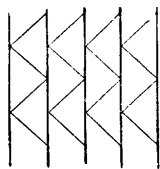


Фиг. 98.

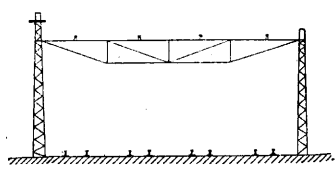
нению формы строения, то направляющие каркасные стойки м. б. оставлены сверху открытыми. Для передачи ветровых сил на каркасные стойки имеет значение опираются ли колокольные звенья на радиальные или на тангенциальные родинки. Сухие газгольдеры состоят из цилиндра, сделанного из листового материала, укрепленного снаружи кольцами и стойками, а внутри гладкого; в этом цилиндре движется под действием давления газа диск, подобно

поршню в паровом цилиндре. Движение диска в газгольдерном резервуаре направляется двумя роликовыми венцами. Градирни паровых установок представляют факхверковые каркасы в форме цилиндров, усеченных пирамид и т. п. (фиг. 97). Градирни имеют деревянную обшивку и подвержены давлению ветра.

в) М а ч т ы и б а ш н и. Мачты для электрич. проводки представляют собой четырехгранные решетчатые строения, несущие на се-

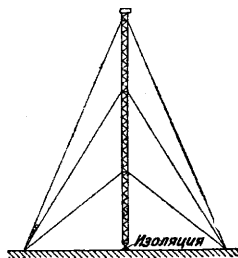


Фиг. 99.



Фиг. 100.

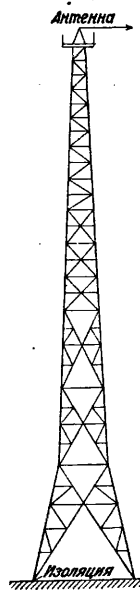
бе консоли для подвесных изоляторов (фиг. 98). На мачты действуют собственный вес проводки, вес льда, давление ветра и горизонтальные силы, действующие в продольном направлении при различных пролетах. На угловые мачты действует кроме того результирующая горизонтальная сила. Мачты верхней проводки в местах пересечений должны иметь достаточную высоту с учетом провисания проводов этой проводки. Пояса состоят из одного или, при больших высотах, из нескольких уголков. Развертка на фиг. 99 показывает расположение стержней решетки, увеличивающее прочность поясных уголков в отношении продольного изгиба. Для передачи момента заделки на грунт при сравнительно малой вертикальной силе требуются прочные фундаменты, стоимость которых при плохом грунте может составить значительную часть общих расходов. Применимы в данном случае балочные фундаменты, ростверки, сваи. На фиг. 100 показана ферма, покоящаяся на двух мачтах и служащая для поддержания расположенной на ней электрической проводки для трамвайных линий. Радиобашни строятся двух родов: с оттяжками и без таковых. Высота 100—200 м. Нагрузка—вес антенного каната с натяжным грузом, собственный вес и давление ветра. Радиомачты представляют собой узкие, б. ч. четырехгранные решетчатые конструкции с шарнирной пятой, удерживаемые в вертикальном положении через каждые 40—50 м по высоте тремя проволочными оттяжками канатами (фиг. 101). Под



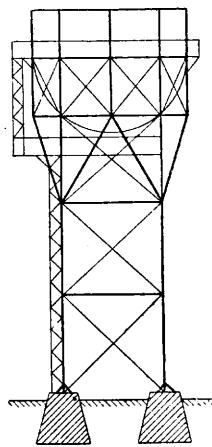
Фиг. 101.

опорной точкой и у точек закрепления канатов располагают изоляторы. Радиобашни имеют б. ч. четырехугольное или трехугольное сечение и конструируются свободно стоящими без оттяжек, но с закрепленными анкерами, изолированными опорами. Большие панели решеток радиобашен разделяют на меньшие длины для предо-

башен—Эйфелева башня в Париже—высотой 300 м, служащая ныне как радиобашня, весит ок. 7 000 т. Маяки несут на своей верхней площадке световой аппарат; ниже расположены обслуживающее помещение, лестницы и пр. Водонапорные стальные башни имеют сквозные каркасные опоры, к-рые поддер-



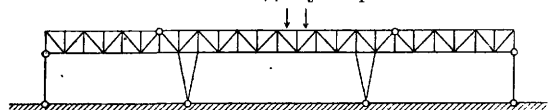
Фиг. 102.



Фиг. 103.

живают резервуары (см.) различной системы (фиг. 103). Большая нагрузка (до 2 000 т и более) требует сильных опор. Для предоставления опорному кольцу резервуара большого числа опорных точек, опоры раздваиваются наверху или же предусматриваются промежуточные опорные точки. По оси расположены шахта с винтовой лестницей и трубопроводы. Под резервуаром располагается большей частью насосное помещение. В последнее время опорные каркасы сооружаются в виде призматических многоярусных рам.

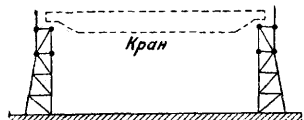
5. Различные стальные конструкции. Бункеры и силосы (см.) имеют вертикальные боковые стены и воронкообразное дно с опорными клапанами. Под бункерами и силосами



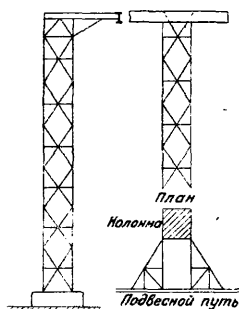
Фиг. 104a.

расположены рельсовые пути для дальнейшего транспортирования материалов. Каркасные опоры сооружаются соответственно с большой величиной поддерживаемого ими груза особенно прочно с диагональным креплением или в виде рамной конструкции. Свободно стоящие крановые пути для складов и тому подобных сооружений могут иметь опоры, соединенные между собой по направлению движения кранов и образующие тогда многопролетные рамы или решетчатые мосты (фиг. 104а и 104б). Электрич. подвесные пути имеют решетчатые опоры с заделанными пятнами с ординарной или двойной укосиной, к концу которой прикреплен балка, служащая путевым рельсом (фиг. 105). Подобно этому устраиваются и опоры канатных дорог. На концах консолей имеются расположенные в направлении каната канатные держатели в виде изогнутой выпуклой вверх балки длиной в несколько метров, в жолобе которой скользит несущий канат.

Элинги представляют собой бетонные наклонные плоскости на прочном основании. Элинги несут на себе стальной-блоки, на к-рых возводят стальной остоу корпуса корабля. При современном кораблестроении используются передвижные и вращающиеся краны, пути которых расположены на элинговом монтажном строении. Открыто стоящее монтажное строение состоит из прямоугольных, б. ч. двустен-

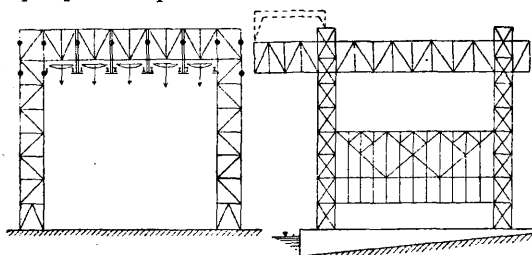


Фиг. 104б.



Фиг. 105.

ных, решетчатых поперечных рам шарнирными или заделанными опорными стойками и из нескольких соединенных с рамами параллельных решетчатых балок, к которым прикреплены крановые пути (фиг. 106). Для производства работ одновременно в нескольких местах устанавливают несколько (2—8) кранов, действующих в параллельных плоскостях. У водного конца продольные балки выступают, поддерживая поперечный крановый путь. Для обеспечения жесткости в продольном направлении колонны заделываются в пятах и кроме того связываются между собой продольными связями. Между колоннами подвешены в продольном направлении легкие высокие фермы, поддерживающие на разных высотах рабочие подмости, допускающие работу у наружной обшивки судна. Элинговое монтажное строение может иметь также вышеописанную конструкцию с шарнирно закрепленными колоннами и глав-

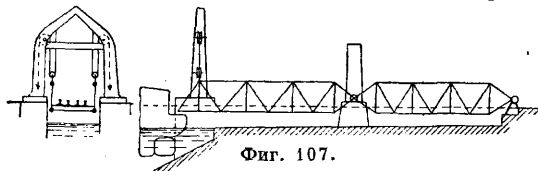


Фиг. 106.

ной ветровой связью. Сообразно с величиной верфи элинговые монтажные строения строят с двумя и большим числом нефов, причем эти строения имеют в редких случаях стены и крыши. В других случаях элинговые монтажные строения состоят лишь из двух и более рядов колонн с продольными балками для передвижных или вращающихся кранов. Элинги для речных судов вследствие их малой высоты м. б. сооружены закрытыми; они отличаются тогда от заводских зданий лишь наклонным полом и большими выходами, допускающими спуск судна.

6. С. к. в водном строительстве. Береговые стенки в последнее время сооружают часто в виде шпунтового ряда свай специальных профилей (Ларссена, Хоца, Крупна и др.). Эти шпунтовые стальные сваи обладают при малом их весе большим моментом сопротивления, плотно соединяются в швах и легко заго-

няются в грунт. Вершины свай связываются двутавровыми балками или швеллерами и крепятся анкерами. Стальные трубы применяются для напорных трубопроводов водосилового установок; соединения делают часто сварными. Понтоны употребляются для разных целей: в качестве опор понтонных мостов, для пристаней при меняющемся уровне воды и т. п. Корпуса понтонов изготовляются из листовой стали с внутренним креплением при помощи переборок или решетчатых конструкций. Стационарные пристани возводятся на стальных сваях, чаще на винченных стальных трубах. На фиг. 107 представлено сооружение для передачи ж.-д. вагонов на паром. При меняющемся уровне воды конец мостовой фермы можно переставлять по высоте. Плавающие доки (см. Доки п л о в у ч и е) не имеют затворов; их подъем производится откачкой воды; их составные части: поперечные рамы из решетчатых балок, продольные переборки, продольные балки в днище, промежуточные поперечные балки, листовая обшивка. *Плотины* (см.) имеют в некоторых системах стальные разборчатые части. Судовые подъемники имеют подъемное корыто,



Фиг. 107.

в которое вводится судно и которое закрывается с двух концов (см. *Подъемные машины*). Неподвижные опорные части состоят из поперечных рам, продольных балок в боковых стенках и связей.

О стальных мостах см. *Металлические мосты, Мосты, Мосты-каналы, Мосты-транспортёры, Опоры мостов, Подвижные мосты, Разборные мосты.*

Н. Поль.

Лит.: Геллер В., Жесткие рамы, пер. с нем., М., 1929; его же, Металлические рамы, их расчет и конструирование, пер. с нем., М., 1928; Герстен К., Железные конструкции гражданских сооружений, пер. с нем., М.—Л., 1929; Технич. условия и нормы проектирования и возведения металлических конструкций и сооружений, М., 1930; Ривовш О., Металлические строительные фермы, 5 изд., М.—Л., 1931; Денсер Ф. и Митцват Р., Американские металлические конструкции, пер. с нем., М.—Л., 1931; Foerster M., Die Eisenkonstruktionen d. Ingenieur-Hochbauten, 5 Aufl., Lpz., 1924; Geusen L., Die Eisenkonstruktionen, 4 Aufl., B., 1925; Gregor A., Der praktische Eisenhochbau, B. 1—3, 5 Aufl., B., 1930; Hawranek A., Der Stahlskelettbau, B., 1931; Stahl im Hochbau, hrsg. vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute, 8 Aufl., Düsseldorf, 1930; Sturzenegger P., Masten u. Türme in Stahl, B., 1929; Kulka H., Der Eisenwasserbau, B. 1, B., 1928; Raupold, Der Bau d. Wolkenkratzer, Mch., 1913; André W., Die Statik des Eisenbaues, 2 Aufl., Mch., 1917; André W., Die Statik des Kranbaues, 3 Aufl., Mch., 1922; Möhrle Th., Das Fördergerüst, 2 Aufl., B., 1928; Denser F., Amerikanischer Eisenbau, in Bureau u. Werkstatt, B., 1928; Dub R., Der Kranbau, 2 Aufl., Wittenberg, 1922, Ergänzungsband zur 2 Aufl., Wittenberg, 1927; «Der Eisenbau», Lpz., 1910—22; «Der Bauingenieur», B., ab 1921; «Die Bautechnik», B., ab 1923; «Der Stahlbau», B., ab 1929; Handb. der Ing., T. 2, Brückenbau, B. 1—7, Lpz.; Häselter E., Der Brückenbau, Brschw., 1908; Schaper G., Eiserner Brücken, 5 Aufl., B., 1922; Melan J., Der Brückenbau, B. 3, W.—Lpz., 1923—27; Mehrrens G., Eisenbrückenbau, B. 1—3, Lpz., 1908—23; Grüning M., Der Eisenbau, в книге Handbibliothek f. Bauingenieure, hrsg. v. R. Otzen, T. 4, B. 4, B., 1929; Hotopp L., Bewegliche Brücken, B. 1—2, Hannover, 1926.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, сведения установленных норм в типы, классы, группы, установление единообразия понятий, обозначений, признаков, максимально точных образцов как для готовых изделий, так и для сырья и отдельных производ-

ственных процессов, для чего устанавливаются определенные размеры и вес, свойства материалов, правила изготовления и т. д. На нем. язык слово «стандартизация» переводится англ. словом «нормализация». В литературе эти два термина часто заменяются один другим.

Говоря о нормализации, устанавливающей известный минимум типов, размеров и форм вырабатываемых изделий, необходимо определить и значение таких терминов, как «нормы», «нормали», представляющих собою отдельные ступени С. Нормы обычно употребляются как технич. условия производства, как установленные правила в строительстве, испытания материала и пр. Нормали — не что иное, как заводские стандарты, разрабатываемые на предприятиях и действующие в пределах лишь данного предприятия. Понятие С. определяется многими авторами по-разному, точных определений оно еще не имеет, но никем не оспаривается, что С. является областью рационализации, что она неразрывно связана со всеми мероприятиями по рационализации, что в рационализаторской области она занимает исключительное место как по своему значению, так и по практическим достижениям.

Первыми стандартами, получившими свое оформление, были единицы меры, веса и стоимости, оформление к-рых относится к периоду франц. революции, создавшей метрич. систему. Удобство единообразной системы мер настолько очевидно, что к метрич. системе, получившей международное признание, переходят постепенно все страны. Ею пользуются в настоящее время более 40 государств, в том числе и СССР. В царской России применение метрич. системы не встречало поддержки правительства, опасавшегося решительных шагов в этом направлении и сылавшегося на неподготовленность населения к реформе. После Октябрьской революции декретом Совнаркома от 14 сентября 1918 г. было провозглашено введение «международной метрической десятичной системы мер и весов». В настоящее время метрологическими проблемами занимается Всесоюзный научно-исследовательский ин-т метрологии и стандартизации (бывш. Палата мер и весов), находящийся в системе Всесоюзного комитета по стандартизации при СТО. Необходимо отметить, что метрология и С. в социалистич. переустройстве народного х-ва чрезвычайно тесно связаны между собой, несмотря на то что их появление на историч. арене во времени различно. Родиной промышленной С. принято считать Англию. В 1841 г. англичанином Витвортом была выработана система винтовой дюймовой нарезки, С. к-рой создала взаимозаменяемость одного винта другим, одной гайки другой. Она имела для промышленности огромное значение и получила распространение далеко за пределами Англии. Множество з-дов различных стран в настоящее время винтовую резьбу работает по сист. Витворта, к-рая по праву может считаться международной. В Англии в 1901 г. был организован также и первый национальный комитет по С. Образцом С. является ж.-д. колея, установленная в начале 19 века Георгом Стефенсоном. С ростом массового производства, фабрично-заводской пром-сти, с развитием технических знаний С. стала развиваться все шире и шире. Массовое производство выявило необходимость уменьшения разнообразия готовых изделий и деталей, изыскания лучших материалов, специализации оборудования, упрощения произ-

водственных процессов, установления беспре-рывности производства и т. д., что заставило промышленные страны, в первую очередь Европы и Америки, широко развернуть работу по стандартизации.

Ф. Тейлор — основоположник америк. школы научной организации труда — придавал с точки зрения рационализации производства огромное значение С. движений в работе, С. процессов производства, С. инструментов. Наиболее мощное развитие стандартизационное движение получило в Америке. К первым опытам америк. С. можно отнести попытку америк. промышленника Эли Витней, относящуюся к 1789 г., поставить массовое производство ружей на современных основах, для чего им были разделены и упрощены производственные процессы изготовления. Витней добился этим ускорения выпуска ружей и улучшения их качества. С. в широком смысле этого слова начинается в Америке с 90-х гг. 19 в. и особого своего развития достигает к концу столетия, когда С. занимают уже не только отдельные предприниматели, стремящиеся к удешевлению производства, но и государственные учреждения и научно-исследовательские ин-ты. К этому времени в Америке появляется ряд бюро, обществ, ассоциаций, институтов, ведающих С. Обследование, произведенное в 1908 г., установило, что 55 ж. д. с 154 000 км железнодорожного полотна применяли всего пять различных профилей. Унификация сырья и размеров изделий, предшествующая С., т. е. сведение многообразных видов изделий к определенному числу типов этих изделий, получила в Америке широчайшее развитие. Исключительных успехов благодаря С. достигла америк. автомобильная пром-сть. В 1912 г. Форд вырабатывал 3 модели автомобиля, с 1913 г. он выпускает только одну модель. Фордовский автомобиль помимо его дешевизны получил такую популярность и потому, что все части его стандартизованы и любую изношенную деталь можно приобрести всюду с большой легкостью. В целях устранения дублирования работы по С. и ее координирования все существовавшие американские бюро, общества, ассоциации, ин-ты по С. в 1917 г. организовались в «Американский комитет технических стандартов». В 1928 г. Комитет технич. стандартов реорганизовался в «Американскую ассоциацию по стандартизации», из состава которой выделился «Совет по стандартизации», занимающийся утверждением и рассмотрением национальных стандартов. Чтобы судить о движении С. в Америке, можно указать, что в 1924 г. Комитетом было рассмотрено 152 проекта стандартов, а к концу 1932 г. в США действовало 730 стандартов.

Благоприятные условия для С. в Западной Европе создались лишь после войны 1914—1918 гг. Особый интерес представляет практика германской С., так как во многих отраслях промышленности она поставлена образцово. Оформление стандартизационного движения в Германии относится еще ко второй половине прошлого столетия. Стандарты на калибры листового железа и проволоки появились еще в 1873 г. В 1882 г. Союзом нем. инженеров приняты были стандарты для чугунных труб. Еще ранее и успешнее всего стала развиваться С. в морском, военном и ж.-д. ведомствах. В 80-х гг. когда частные жел. дороги перешли в собственность государства, в ж.-д. ведомстве было введено значительное количество стандартов.

Стандартизованы были паровозы, бесчисленные их названия сведены были к единообразию, установлены были определенные цвета для окраски пассажирских и товарных вагонов и пр. Из года в год появлялись стандарты на новые объекты. На протяжении 1881—1914 гг. разворачивается пестрая картина С. в области электротехники. Не представляется возможным в последовательном порядке перечислить все формы С., охватившие многообразные отрасли промышленности Германии.

Развитию С. особенно способствовал огромный спрос на предметы массового производства во время последней империалистической войны. В 1917 г. Союзом герм. инженеров учреждена была «Комиссия по промышленной нормализации», в которую вошли представители различных ведомств, промышленных и научных учреждений. Впоследствии в 1926 г. Комиссия была переименована в «Германский комитет по стандартизации». Цели комитета были направлены к сосредоточению всей работы по С. страны в одном центре, к наблюдению за правильным движением проектов стандартов, за ходом работ подкомиссий по выработке стандартов, за соответствующим их оформлением. Необходимо отметить, что в капиталистич. странах стандарты не являются обязательными, и потому утвержденные Герм. комитетом по С. стандарты являются продуктами добровольного соглашения между производителями и потребителями, разрабатываемыми при содействии правительственных и научных учреждений. Комитет является независимой от правительства организацией и существует на отчислении различных фирм и от продажи изданий. С. в Германии за последние годы достигла огромных успехов, проникла во все отрасли промышленности, сел. х-ва, быта. По числу утвержденных стандартов Германия стоит на первом месте в мире. Она к концу 1932 г. насчитывает свыше 4 600 стандартов. Большое внимание уделено С. допусков и пригонки, т. е. установлению при выработке изделий таких отклонений от номинальных размеров, которые обеспечивают правильность работы деталей, и их взаимозаменяемость. Для внедрения стандартов в производство огромное значение имеет пропагандистская работа, поставленная в Германии весьма образцово. Стандартные таблицы издаются в установленном размере (имеют свой стандарт), печатаются одним и тем же шрифтом, материал на них расположен одинаково, каждая таблица имеет свой номер, говорящий, о каком объекте идет речь. В Германии стандарты публикуются в технич. журналах, календарях, справочниках, в специальных «книгах стандартов». На предприятиях проводятся доклады на темы С., которые стенографируются и распространяются в промышленных кругах; тратятся огромные средства на устройство выставок. Иден С. основательно впитались в х-во Германии.

Считается, как выше уже отмечено, что Англия является родиной С. Однако со времени установления Витвортом единообразного типа винтовой нарезки (1841 г.) до конца 19 в. в области С. сделано было мало. Перелом происходит лишь в начале текущего столетия, когда Англия усиленно отбивает стремления Америки опередить англ. пром-сть. На стандартизационный застой указывает то обстоятельство, что даже метрич. система, к-рая была узаконена в Англии в 1873 г., долго упорно не прививалась, и еще в 1903 г. англичане имели до 200 различных

мер длины. В 1901 г. был организован «Британский комитет по стандартизации», поставивший себе задачу обслуживания нужд английской пром-сти путем разработки стандартов размеров и типов продукции, методов испытания и контроля качества сырья и готовой продукции. Британский комитет, как и германский, существовал и существует на средства, отчисляемые участвующими в нем организациями. С 1903 г. английское правительство стало оказывать комитету материальную помощь в расчете на получение от С. известных выгод, в качестве потребителя. К 1905 г. относится введение стандартов на паровозы и на отдельные части их — в целях взаимозаменяемости, а также на материалы для постройки судов. Выпуск огромного количества стандартных паровозов дал х-ву Англии значительную экономию. Экономич. значение С. сказывалось все больше и больше. Война 1914—18 гг. оживила стандартизационную деятельность в Англии, как и в других капиталистич. странах. Особенно это сказалось в судостроении. Жилищный кризис, сильно осязаемый в Англии, развил там строительство стандартных домов, отдельные части которых изготавливают по установленным образцам массовым путем. От Америки и Германии Англия в области С. значительно отстает. К концу 1932 г. в Англии насчитывалось 459 стандартов.

Создавшая метрич. систему мер, Франция в области С. мало себя проявила. В 1918 г. декретом президента республики была организована «Французская ассоциация по стандартизации», наподобие германского комитета. С. во Франции касалась гл. обр. листового железа, проволоки, ж.-д. дела, металлургии, деревянных, судовых, механич. и строительных конструкций и пр. Количество стандартов, действовавших во Франции к концу 1932 г., насчитывается до 230.

Как в США, так и в перечисленных странах Европы, кроме центральных организаций, занимающихся С., существует еще ряд торговых ассоциаций, ин-тов, объединений, обществ, которые в той или иной степени заняты вопросами С. Не останавливаясь на деятельности других государств в этой области (об СССР мы говорим ниже), укажем лишь, что в прочих странах С. развивалась и развивается значительно слабее. Количество стандартов, утвержденных в некоторых странах к концу 1932 г., и органы С. приведены в табл. 1 и 2.

Табл. 1. — Количество утвержденных стандартов.

Страна	Количество стандартов	Страна	Количество стандартов
Австрия . . .	587	Канада . . .	60
Польша . . .	450	Бельгия . . .	48
Норвегия . . .	248	Дания . . .	93
Финляндия . .	242		

После беглого обзора исторического развития и состояния С. в капиталистических странах необходимо хотя бы в кратких словах указать те социально-экономические условия и особенности капиталистического х-ва, которые препятствуют нормальному развитию С. Прежде всего вследствие бесплановости производства в капиталистич. странах работа по С. возникает стихийно и идет самотеком. Принятый стандарт обязательной силы, как было указано, не имеет, считается рекомендуемым. Он является результатом добровольного соглашения

Табл. 2.—Органы С. в разных странах.

Страна	Название организации	Год основания
Австралия	Австралийская ассоциация	1929
Австрия	Австрийский комитет . . .	1920
Бельгия	Бельгийская ассоциация . . .	1919
Великобритания	Великобританский комитет	1901
Венгрия	Венгерский комитет	1921
Германия	Германский комитет	1917
Голландия	Главный голландский комитет	1916
Дания	Датский совет	1924
Италия	Национальный итальянский комитет по С. в пром-сти	1921
Канада	Канадская ассоциация по С. в области техники	1919
Норвегия	Норвежское объединение	1923
Польша	Польский комитет	1921
Румыния	Румынский комитет	1928
США	Американская ассоциация	1917
СССР	Всесоюзный комитет по С. при СТО	1925
Финляндия	Финляндский комитет	1924
Франция	Французская ассоциация	1918
Чехо-Словакия	Чехо-словацкий комитет	1922
Швейцария	Швейцарское объединение	1918
Швеция	Шведский комитет	1922
Япония	Японский комитет по С. в области техники	1921

между производителем и потребителем. Главной причиной, тормозящей развитие С., является система буржуазного государства, построенная на принципе частной собственности.

Обзор развития и состояния С. в капиталистич. странах будет не совсем полным, если в нескольких словах не коснуться значения и международной С. Торговые взаимоотношения, международное переплетение вопросов техники, рост значимости С. вообще привели к необходимости сотрудничества между существующими в отдельных странах органами С. Начало международной С. относят еще к 70 гг. с появлением проекта международных единиц мер для электричества или еще ранее с принятием многими государствами в 1841 г. единообразной винтовой нарезки Витворта. Международное значение получила метрич. система мер и весов, принятая до 40 государствами, и наконец огромное международное значение имеет С. в области жел.-дор. В 1921 г. в Лондоне состоялась первая конференция семи национальных комитетов по С., а в 1926 г. в Нью Йорке был выработан устав «Международной ассоциации по стандартизации», получивший оформление в октябре 1928 г. в Праге. В эту ассоциацию входит в настоящее время свыше 20 государств, в том числе и СССР. Утверждаемые ассоциацией стандарты признаются международными лишь в том случае, когда они принимаются большинством участвующих в ней стран.

Касаясь развития и состояния С. в Советском Союзе, надо начать с того, что в царской России С. применялась в весьма слабой степени. Можно указать на установленные в 1904 г. стандарты на пассажирские и товарные вагоны, единообразные условия приемки материалов для ж. д. и прочие объекты ж.-д. ведомства. То обстоятельство, что С. коснулась раньше других областей ж.-д. дела, объясняется тем, что большая часть ж. д. принадлежала государству, находилась в одних руках. Кстати отметить, что узкоколейные пути, большинство к-рых принадлежало частным владельцам, имели ширину колеи многообразных размеров, почему для каждой ветви требовался свой по-

движной состав и переброска состава с одной ветки на другую представлялась невозможной. Если не считать введения нек-рых стандартов в нашу промышленность («русская 3-линейная винтовка», американский винтообразный цоколь Эдисона для электролампочек, ряд технич. условий и норм по различным ведомствам на изделия по машиностроению, на поставку всяких материалов и пр.), можно сказать, что своей С. в этот период у нас почти не было. Как и в других странах, нек-рое оживление стандартизационного движения в России началось в период войны 1914—18 гг. С. касалась преимущественно объектов военной пром-сти и носила случайный характер, т. к. специальных органов, занимающихся С., тогда не существовало, и лишь после революции, с окончанием гражданской войны, с наступлением восстановительного периода начинает развиваться промышленная и торговая С. Установление дипломатич. и торговых отношений между Советским Союзом и иностранными государствами вызвало заключение торговых договоров с фирмами капиталистич. держав, что заставило наши органы, занимающиеся экспортом и импортом товаров (Наркомвнешторг), в целях борьбы с недоброкачеством товаров устанавливать на экспортно-импортную продукцию специальные нормы и технич. условия. Вначале С. носила эпизодич. характер, стандарты были не совсем удачны и мало согласованы с заинтересованными ведомствами. Помимо Наркомвнешторга и ВСНХ, С. стали заниматься и другие учреждения, каждое из к-рых выработало стандарты для своего ведомства.

Эта бессистемность работы диктовала необходимость создания одного какого-либо органа объединяющего всю работу по С. В 1925 г. СНК утвердил положение о Всесоюзном комитете по С. при СТО, на к-рый возложено было общее руководство деятельностью С. во всем Союзе, утверждение и издание общесоюзных стандартов (ОСТ), а также контроль за их внедрением и соблюдением. Прежде чем остановиться на деятельности Всес. комитета по С. (ВКС), на состоянии С. в Союзе, перспективах ее развития, необходимо сказать несколько слов о функциях, присвоенных комитету, об органах его на местах и о других организациях, занимающихся С. ВКС, как гласит утвержденное правительством положение о нем, «является высшим органом по С. и метрологии в Союзе ССР, состоит при СТО и работает под его непосредственным руководством». К основным предметам ведения ВКС относятся след.:

а) разработка и проведение в жизнь общед. начал С. в направлении обеспечения надлежащих темпов социалистического строительства народного хозяйства; б) общее руководство всей работой по научной и прикладной метрологии на территории СССР; в) руководство разработкой и утверждение в соответствии с контрольными цифрами народного х-ва планов работ по С. всех ведомств Союза и контроль за их выполнением; г) разработка проектов международных стандартов для соответствующих международных ассоциаций; д) утверждение всякого рода общесоюзных стандартов (ОСТ) во всех отраслях народного х-ва, техники и науки, в частности—установление стандартных типов, форм, размеров, спецификаций, характеристик и технич. условий на сырье, материалы, полуфабрикаты, продукты, изделия и сооружения, а также по упрощению и сокращению

производственных сортаментов, норм строительства и проектирования, установление стандартов в области техники безопасности, С. производственных процессов, терминологии, номенклатуры и обозначений (научные стандарты) и т. д.; е) контроль по внедрению и соблюдению стандартов; ж) дача заключений с точки зрения С. и метрологии по проектам декретов и постановлений, вносимых в правительство Союза по вопросам организации производства, строительства и импорта, а также по проектам договоров о концессиях и технич. помощи; з) организация съездов, конференций и постоянных совещаний и комиссий по вопросам С. и метрологии, а также участие в организации и работах соответствующих международных съездов и и) представительство СССР на международных съездах, конференциях и в постоянных бюро по С. в Международной стандартной ассоциации. Периферия ВКС—уполномоченные его при ЭКОСО всех национальных республик и местные областные бюро по С. и метрологии.

Касаясь состояния С. в Советском Союзе за период с 1925 г. по наст. время, надо сказать, что до 1925 года работы в области С. все же носили случайный характер и лишь с образованием ВКС они вкладываются в определенную систему. К этому периоду относятся и первые директивы в направлении работ по С. До последних лет настоящей плановой работы не было, отдельные ведомства представляли перечни объектов, подлежащих С., без достаточных обоснований, без каких бы то ни было установок. Лишь с 1931 года работа по С. проводится по предварительно разработанным планам. Суммируя результаты работ ВКС с момента его организации, приходится отметить, что в 1926 г. ВКС утверждено было 42 стандарта, в 1927 г.—128, в 1928—228, в 1929—608, в 1930—1 137, в 1931—1 971 стандарт. С 1926 по 1931 гг. ВКС утверждено 4 114 общесоюзных стандартов. Если распределить стандарты по отраслям х-ва и производства, то большая часть из них падает на металлопромышленность. За ней идут следующие отрасли: пищевкусовая промышленность, строительные нормы, сельское хозяйство, транспорт, кожевенная, силикатно-керамическая, стройматериалы, деревообрабатывающая, электротехническая, горнодобывающая, текстильная и другие отрасли промышленности.

Дальнейший перелом в работе ВКС и других организаций, занимающихся стандартизацией, внесло постановление Совнаркома от 15 июня 1932 года. Это постановление признало, «что работа по стандартизации в период социализм. реконструкции должна приобрести крупнейшее значение в деле ускорения темпов социалистич. строительства, развертывания новых производств, освоения новой техники, в увеличении быстроты оборота технических средств и в экономности работы предприятий. В соответствии с этим работа Всесоюзного комитета по стандартизации, к-рая до сих пор выражалась в выработке огромного количества мелких стандартов, должна быть сосредоточена на проведении определяющих стандартов по основным техническим и производственным проблемам народного хозяйства». Указывая дальше на значение в реконструктивный период машиностроения, развития с. х-ва, основных видов топливного сырья и руды, высококачественных сталей и пр., постановление СНК предлагает ВКС развернуть в этом направлении углубленную работу, укрепить инспекции по

контролю за соблюдением и внедрением стандартов в производство и в соответствии с этими установками направить работу научно-исследовательских ин-тов. «Для усиления ведомственной работы по стандартизации, которая была до настоящего времени крайне недостаточна, признать необходимым в двухнедельный срок организовать при хозяйственных наркоматах комитеты по стандартизации под руководством замнаркомов, сделав эти органы ответственными за стандартизацию в данном ведомстве». На основе этого правительственного постановления во всех наркоматах организовались комитеты по С., которые в настоящее время занимаются рассмотрением и утверждением стандартов по своему ведомству. Таким образом огромное количество проектов стандартов, к-рые по первоначальному плану подлежали рассмотрению и утверждению ВКС, было передано ведомственным комитетам. ВКС оставил за собой рассмотрение и утверждение лишь определяющих стандартов по основным технич. и производственным проблемам народного х-ва. В 1932 г. ВКС утверждено было 803 стандарта и отменено из ранее им утвержденных 954 стандарта. Подводя т. о. количественный итог работе ВКС со дня его основания, получим 3 963 стандарта, действующие на 1 января 1933 г. Распределение их по отдельным отраслям промышленности дает следующую картину: по горнодобывающей—55 стандартов, теплосиловой—2, электротехнической—117, металлургической—1 244, машиностроительной—138, химической—394, стройматериалов—79, силикатно-керамической—131, деревообрабатывающей—55, бумажной—60, полиграфической—45, кожевенной и меховой—99, текстильной—121, швейно-галантерейной—180, пищевкусовой—316, строительству—337, транспорту и связи—204, снабжению—32, с. х-ву—298, соцкультбыту—24, научным обозначениям—32.

По количеству утвержденных стандартов СССР после Германии стоит на первом месте. Помимо перечисленного количества общесоюзных стандартов за этот период наркоматами, объединениями, ин-тами, главами, трестами, предприятиями разработано и утверждено было огромное число ведомственных стандартов, т. н. вестов, заводских нормалей, условий приемки и т. д. Существуют специальные ин-ты, занимающиеся С., как напр. по строительной пром-сти ИННОРС (Институт норм, стандартов). Постановлением СНК от 5 VII 1933 г. базой разработки стандартов являются научно-исследовательские институты. Стандартизационное движение особенно широкий размах приняло в отдельных отраслях пром-сти: металлургической, широкого потребления, сельскохозяйственной, химической, пищевкусовой. С. в хозяйстве каждой страны, а Советского Союза особенно, имеет огромное значение. Удешевляя себестоимость продукции, регулируя качество, упрощая производство, экономя материал, отдельные стандартизованные объекты дают большие суммы сбережений.

К числу наиболее важных общесоюзных стандартов, утвержденных ВКС за 1932 г. и введенных в действие с 1933 г., относятся стандарты по ж.-д. транспорту: на рельсы—ОСТ 4118, бандажи—ОСТ 5094, оси паровозные—ОСТ 3954, оси вагонные—ОСТ 3953. Стандарты на рельсы, бандажи и оси предъявляют повышенные требования к металлу для обеспечения удовлетворительной службы этих изделий при

необходимости овладения непрерывно растущими грузопотоками и повышения безопасности движения в условиях реконструируемого транспорта, когда значительно увеличиваются давления на оси паровозов и вагонов, повышаются скорости движения поездов, а также усиливаются ударные и тормозные воздействия. Внедрение данных стандартов помимо удовлетворения указанным требованиям дает экономич. эффект в отношении удлинения службы рельсов, бандажей и осей, уменьшения расхода ж.-д. пути и увеличения сохранности как паровозов и подвижного состава в целом, так и их деталей. Можно указать на введенный в действие с 1 января 1932 г. стандарт на уголь взамен ОСТ 2575-а. По новому стандарту в сравнении с фактич. качеством топлива в 1931 г. зольность снизится по всему бассейну для углей на энергетич. цели с 13,25 до 11,95%; для углей, идущих на коксование, с 11,46 до 10,59%. Содержание серы для углей, идущих на коксование, снизится с 2,51 до 2,43%. Снижение зольности для энергетич. топлива снимет по расчетам с перевозок излишних 224 353 т золы и освободит т. о. 12 464 вагона. Эффективность для углей, идущих на коксование, выразится в получении добавочного чугуна в количестве 242 000 т. Если коснуться экономич. эффективности новых стандартов на рожь, ячмень, овес, кукурузу, то в примерных цифрах она выражена в табл. 3.

Табл. 3.—Экономическая эффективность стандартов (ОСТ) 1932 г.

Показатель	Рожь	Ячмень	Овес	Кукуруза
Получение добавочного зерна по сравнению с 1931/32 г., в тыс. т.	129,5	26,0	56,0	32,5
Экономия на очистке и сушке, в млн. руб.	7,0	1,8	3,7	1,2
Экономия на использовании транспорта из расчета излишн. пробега, в млн. вагонопкилометров	5,6	1,0	2,3	0,7

Стандарты на форматы культурных сортов бумаги предусматривают только два основных формата 84 × 119 см и 77 × 109 см, в то время как до введения стандарта бумажная промышленность в 1932 г. выработывала 64 различных формата. Введение стандарта снижает себестоимость бумаги на 2—3%, что даст в год экономии, исходя из выработки 1933 г., превышающую 7 млн. р. и увеличивает выработку бумаги благодаря более полному использованию оборудования на 6 500—8 000 т. Стандарт на формат бумаги оказывает большое влияние на полиграфич. промышленность; номенклатура печатных машин свелась к 8 вместо 90 различных образцов. Оборудование печатного парка стандартными машинами увеличит пропускную способность полиграфии на 11% и снизит стоимость полиграфич. продукции на 5—6%. Не представляется возможным перечислить все достижения, к-рые народное х-во извлекает от С., и мы имеем почти во всех отраслях нашей промышленности и с. х-ва стандарты, дающие огромную экономич. эффективность. Помимо чисто производственных выгод—рациональное использование оборудования, упрощение производственных процессов, экономия труда, сырья, материалов, регулирование качества продукции, создание взаимозаменяемости изделий, сокращение накладных расходов и пр.—С. имеет огромное значение

в деле освобождения нашей промышленности от вынужденного импорта, в деле повышения оборонно-способности страны и технич. реконструкции всего народного х-ва.

В капиталистич. странах ведется большая пропаганда С. Америк. и германский комитеты широко поставили устройство выставок, выдачу различных справок, распространение печатных изданий, световых картин и пр. для пропаганды С. и тех выгод, к-рые страна получает от перехода к стандартному производству. Такая пропаганда вполне понятна, если учесть трудности, к-рые весьма часто встречаются на пути внедрения стандартов в жизнь. Прежде всего затруднения заключаются в том, что производителям стандартизированной продукции часто нелегко воспринять новые идеи и менять старые методы работы, трудно отказаться от старых привычек. Переход на производство стандартной продукции часто требует дорого стоящего переоборудования, вторжения в хозяйственную жизнь предприятия при нескорой окупаемости производимых затрат, т. к. выгода от С. не всегда сказывается сразу. Правда, эти затруднения происходят только в переходной стадии, т. к. вряд ли кто может вообще возражать против пользы С. Однако не в одних этих причинах кроются трудности внедрения стандартов в зарубежных странах. Там основными причинами затруднений являются те противоречия между производительными силами и производственными отношениями в капиталистич. об-ве, к-рые неизбежно приостанавливают технич. развитие. Препградой на пути С. является еще и существующее мнение о том, что стандарт—это некий трафарет, сковывающий свободное творчество, однообразящий жизнь. Не за чем доказывать абсурдность такого утверждения. Стандарт не является чем то раз навсегда установленным; с развитием техники, науки стандарт пересматривается, видоизменяется. Серьезным затруднением при проведении стандарта может явиться отсутствие указаний в стандарте той экономич. эффективности, к-рая получается от перехода на стандарт, или же неясность этой эффективности для производителя. Добиться того, чтобы производитель и потребитель были искренне убеждены в пользе С., является необходимой задачей пропаганды, т. к. при этом условии только и возможно успешное внедрение стандартов. Учитывая трудности при внедрении стандартов в производство, СНК своим постановлением от 15 июня 1932 г. предлагает «ВКС, республиканским и ведомственным комитетам вести строжайшее наблюдение за внедрением стандартов в жизнь, привлекая к судебной и дисциплинарной ответственности виновных в нарушении установленных стандартов».

Говоря о С., необходимо провести грань между С. капиталистической и социалистической. Хозяйство в капиталистических странах, построенное на принципе частной собственности и лишенное возможности государственного планирования, естественно не дает С. возможности планировать свою работу, увязывать ее с общими интересами и потребностями хозяйства страны в целом. Наряду с техническими усовершенствованиями, рационализаторскими мероприятиями С. в капиталистич. странах является орудием в конкурентной борьбе между фирмами и предприятиями, орудием борьбы с рабочим классом, т. к. все рационализаторские мероприятия в буржуазных государствах

усиливают эксплуатацию трудящихся. С. в капиталистич. странах при анархии производства, экономич. кризисе, являющихся закономерной особенностью капиталистич. системы, лишена той плодотворной почвы, к-рая ей необходима для своего развития. Она используется как орудие борьбы за частнокапиталистич. прибыли, за новые рынки сбыта, как средство уничтожения одними капиталистич. группами других. Иное значение имеет С. в Советском Союзе, стране социалистической. У нас С. развивается при совершенно иных условиях, преследует совершенно иные цели. В противоположность капиталистич. С. социалистическая проводится в плановом порядке, является неотъемлемой частью общегосударственного плана развития народного хозяйства, развивается в соответствии с общими интересами и потребностями страны. Социалистич. С., технически совершенствуя и улучшая организацию производства, поставлена на служение интересам всего трудящегося населения в полном соответствии с требованиями науки и достижениями техники. В общей работе по социалистич. реконструкции народного х-ва, в разрешении задач по овладению техникой С. занимает одно из виднейших мест. И только в Советском Союзе, где все народное х-во находится в руках одного хозяина—государства, С. может развиваться с должным размахом и темпами.

Развитие С. у нас находит поощрение со стороны правительства, к-рое создало специальный фонд премирования за изобретения, технические усовершенствования, рационализаторские предложения и достижения в области С. Стандарт у нас является обязательным. Разработанный заинтересованными хозяйственными организациями при активном участии рабочих, инженеров, техников и научно-исследовательских институтов, экономически и технически обоснованный, стандарт имеет силу закона. Постановлением ЦИК и СНК СССР от 23 ноября 1929 г. «за несоблюдение обязательных стандартов—лишение свободы до 2 лет или принудительные работы на срок до 1 года». Советский стандарт разнится от капиталистич. стандарта тем, что в то время как последний является чисто техническим документом и представляет собою экономич. орудие эксплуатации широких масс населения, наш стандарт, являясь технически обоснованным, содержит в себе и обоснование экономическое, определяющее значение данного стандарта в народном х-ве, исчисляющее эффективность от внедрения стандарта с точки зрения экономики: сокращения расходов сырья, отходов, брака, удешевления себестоимости, большего использования оборудования, экономии валюты, возможности усиления экспорта и т. д. В обосновании стандарта указываются также директивы партии и правительства и задачи технич. политики, касающиеся той области, к к-рой принадлежит стандартизованный объект. Такое техно-экономич. обоснование стандарта является производственно убедительным и гарантирует наиболее успешное его внедрение в производство. Советский стандарт представляет собой выражение плановых социалистич. связей, кооперирование народного х-ва; он является выражением социалистич. плана пролетарского государства, построенного в интересах класса—пролетариата, держащего власть в своих руках.

Стандарты делятся на а) основные, имеющие всеобщее значение, напр. единицы измерения,

коэф-ты, форматы, чертежи, резьбы, пригонки и т. д., и б) специальные для отдельных отраслей, напр. для электротехники, паровозостроения, с. х-ва и т. д. В стандартизационной литературе мы встречаем термины «ОСТ» и «ВЕСТЬ». Известно, что ОСТ обозначает общесоюзный стандарт, ВЕСТ—ведомственный стандарт. ВКС после приведенного выше постановления СНК 1932 г., установившего, что работа ВКС «должна быть сосредоточена на проведении определяющих стандартов», передал, как мы указали уже, рассмотрение и утверждение огромного числа стандартов наркоматским ведомственным комитетам по С., оставив за ВКС рассмотрение и утверждение лишь «определяющих стандартов по основным техническим и производственным проблемам народного хозяйства». Эти стандарты, утверждаемые ВКС, и носят название «ОСТ»; стандарты же менее значительные, утверждаемые ведомственными комитетами, называются «ВЕСТ». Как ОСТы, так и ВЕСТы имеют одинаковую юридич. силу и обязательность. Вторая пятилетка развития народного х-ва, призванная осуществить построение в нашей стране социалистич. об-ва, являющаяся, как определяет резолюция объединенного пленума ЦК и ЦКК ВКП (б), состоявшегося в январе 1932 г., «пятилеткой освоения новых предприятий и новой техники», должна широко охватить С. все отрасли х-ва страны, должна добиться глубокого освоения стандартов, их максимального внедрения в производство. Развиваясь на основе углубленной научно-исследовательской работы, достижений техники, ставя перед собой задачу борьбы с потерями в народном х-ве, сокращения дефицитных материалов, удешевления себестоимости изделий, освобождения от импортной зависимости, поднятия технич. культуры производства и т. д., идя целеустремленно к общегосударственным планом построения социализма и являясь неотъемлемой его частью, С. в Советском Союзе, в противоположность капиталистич. странам, должна вырасти в огромную культурную силу, способствующую технич. перевооружению социалистич. производства.

Лит.: Беллик-Гейман П., Что такое стандартизация и стандарты, М., 1927; Бредиг Р., Промышленная стандартизация, пер. с англ., М.—Л., 1932; Будневич Д., Стандартизация и социалистическое наступление, М., 1932; Гарбоц Г., Стандартизация в промышленности, пер. с нем., М., 1926; Гарриман П., Стандартизация и стандарты, пер. с англ., 2 изд., М.—Л., 1932; Гиатовский С., Стандартизация в 1932 г., М.—Л., 1932; Лаге Г., Нормализация и стандартизация промышленности в народном и мировом хозяйстве, пер. с нем., М., 1924; Лазарев В., Стандартизация, очерк, М., 1925; Любарский Л., Стандартизация продовольственного зерна в СССР и Сев. Америке, М., 1932; Мейенберг, Практическое введение производственных стандартов, пер. с нем., М., 1929; Польдв А., Что такое стандартизация, М.—Л., 1928; Певнер А., За стандарты в социалистической промышленности, Л., 1931; Рационализация в Германии, Спр., пер. с нем., ч. 1—2, М.—Л., 1931; Сборник законодательных материалов по вопросам стандартизации, М.—Л., 1932; Папернов З. и др., Стандартизация в промышленности и торговле, Сборн. статей, 2 изд., М., 1932; Штейн В., Практика заводской стандартизации, М.—Л., 1932; Гастев А., Поворот в работе по стандартизации, «Вестник стандартизации», М., 1932, 4; его же, Сентябрьский пленум ЦК ВКП(б) и работа по стандартизации, там же, 1932, 9—10; его же, Выработка и обоснование стандарта, там же, 1932, 11—12; Standard's Yearbook, Wash., 1932; Vaden A., Bibliography on Standardization, Wash., 1932. Мих. Гиттерман.

СТАНДАРТЫ, см. *Стандартизация*.

СТАНКИ, машины-орудия, применяемые для механич. обработки различных материалов, гл. обр. металла и дерева. В процессе обработки участвуют три составляющие: и н с т

румент, С. и приспособление. Инструмент представляет собой орудие, непосредственно выполняющее данную обработку (резец, сверло, вальцы, волочильная доска); С. сообщает инструменту и обрабатываемому предмету относительное движение, необходимое для обработки, и обеспечивает их правильное взаимное положение, поэтому С. неизбежно является механизмом в отличие от двух других составляющих; наконец приспособление представляет собой звено, связывающее инструмент, С. и обрабатываемый предмет между собой и обеспечивающее их правильное взаимное положение во время работы (патрон, кондуктор, тиски и т. п.); приспособление не обязательно является механизмом и может зачастую вообще отсутствовать или быть в зачаточном состоянии (напр. конусная втулка сверлильного С.). По способу обработки все С. могут быть разделены на С., работающие со снятием стружки (С. в узком значении этого слова), С., работающие срезыванием (ножницы, штамповальные прессы), и С., работающие давлением, т. е. изменяющие форму обрабатываемого предмета путем сообщения ему пластической деформации (ковочные машины, волочильные С., загибочные и правильные машины). По кинематич. признаку все стружкоснимающие С. могут быть разбиты на два больших класса: с вращательным и с поступательным рабочим движением. Дальнейшая классификация м. б. приведена в зависимости от рода подачи и от того, какие движения выполняются обрабатываемым предметом и какие инструментом. При этом следует различать следующие виды рабочих движений металлорежущих С. 1) Главное движение, движение резания, совершающееся по направлению того перемещения обрабатываемого изделия или инструмента, которым обусловлен самый процесс снятия стружки, напр. вращательное движение изделия, обрабатываемого на токарном С., поступательное движение рабочего стола продольно-строгального С. и т. д. На приложенных схематич. принципиальных схемах (фиг. 1—45) главное движение всегда обозначается цифрой 1. 2) Основное движение и подача, или просто подача, обычно перпендикулярная к направлению движения резания, необходимо для того, чтобы стружка снималась непрерывно и по окончании каждого цикла (одного оборота изделия, одного рабочего хода при прямолинейном рабочем движении) инструмент снова врезался в материал обрабатываемого изделия. На схемах основное движение подачи обозначено обычно цифрой 2; это движение также может быть прямолинейным (напр. у токарных и строгальных С.) или вращательным (напр. у кругового долбежного С., у зубрезного С. сист. Феллоу). 3) Наконец иногда применяется целый ряд вспомогательных движений подачи, необходимых для образования б. или м. сложной поверхности обрабатываемого предмета (напр. вспомогательная поперечная подача копировальных и затылочных станков и т. п.). На схемах эти движения обозначены обычно цифрами 3 и 4.

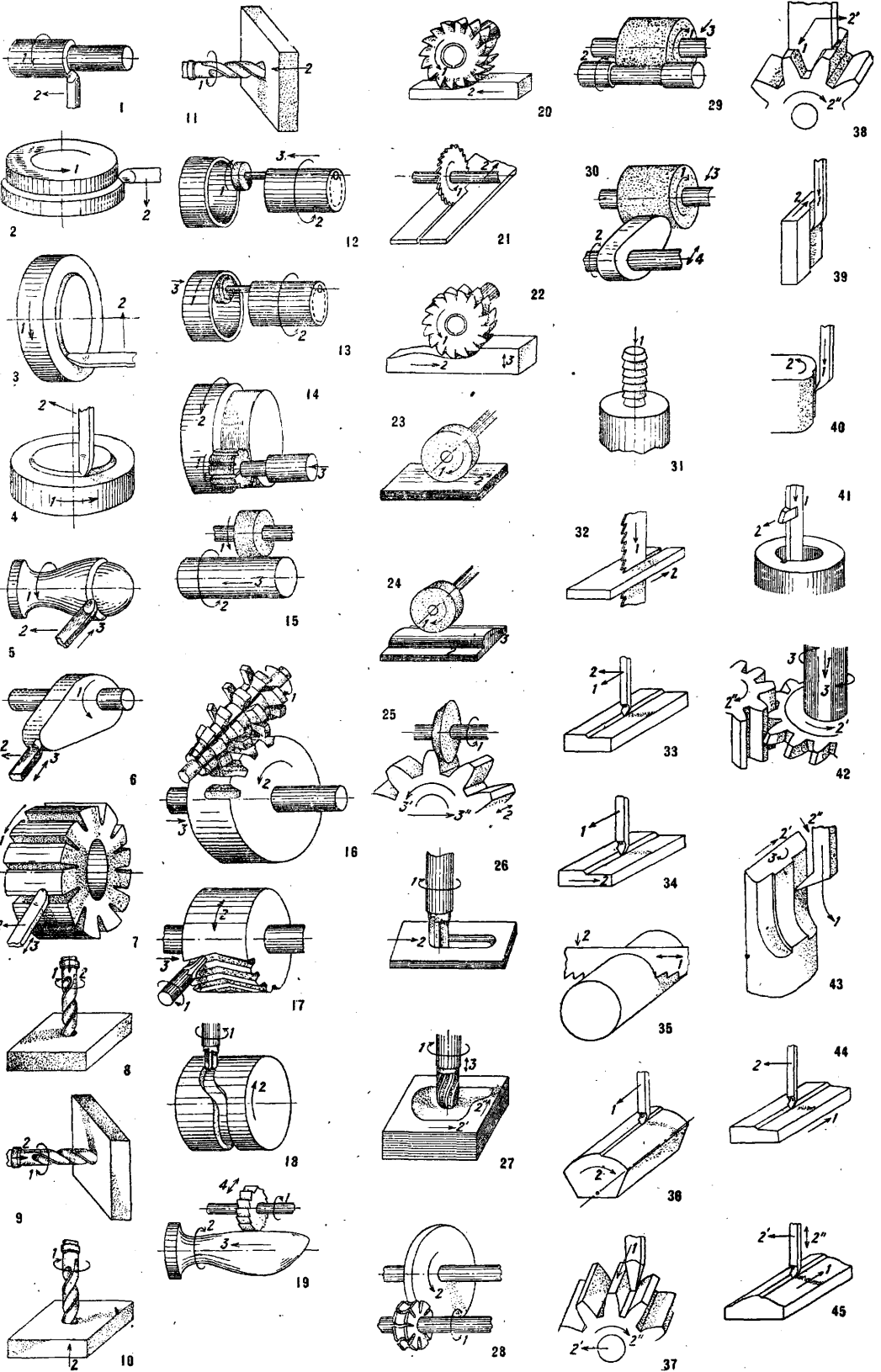
1. С. с вращательным движением резания (фиг. 1—30). Этот класс С. можно разбить на две основные группы: 1) станки, в которых вращательное движение совершает обрабатываемый предмет, 2) станки, у которых вращается инструмент, и станки с одновременным вращательным движением как обрабатываемого предмета, так и инструмента.

1) С. с вращательным движением обрабатываемого предмета (фиг. 1—7, 1) м. б. разбиты в свою очередь на следующие классы: А) инструмент совершает поступательное движение подачи гл. обр. в осевом направлении (фиг. 1—2, 2); эта группа в свою очередь распадается на два основных типа: а) ось вращения горизонтальна (фиг. 1)—*токарные станки* (см.); б) ось вращения вертикальна (фиг. 2)—*карусельные станки* (см.) с вертикальным движением супорта.

Б) Инструмент совершает поступательное движение подачи гл. обр. в направлении, перпендикулярном к оси вращения (фиг. 3—4, 2); по направлению оси вращения их можно разбить еще на два типа: а) ось вращения горизонтальна (фиг. 3)—*лобовые токарные станки*; б) ось вращения вертикальна (фиг. 4)—*карусельные станки* с горизонтальным движением супорта. В) Инструмент совершает поступательное движение подачи как в осевом (аксиальная подача, фиг. 5—7, 2), так и в перпендикулярном к нему (радиальная подача, фиг. 5—7, 3) направлении; С. этого класса м. б. разделены на два типа: а) радиальная подача (фиг. 5, 3) совершается весьма медленно по сравнению с аксиальной, т. е. вытачивает тело вращения с криволинейной образующей—*продольнокопировальные С.* (см. *Копировальный станок*); б) радиальная подача велика по сравнению с аксиальной. У С. этого типа различают две разновидности: а) радиальная подача (фиг. 6, 3) периодически плавно изменяется, вследствие чего обрабатываемая на С. деталь получает некруглое поперечное сечение; сюда относятся эллиптические токарные С., поперечно-копировальные С. и т. д.; б) радиальная подача включается несколько раз в продолжение одного оборота обрабатываемой детали, причем по окончании каждого частичного пути подачи резец быстро возвращается в исходное положение—С. для снятия затылков фрезеров, разверток или метчиков—*затылочные станки* (см.).

2) С. с вращательным рабочим движением инструмента (фиг. 8—30, 1). А) Осевая поступательная подача. а) Осевое движение подачи (фиг. 8—9, 2) совершает инструмент; а) ось вращения вертикальна (фиг. 8)—*сверлильные станки* (см. *Станки сверлильные*); б) ось вращения горизонтальна (фиг. 9)—*горизонтально-сверлильные С.* (см. *Станки сверлильные*), *расточные С.* (см. *Станки расточные*). б) Осевое движение подачи совершает обрабатываемый предмет (фиг. 10—11, 2); а) ось вращения вертикальна (фиг. 10)—*малые сверлильные С. специального типа* (см. *Станки сверлильные*); б) ось вращения горизонтальна (фиг. 11)—*горизонтально-сверлильные и фрезерные С.* (см. *Станки сверлильные*) и *расточные С.* (см. *Станки расточные*).

Б) Осевая вращательная (винтовая) подача (фиг. 12—19). Инструмент совершает рабочее вращательное движение (фиг. 12—18, 1), а подача производится по винтовой линии, получающейся из сложения вращательного (фиг. 12—18, 2) и осевого (фиг. 12—18, 3) движений подачи. а) Оба движения подачи совершает инструмент (фиг. 12), обрабатываемый предмет стоит неподвижно, инструмент—шлифовальный круг: *планетарные шли-*



фовальные станки (см.) с осевой подачей шпинделя. б) Инструмент совершает круговое движение подачи (фиг. 13, 2), а поступательную подачу $З$ производит обрабатываемый предмет; инструмент — шлифовальный диск: *планетарные шлифовальные С. с осевой подачей обрабатываемой детали.* в) Инструмент совершает осевое движение подачи (фиг. 14, 3), а обрабатываемая деталь — вращательное 2 ; а) инструмент — фрезер: *резьбо-фрезеровальные станки* (см.); б) инструмент — шлифовальный диск: *резьбо-шлифовальные станки* (см.). г) Оба движения подачи (фиг. 15—18, 2, 3) совершает обрабатываемая деталь; а) оси инструмента и обрабатываемого предмета параллельны (фиг. 15), инструмент — шлифовальный диск: *круглошлифовальные станки* (см.); инструмент — фрезер: *резьбо-фрезеровальные станки* (см.); б) оси инструмента и обрабатываемого предмета перекрещиваются (фиг. 16), инструмент — червячный фрезер: *зуборезные станки* (см.) сист. Пфаутера; γ) оси инструмента и обрабатываемого предмета пересекаются (фиг. 17); а) инструмент — пальцевый фрезер совершает продольную подачу $З$, а обрабатываемый предмет — вращательную 2 : *зуборезные станки* (см.) типа Лоренца для обработки угловых и шевронных зубцов, б) инструмент (пальцевый или цилиндрич. фрезер) совершает лишь рабочее вращательное движение (фиг. 18, 1), а обрабатываемый предмет — основное круговое 2 и дополнительное поступательное $З$ движения подачи: *фрезеровальный станок* (см.) для выборки фасонных канавок на цилиндрах и барабанах. Обрабатываемый предмет совершает вращательную (фиг. 19, 2) и осевую поступательную $З$ подачи, а инструмент совершает радиальную подачу 4 ; инструмент — фрезер и *копировальный станок* (см.) для фасонных деталей некругового сечения (колодочные станки и т. п.).

В) Тангенциальная или радиальная поступательная подача (фиг. 20—27, 2). а) Тангенциальную поступательную подачу (фиг. 20, 2) совершает обрабатываемый предмет; а) инструмент — фрезер: *нормальные и универсальные фрезеровальные станки* (см.); инструмент — шлифовальный круг: *плоско-шлифовальные станки.* б) Тангенциальную поступательную подачу (фиг. 21, 2) совершает инструмент (пила): *циркулярные пилы для металла.* в) Обрабатываемый предмет совершает одновременно подачу по двум взаимно перпендикулярным направлениям в плоскости, перпендикулярной оси вращения инструмента (фиг. 22, 2, 3); инструмент — фрезер: *продольно-копировальный фрезеровальный станок* (см.); б) обрабатываемый предмет совершает основную подачу (фиг. 23, 2) в тангенциальном направлении и вторичную более медленную подачу $З$ в аксиальном направлении; инструмент — шлифовальный круг: *плоско-шлифовальные станки* (см.) с дисковым кругом; γ) обрабатываемый предмет совершает основную подачу (фиг. 24, 2) в тангенциальном направлении; вторичная подача — вращательная 3 ; инструмент — шлифовальный диск: *специальные шлифовальные С. для цилиндрических поверхностей;* δ) обрабатываемый предмет совершает основную подачу (фиг. 25, 2) в тангенциальном направлении; вторичная подача является комбинацией вращательной $3'$ и аксиального поступательного $3''$ движе-

ний, связанных определенным законом; инструмент — дисковый фрезер или шлифовальный круг: *зубофрезеровальный или зубошлифовальный С., работающий по методу обкатывания* (см. *Зуборезные станки*). г) Обрабатываемый предмет совершает радиальную подачу (фиг. 26, 2); а) инструмент — фрезер: *вертикальный или горизонтальный фрезеровальный станок* (см.) с фрезерной головкой, фрезеровальный С. для выборки шпоночных канавок и продольных отверстий; б) инструмент — чашечный шлифовальный диск: *плоско-шлифовальные станки* (см.) для обработки больших поверхностей с осью диска, перпендикулярной к шлифуемой плоскости; ось диска вертикальна или горизонтальна. д) Обрабатываемый предмет совершает основную подачу в плоскости, перпендикулярной оси вращения инструмента (пальцевого фрезера), по двум взаимно перпендикулярным направлениям (фиг. 27, 2' и 2''), а инструмент совершает аксиальную вспомогательную подачу $З$, управляемую обычно копиром: *копировально-фрезерные С. для матриц* (см. *Копировальные станки*) сист. Келлера.

Г) Вращательное основное движение подачи (фиг. 28—30, 2) совершает обрабатываемый предмет. а) Другие движения подачи отсутствуют (фиг. 28); инструмент — фрезер: *кругло-фрезеровальный станок* (см.); б) инструмент совершает кроме вращательного движения резания (фиг. 29, 1) весьма медленное радиальное движение подачи $З$, обрабатываемый предмет лишь вращается — 2 ; инструмент — шлифовальный диск: *круглошлифовальные станки* (см.), работающие по способу резания; в) движения инструмента как в п. б; обрабатываемый предмет совершает кроме того радиальную периодич. (фиг. 30, 4) подачу, управляемую копиром и обуславливающую фасонную форму обрабатываемого предмета; инструмент — фрезер или шлифовальный диск: *поперечно-копировальные, фрезеровальные или шлифовальные С.*

II. Станки с поступательным движением резания (фиг. 31—45, 1). Этот класс С. можно разбить на две группы: 1) С. с непрерывным поступательным движением резания и 2) с переменным-возвратным поступательным рабочим движением.

1) С. с непрерывным поступательным движением резания м. б. разделены по способу производства подачи на два типа.

А) Подача обусловлена формой инструмента, к-рый совершает одно лишь поступательное движение резания (фиг. 31, 1) относительно неподвижного обрабатываемого предмета: *прошивочные С.* (см. *Прошивки*).

Б) Инструмент совершает непрерывное поступательное движение резания (фиг. 32, 1), а обрабатываемый предмет перпендикулярное к первому движение подачи 2 ; инструмент — бесконечная ленточная пила или шлифовальная лента: *ленточные пильные или ленточные шлифовальные станки* (см.).

2) С. с переменным-возвратным движением резания. К этой группе относится большинство С. с прямолинейным поступательным движением резания. Смотри по тому, что совершает рабочее движение — резец или обрабатываемый предмет, их можно разбить на два больших отдела. А) Рабочее

движение совершает инструмент (фиг. 33—43, 1); по способу подачи этот отдел м. б. разделен на следующие типы С. а) Горизонтальное направление резания (фиг. 33—38, 1); а) инструмент (резец) совершает прямолинейную подачу (фиг. 33, 2) перпендикулярно направлению резания; явные *строгальные станки* (см.) и *поперечно-строгальные станки* (см.) с боковым движением супорта; б) многорезцовый инструмент (пила) совершает движения резания (фиг. 35, 1) и вертикальное движение подачи 2, перпендикулярное к первому; механически ножовки (см. *Резущий инструмент*); г) прямолинейную подачу в направлении, перпендикулярном резанию, совершает обрабатываемый предмет (фиг. 34, 2); шепинги, или обыкновенные *поперечно-строгальные станки* (см.); д) обрабатываемый предмет совершает вращательную подачу вокруг оси, параллельной направлению резания (фиг. 36, 2); специальные *поперечно-строгальные станки* (см.) для строгания цилиндрич. поверхностей; е) обрабатываемый предмет совершает прямолинейную 2' (фиг. 37) и вращательную 2'' подачи, связанные между собой определенными зависимостями: зубострогальные С. сист. Билгрема, работающие по методу обкатывания (см. *Зуборезные станки*); з) фасонный резец совершает движения резания (фиг. 38, 1) и перпендикулярное к нему движение подачи 2', а обрабатываемый предмет—вращательную подачу 2'': зубострогальные С. типа Маага (см. *Зуборезные станки*). б) Вертикальное движение резания (фиг. 39—42, 1). По способу подачи эти С. можно разделить на следующие типы: а) обрабатываемый предмет совершает подачу (фиг. 39, 2) в направлении, перпендикулярном резанию; обыкновенные долбежные С. (см. *Долбление*); б) обрабатываемый предмет совершает вращательную подачу (фиг. 40, 2) вокруг оси, параллельной направлению движения; долбежные С. (см. *Долбление*) с круглым вращающимся столом; г) подачу совершает резец (фиг. 41, 2); шпоночно-строгальные С. (см. *Долбление*); д) фасонный (имеющий форму зубчатого колеса) резец совершает вертикальное поступательное движение резания (фиг. 42, 1), одновременно производя медленную вращательную подачу 2'; обрабатываемый предмет совершает связанную с последней вращательную подачу 2'': зубострогальный С. сист. Феллоу (см. *Зуборезные станки*); е) то же, но инструмент совершает еще быструю переменную-возвратную вращательную подачу (фиг. 42, 3); зубострогальный С. системы Феллоу для колес с винтовыми зубьями (см. *Зуборезные станки*). в) Резец совершает комбинированное прямолинейное, переходящее затем во вращательное, движение резания (фиг. 43, 1); обрабатываемый предмет совершает подачи: поступательную по двум взаимно перпендикулярным направлениям 2' и 2'' и вращательную 3: станок для обработки пунсонов (см. *Строгальные станки*).

Б) Рабочее движение совершает обрабатываемый предмет (фиг. 44, 1): а) резец совершает прямолинейную подачу (фиг. 44, 2) в направлении, перпендикулярном резанию 1: продольно-строгальные станки (см.) нормального типа; б) резец совершает подачу в плоскости, перпендикулярной резанию по двум взаимно перпендикулярным (фиг. 45, 2' и 2'') направлениям;

подача управляется копиром: продольно-строгальный копировальный С. (см. *Копировальные станки*).

Дальнейшее разделение С. в пределах отмеченных групп производится по различным производственным или конструктивным признакам; напр. обширная группа токарных С. может быть разбита по конструктивным признакам сл. обр.: 1) Подача резца осуществляется независимо от скорости вращения шпинделя вручную при посредстве супорта—токарный С. с супортом. 2) Движение подачи связано с движением вращения обрабатываемого предмета: дальнейшая классификация этой группы С. может быть проведена по степени автоматизации подачи и смены инструмента, а именно: а) токарные С., у к-рых движение подачи осуществляется при помощи рейки и зубчатого колеса—самочки с ходовым валиком; б) токарные С., у к-рых движение подачи кроме того м. б. произведено при помощи винта и гайки—самочки с ходовым валиком и винтом; в) токарные С. с самоходом, у к-рых, для облегчения смены инструмента для различных операций над одним и тем же предметом, инструменты сгруппированы на особой поворотной головке—револьвереперекладываемой вручную после окончания каждой отдельной операции обработки—револьверные С.; г) токарные С., отличающиеся от предыдущих тем, что поворот головки, обратный отвод ее и включение самохода совершаются по окончании каждой операции автоматически—полуавтоматич. токарные С. (полуавтоматы); д) токарные С., у к-рых в добавление к предыдущему автоматизированы подача и зажим подлежащего обработке материала или заготовок—автоматич. токарные С. (токарные автоматы); е) С., аналогичные С. п. д, но отличающиеся от них тем, что у них имеется столько шпинделей, сколько совершается операций над деталью—многшпиндельные токарные автоматы.

По производственным признакам, с другой стороны, токарные С. можно разбить на 1) С. универсальные, служащие неспециализированным целям общего машиностроения; 2) С. инструментальные, отличающиеся универсальностью и высокой точностью работы; 3) С. обдирочные, приспособленные для снятия большого количества стружки, т. е. к работе при больших скоростях резания и значительных сечениях стружки; 4) С. многоорезцовые, у к-рых для сокращения времени обработка ведется одновременно большим количеством резцов, установленных обычно в двух супортах: одним для продольной и одним для поперечной обточки; 5) С. для обточки ж.-д. скатов с двумя специальными супортами для обточки одновременно обоих колес ж.-д. ската; 6) С. для обточки трансмиссионных валов, приспособленные для обточки длинных валов сравнительно незначительного диаметра и т. д.

Далее классификация С. может быть проведена также по способу осуществления главного привода и передачу к движению подачи. Здесь возможны у токарных С. напр. следующие разновидности: 1) С. со ступенчатым и шкивами, у к-рых изменение скорости вращения главного шпинделя осуществляется исключительно при помощи переключивания приводного ремня на различные ступени шкива; 2) С. со ступенчатым шкивом и перебором,

у к-рых в добавление к указанной возможности имеется простой или двойной перебор, увеличивающий вдвое или втрое число различных скоростей вращения шпинделя; 3) С. одноступенчатого типа, у к-рых изменение скорости вращения главного шпинделя достигается при помощи включения различных зубчатых передач, смонтированных в бабке С.; 4) С. бесступенным электрическим приводом, у к-рых изменение рабочей скорости достигается непосредственно изменением числа оборотов приводящего С. в движение индивидуального мотора без сменных переборов или в соединении с ними; 5) С. бесступенным гидравлическим приводом, у которых постепенное изменение скорости вращения шпинделя достигается включением между приводным шкивом или индивидуальным мотором гидравлич. агрегата, состоящего из насоса, приводимого в движение от мотора или шкива, и из гидравлич. двигателя, приводящего во вращение шпиндель; изменяя количество нагнетаемой насосом в единицу времени жидкости, можно по желанию изменять и скорость вращения шпинделя; 6) С. бесступенным фрикционным приводом, в к-рых между приводным шкивом или мотором и шпинделем включена бесступенная фрикционная передача.

По способу передачи движения от шпинделя к механизму подачи можно различать следующие разновидности С.: 1) передача к подаче совершается посредством ремня и ступенчатых или простых шкивов; число достижимых этим способом различных подач, понятно, весьма ограничено, кроме того отсутствие жесткой связи между движением шпинделя и подачей не позволяет производить целый ряд работ (например нарезание резьбы); 2) передача совершается бесступенной фрикционной передачей; достоинством этого способа является большое число подач, недостатком—отсутствие жесткой связи, как в предыдущем случае; 3) передача при посредстве сменных зубчатых колес; достоинствами этого способа являются: значительное количество различных подач, легко увеличиваемое путем добавки соответственных зубчатых колес, точная определенность передаточного числа и жесткость передачи, недостатком—продолжительность замены одной подачи другой; 4) передача при посредстве коробок скоростей обладает всеми достоинствами предыдущей, не обладая в то же время ее недостатком; 5) гидравлич. передача, состоящая равным образом из агрегата: насос—гидравлич. двигатель; преимуществом этой системы является плавность и равномерность подачи, легкая и бесступенная ее регулируемость, зачастую выгодно получаемое при этом постоянно усилие подачи в противоположность постоянству скорости при передаче зубчатыми колесами, недостатком—гл. обр. отсутствие жесткой связи между скоростью шпинделя и величиной подачи.

В производственном отношении м. б. прослежена следующая градация типов С. в зависимости от рода производства. При изготовлении одиночных и притом разнообразных изделий применяют универсальные С., к-рые при помощи соответственных, обычно доставляемых вместе со С., приспособлений м. б. легко приоровлены для выполнения всякого рода работы. Производительность С. этого типа по необходимости довольно незначительна, так как их универсальность и необходимость быстрого приспособления для выполнения всякого рода

работ заставляют отказаться от применения приспособлений, сокращающих время обработки одной детали за счет продолжительности первоначальной наладки С. и сложности его устройства. Следующим шагом по пути к сокращению времени обработки является применение С., позволяющих производить несколько операций за один зажим обрабатываемой детали, будь то путем применения ряда последовательных наборов инструментов (например револьверные токарные и карусельные С.) или посредством одновременной работы нескольких однородных инструментов (напр. многшпиндельные сверлильные или фрезероальные С.). С. этого типа значительно сокращают продолжительность рабочего времени обработки за счет гл. обр. уменьшения времени зажима и выправки обрабатываемой детали и времени на смену и установку инструментов для последовательных операций. Часть этого сокращения поглощается приходившейся на обработку одного изделия долей времени, затраченного на первоначальную установку и наладку С. При производстве б. или м. значительного количества однородных деталей продолжительность наладки, разлагаясь на большое количество изделий, делает обработку на этих С. более выгодной, чем на универсальных. Дальнейшим усовершенствованием является применение ординарных автоматич. С., т. е. С. с одной находящейся одновременно в работе деталью. В автоматич. С. все движения смены инструмента, его подачи и отвода назад после окончания рабочего процесса автоматизированы (полуавтоматы); иногда автоматизированы также закрепление детали в зажиме С., удаление обработанной детали и постановка заготовки из магазина или штанги (полные автоматы). На таком С. сокращение времени обработки достигается гл. обр. за счет сокращения доведенного до минимума времени побочных операций, т. е. зажима детали, установки и подвода инструмента, смены его и т. д., так что продолжительность обработки равняется почти исключительно общей продолжительности всех машинных операций. В С. этого типа инструмент, применяющийся для ряда последовательных операций, используется по времени неудовлетворительно, т. к. в работе находится лишь часть его, к-рая совершает производимую в данный момент часть обработки. Значительное сокращение рабочего времени и лучшее использование инструмента имеют место в многократных автоматах, т. е. в С., обрабатывающих одновременно столько деталей, сколько операций обработки д. б. выполнено над данной деталью на этом станке. При этом продолжительность обработки одной детали равняется времени одной наиболее продолжительной операции всей обработки; равным образом инструмент также находится непрерывно в работе. Многократные автоматич. С. являются наиболее совершенными в смысле сокращения времени обработки данной детали. Они являются в то же время, подобно всем перечисленным выше С., до известной степени универсальными, т. к. путем соответственной наладки и установки требуемого инструмента на них м. б. обработан целый ряд деталей, зачастую совершенно различного вида. Недостатком этих С. в условиях массового производства неограниченными сериями (т. е. сериями практически бесконечным числом деталей данного вида) является их высокая стоимость, вызванная как-раз стремлением конструкторов сообщить С., наряду с сокра-

пением времени обработки, возможную универсальность, к-рая в этом случае является совершенно излишней, т. к. С. за все время своего существования должен будет производить данную деталь. В этом случае выгоднее становится применение специальных С., сконструированных для выполнения данной узко специальной работы над данной деталью и поэтому простых по конструкции и недорогих.

Производство С. является предметом особой отрасли металлопромышленности—станкостроения, занимающей переходное положение между средним машиностроением и точной механикой. До революции станкостроение в России находилось на весьма низкой степени развития, и почти вся потребность страны покрывалась ввозом из-за границы. В настоящее время в СССР пулен в ход и строится целый ряд станкостроительных з-дов, к-рые полностью покрывают потребность Союза в С.

Т. о. в зависимости от рода производства имеем следующую схему применения типов С.: одиночное производство, ремонт: штучная работа—универсальные С.; серийное производство: короткие серии—револьверные или многократные С. полуавтоматы; длинные серии—полуавтоматы, автоматы; массовое производство: безграничные серии—специальные автоматические станки.

Данные об отдельных типах С.—см. в соответственных статьях. В этих же статьях дана и литература по С. вообще и по каждому роду С. в особенности.

Л. Павлушков.

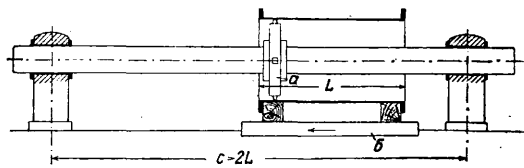
СТАНКИ РАСТОЧНЫЕ, машины, служащие для обработки цилиндрич. внутренних поверхностей расточкой. С. р. отличаются от сверлильных станков тем, что на последних производятся б. ч. сверловка отверстий в сплошном материале, рассверловка и развертка имеющих отверстия небольшого размера, а на С. р.—только расточка или развертка имеющих отверстия любого размера. С. р. бывают трех основных типов: 1) универсальные С. (р., 2) С. р. для цилиндров и 3) специальные С. р.

Универсальные С. р. производят не только расточку, но и сверловку, торцовку, нарезку резьбы и фрезеровку. Они также называются сверлильно-горизонтальными станками (см. *Станки сверлильные*).

С. р. для цилиндров служат для расточки цилиндров поршневых машин (паровых машин, насосов, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания и пр.) и кожухов турбомашин (турбин, компрессоров и пр.). Расточка производится токарными резцами, вставленными в расточную головку. С. р. для цилиндров различаются способом осуществления продольной подачи расточной головки: у станков с автоматич. шпинделем расточная оправка продольного движения не имеет, а подача при расточке осуществляется тем, что расточная головка перемещается по оправке; у других станков, наоборот, расточная головка неподвижно закреплена на оправке, и подача происходит перемещением ее. Возможно было бы осуществить подачу головки *a*, имея стол *b* для крепления изделия передвижным в продольном направлении (фиг. 1). Но по этому принципу С. р. для цилиндров не строятся, т. к. при расточке тяжелых деталей потребовался бы тяжелый подающий механизм, и расстояние *s* между направляющими шпинделя должно было бы быть больше двукратной длины *L* обрабатываемого цилиндра. Все это дало бы тяжелый, громозд-

кий, занимающий много места станок, в то время, как при перемещении расточной головки это же состояние у станка лишь немного делается больше однократной длины обрабатываемого цилиндра.

Типичный С. р. с автоматич. шпинделем (фиг. 2) состоит из основной плиты *a* с пазами *b* для крепления обрабатываемого цилиндра, на к-рой слева установлена расточная бабка *e*, а справа—подшипник *g* расточной оправки. Вращение шпинделя *d* передается от ременного ступенчатого шкива *e* через пару конич. шестерен и червячную передачу *жс*. Продольная подача при расточке происходит от расточного шпинделя через зубчатую передачу *з₁*, *з₂* или *з₃*, *з₄* и затем через одну из пар зубчаток *з₅*, *з₆*, *з₇*, *з₈*, *з₉*, *з₁₀*, *з₁₁*, *з₁₂* на валу *и* и от него через зубчатки *з₁₃*, *з₁₄* на ходовой винт *к*, на к-ром находится гайка, соединенная с расточной головкой. Т. о. на этом станке возможно иметь 8 рабочих подач. Переключение подачи осуществляется с помощью подвижных шпонок *л₂* от маховичка *м₂* на зубчатки *з₂*, *з₄* и *л₁* от маховичка *н₁* на *з₅*, *з₇*, *з₉*, *з₁₁*. Быстрый отвод и подвод расточной головки производится от двух шкивов *и* на валу *и*, вращаемых прямым и перекрестным ремнем и включаемых фрикционной муфтой *о*. Во избежание одновременного включения быстрого подвода ра-



Фиг. 1.

сточной головки и рабочей подачи ее, что вызвало бы поломку зубчаток передачи, станок имеет специальное устройство, благодаря которому при включенной шпонке *л₂* муфта *о* не м. б. включена и, наоборот, при включенной муфте шпонка *л₂* не м. б. включена. Для переключения расточной головки вручную служит квадрат *и* на правом конце ходового винта расточной оправки.

На фиг. 3 приведен другой С. р. для цилиндров с подвижным шпинделем. Вращение расточной оправки передается от электромотора *a* через ременную передачу на двухступенчатый шкив *b*, зубчатую передачу *в*, *г*, червяк *д* и червячную шестерню *e*, к-рая закреплена шпонкой на шпинделе *жс*. Внутри шпинделя закреплены две шпонки под углом 180°, скользящие в шпоночных канавках расточной оправки. Эти шпонки заставляют последнюю вращаться вместе со шпинделем. Продольная подача расточной оправки осуществляется от вала *з* через зубчатую передачу *и-к*, конич. передачу *л*, сменные шестерни *м*, *н*, *о*, *п*, червячную передачу *р*, конич. передачу *с*, ходовой винт *т* и ползун *п₁*. Конец расточной оправки закреплен во втулке *п₄*, к-рая вращается вместе с ней в подшипнике ползуна *п₁*, благодаря чему при перемещении ползуна по направляющим будет перемещаться расточная оправка. Для изменения направления рабочей подачи служит рукоятка *п₂*, действующая на конич. зубчатую передачу *л* на валу, вследствие чего и получается правое или левое вращение ходового винта *т*. Кроме того станок имеет быстрый отвод расточной головки. Для

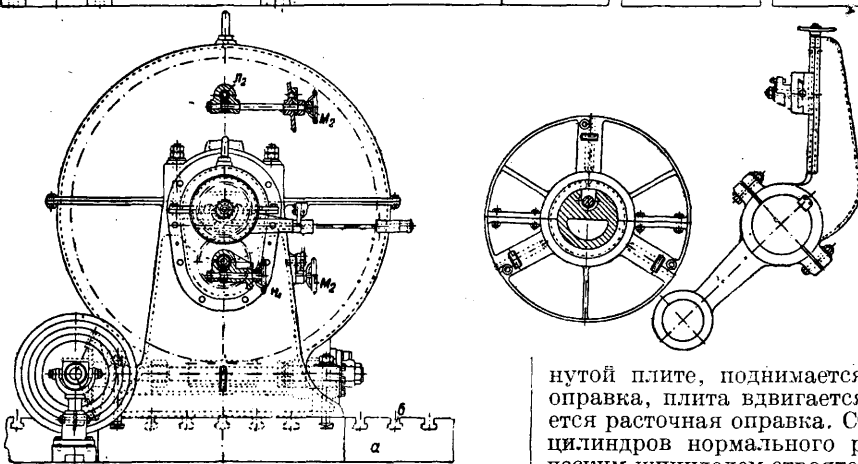
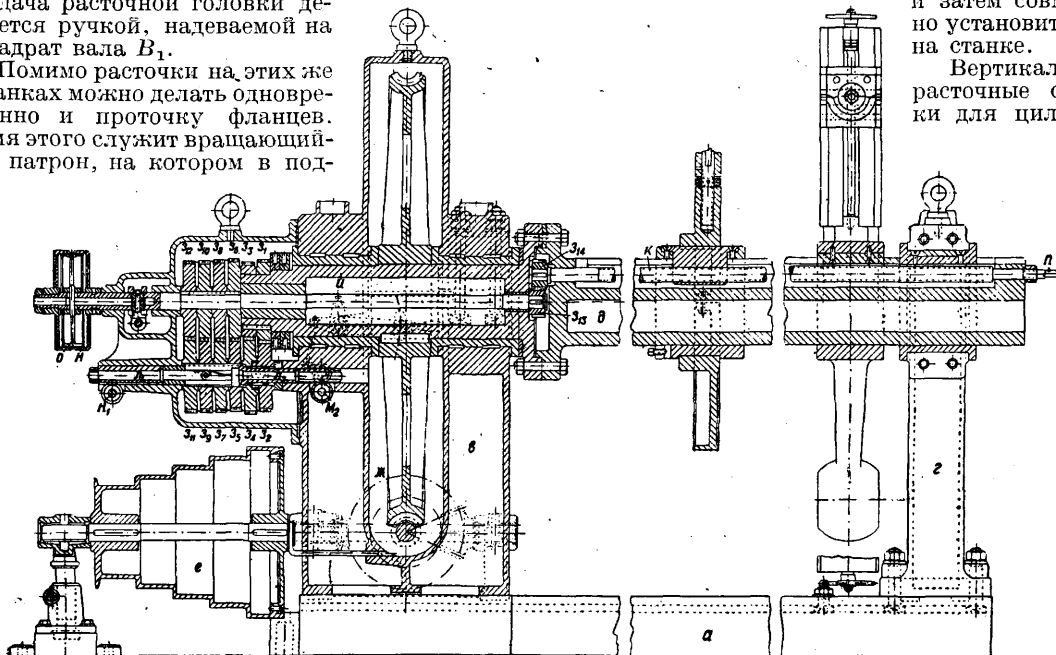
этого служит рукоятка P_1 , к-рая одновременно останавливает вращение расточной головки, выключая зубчатую муфту, и дает быстрое обратное движение ползуну $П_1$ путем выключения червячного колеса ϕ и включения зубчатки x . В этом случае передача движения к ходовому винту m будет происходить через зубчатки u, k, l и конич. передачу c . Ручная подача расточной головки делается ручкой, надеваемой на квадрат вала B_1 .

Помимо расточки на этих же станках можно делать одновременно и проточку фланцев. Для этого служит вращающийся патрон, на котором в под-

вода легко убирается в сторону и вновь вдвигается на место после установки растачиваемого изделия, во втором же случае требуется или удалить правый подшипник и устанавливать изделие с торца или снять крышку правого подшипника, разъединить фланцы расточной оправки и шпинделя, снять расточную оправку, вставить в растачиваемое изделие

и затем совместно установить их на станке.

Вертикально-расточные станки для цилиндр-



Фиг. 2.

вижном супорте закрепляется подрезной резец. Подача резца происходит при вращении от удара храповика на ходовом винте супорта об упор станка. У станков с автоматич. шпинделем место установки подрезного патрона на расточной оправке произвольно, так как она продольного перемещения не имеет. У станков с подвижной расточной оправкой подрезные патроны закрепляются на выступающих концах втулок из подшипников, к-рые только вращаются, но поступательного движения не имеют. Установка изделия для расточки у станка с подвижной оправкой проще, чем у станка с автоматич. шпинделем: в первом случае расточная оправка с помощью быстрого от-

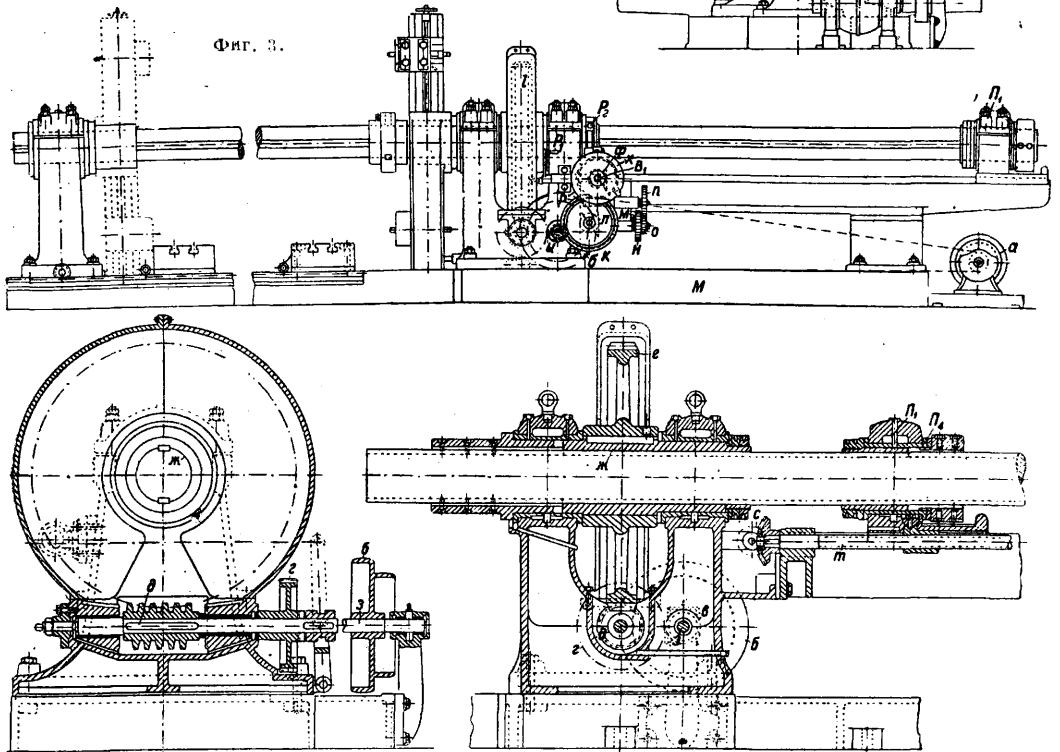
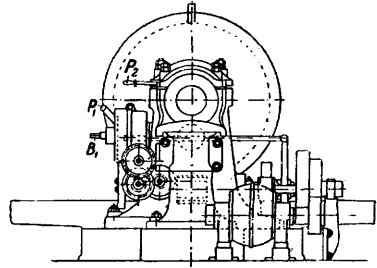
ров осуществляются также по схеме автоматического шпинделя. На фиг. 4 изображен С. р. для больших судовых паровых машин. В настоящее время они строятся редко. Установка изделия для расточки в них трудна: изделие устанавливается на выдвинутой плите, поднимается краном расточная оправка, плита вдвигается на место и опускается расточная оправка. Станки расточные для цилиндров нормального размера с автоматическим шпинделем строятся с диаметром шпинделя 170, 210, 280, 350—400 мм; расстоянием от поверхности основания до оси шпинделя 800—1 800 мм; С. р. со скользящим шпинделем—120, 150, 180, 200 мм и расстоянием от поверхности основания до оси шпинделя примерно до 400 мм. Длина расточки примерно до 1 800 мм. Но для особо крупных работ имеются С. р. с длиной расточки до 14 м и с диам. оправки 600 мм. Число оборотов шпинделя в минуту у С. р. делается 1,5—10, что соответствует скорости резания 10—22 м/мин; подача расточной головки от 0,2 до 10 мм на оборот шпинделя. Потребная мощность для С. р. зависит от диам. растачиваемого отверстия: при расточке диаметра до 500 мм—7½ НР, 750÷1 500 мм—10÷20 НР, 1 500÷2 000 мм—25÷40 НР.

воду легко убирается в сторону и вновь вдвигается на место после установки растачиваемого изделия, во втором же случае требуется или удалить правый подшипник и устанавливать изделие с торца или снять крышку правого подшипника, разъединить фланцы расточной оправки и шпинделя, снять расточную оправку, вставить в растачиваемое изделие и затем совместно установить их на станке.

Вертикально-расточные станки для цилиндр-

При сравнении расточных станков с автоматическим шпинделем и со скользящим шпинделем оказывается, что первый тип короче по габариту, но имеет больший диаметр расточной оправки, а второй тип в два раза длиннее по габариту, но диаметр расточной оправки имеет меньший. Поэтому для цилиндров небольшого диаметра первый тип может быть совершенно не пригоден, для них следует предпочесть второй тип расточных станков, т. е. со скользящим шпинделем.

вертикальные, наклонные или горизонтальные, односторонние или двусторонние. Инструмен-

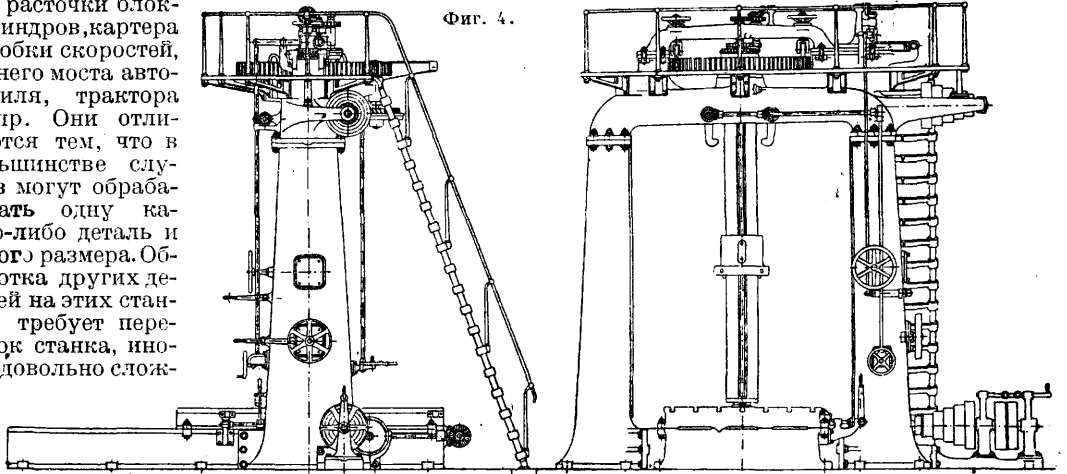


Фиг. 3.

Специальные С. р. применяются в крупносерийном, и массовом производстве, например

для расточки блок-цилиндров, картера коробки скоростей, заднего моста автомобиля, трактора и пр. Они отличаются тем, что в большинстве случаев могут обрабатывать одну какую-либо деталь и одного размера. Обработка других деталей на этих станках требует переделок станка, иногда довольно слож-

том у них служат расточные скалки с наборами резцов или развертками. На фиг. 5 изображен

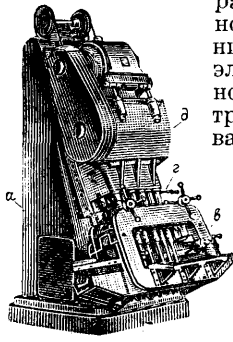


Фиг. 4.

ных и даже невозможных. Кроме того они отличаются высокой производительностью, точностью работы и удобством обслуживания. Эти станки бывают большей частью многшпиндельные и в зависимости от формы изделия—

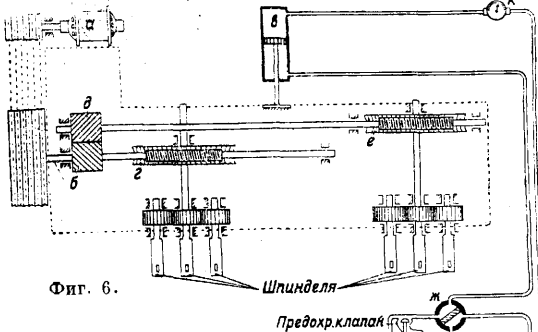
шестишпиндельный наклонный С. р. для блок-цилиндров автомобиля последней конструкции фирмы Футборт. Станок состоит из высокой станины *a* с наклонными направляющими для расточной головки *b*. Внизу станины распо-

ложено приспособление *в* для крепления блок-цилиндров с направляющими втулками для расточных оправок *г*. Как видно из схемы (фиг. 6), вращение шпинделя передается от электромотора *а*, установленного, на расточной головке, трапецевидными ремнями на вал *б* и от него через червячную передачу с трем шпинделям. Другие три шпинделя получают вращение также от вала *б*, но через зубчатую передачу *д* и червячную передачу *е*. Такая разбивка шпинделей на две группы сделана с целью получения компактной конструкции расточной головки. Подача шпинделей в этом станке гидравлическая: гидравлич. цилиндр находится в станине, а поршень *в* связан с ра-



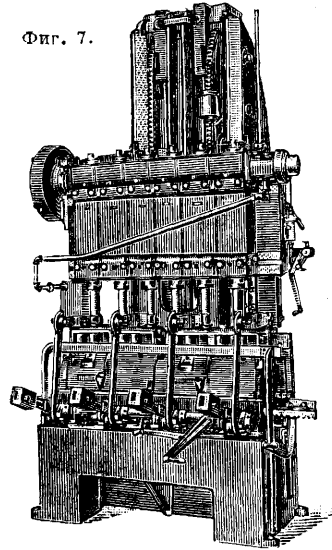
Фиг. 5.

сточной головкой. Пуская перепускным клапаном *жс* в ту или иную полость цилиндра масло под давлением от насоса *з*, вращаемого мотором *и*, получим перемещение расточной головки в соответствующем направлении. Управление подачей у станка происходит автоматиче-



Фиг. 6.

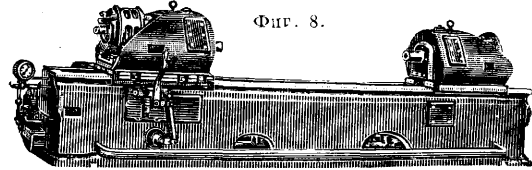
ски; для этого сбоку расточной головки закрепляются кулачки, к-рые действуют на рычаги, связанные с перепускным клапаном *жс* и регулирующим клапаном *к*, что дает четыре цикла подачи: 1) быстрый подвод шпинделей к блок-цилиндру, 2) рабочая подача, 3) переключение на обратный быстрый ход расточной головки и 4) выключение подачи в верхнем положении расточной головки. Станок этот применим для блок-цилиндров, но только



Фиг. 7.

лишь для определенного расстояния между шпинделями, для всякого другого расстояния необходима переделка расточной головки. На фиг. 7 изображен шестишпиндельный С. р. фир-

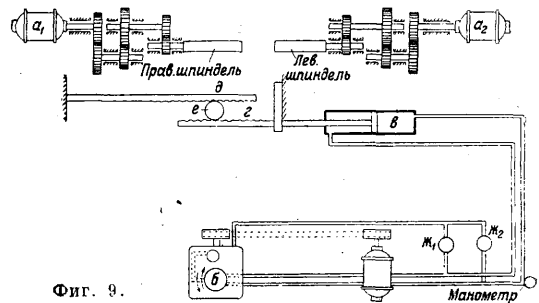
мы Молин с раздвижными шпинделями. Этот станок сконструирован для работы без нижних направляющих втулок, поэтому особенно солидно сделаны верхние и нижние подшипники шпинделей. Этим обеспечивается плотный ход их, но исключается возможность расположить их близко один от другого. Т. о. возможно растачивать цилиндры только через один. Чтобы не уменьшилась от этого производительность станка в обработке одновременно находящихся два блок-цилиндра. Изменение расстояния между шпинделями производится



Фиг. 8.

ослаблением гаек зажимных болтов и передвижкой их по пазу. Станки снабжаются моторами мощностью от 15 до 30 л.с.; число оборотов шпинделей соответствует скорости резания 12—30 м/мин и подача равна 1,5—4 мм на оборот шпинделя. Производительность от 14 до 60 блоков в час. Высшая производительность получается при применении резцов из сверхтвердых сплавов.

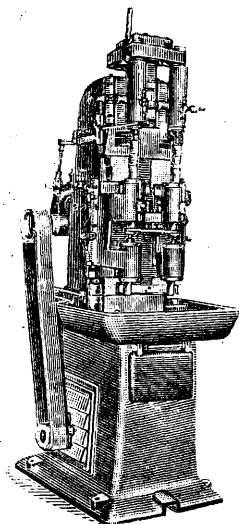
На фиг. 8 изображен горизонтальный двухсторонний С. р. фирмы Барнес. Этот станок служит для расточки и развертки длинных отверстий, например картера заднего моста автомобиля и пр. На станине станка с каждой стороны расположены расточные головки; в середине предусмотрено место для установки приспособления для зажима обрабатываемого изделия, а внутри—механизм и трубопроводы гидравлич. подачи. Каждая расточная головка имеет особый электромотор *а*₁ и *а*₂, (фиг. 9), от к-рого через три пары зубчатых передач передается вращение шпинделю. Движение подачи расточная головка получает от масляного на-



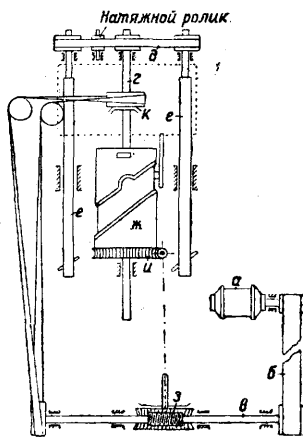
Фиг. 9.

соса *б*, к-рый подает масло под давлением в цилиндр *в* двойного действия, расположенный в левой части станины. Левая расточная головка соединена со штоком *г* цилиндра, а правая с зубчатой рейкой *д*. Кроме того зубья штока *г* и рейки *д* находятся в зацеплении с зубчаткой *е*. Т. о. при перемещении поршня со штоком *г* будет перемещаться и рейка *д*, а следовательно левая и правая расточные головки. Для автоматического управления ходом головок служат упоры на боковой стороне левой расточной головки, которые действуют на рычаги, связанные с клапанами *жс*₁ и *жс*₂, и дают быстрый подвод расточных скалок, рабочую подачу, переключение на обратный ход и выключение при крайнем обратном положении.

Особое место между специальными С. р. занимают станки для алмазной расточки, получившие большое распространение в последнее время. Они отличаются жесткостью конструкции, быстроходностью и плавностью подачи, т. е. инструментом у них служит специально граненый алмаз, вставленный в расточную оправку. Эти станки применяются для получения отверстий точностью до 0,005 мм с абсолютно гладкой обработанной поверхностью в бронзе, алюминии, баббите и других цветных металлах. Были попытки применять алмаз для расточки чугуна, но распространения не получили. Вместо алмаза возможно применять *свертвёрдые сплавы* (см.), как то: победит, ви-



Фиг. 10.



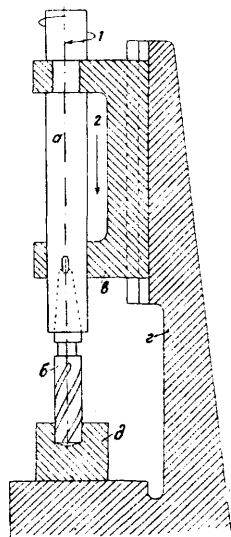
Фиг. 11.

диа. Станки для алмазной расточки строятся вертикальные, горизонтальные, одно- и двухшпиндельные. На фиг. 10 изображен двухшпиндельный С. р. фирмы Коултер. Вращение (фиг. 11) электромотора *а* через ременную передачу *б*, валы *в*, *г* и ременную передачу *д* передается шпинделем *е* станка. Подача шпиндельных салазок производится от барабана *ж* с копиром, расположенного внутри верхней части колонны станка. Вращение барабана для рабочей подачи происходит от червяка *з* и червячной передачи *и*, для обратного хода от вала *г* через фрикционную муфту *к*. В нижней части направляющих колонн к станку прикреплено специальное приспособление для зажима изделия с направляющими втулками для шпинделей. Станки для алмазной расточки имеют скорость вращения шпинделей 2 000—4 000 об/м., что соответствует скорости резания 400 м/мин; подача от 0,005 до 0,10 мм и глубина резания 0,01—0,50 мм. Чем меньше глубина резания и подачи, тем чище будет обрабатываемая поверхность и тем лучше сохраняется алмаз. Производительность этого типа С. р. составляет приблизительно 120—150 шт. изделий в час.

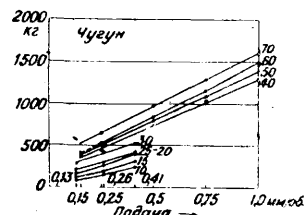
Лит.: Гавриленко А., Механика, технология металлов, 2 изд., ч. 4, М., 1926; Соколовский А., Технология машиностроения, вып. 2, Л., 1932; Прегер Э., Обработка металлов, пер. с нем., М., 1929; Гюлле Ф., Станки, т. 1, пер. с нем., М., 1927; Диннебир Н., Сверление, пер. с нем., М., 1928; Hulle Fr., Die Werkzeugmaschinen, 4 Aufl., В., 1923; «Machinery», N. Y., 1931, p. 229; *ibid.*, 1932, p. 777. М. Шестанов.

СТАНКИ СВЕРЛИЛЬНЫЕ, машины-орудия для обработки металлов и дерева резанием, характеризующиеся вращательным движением

резания, выполняемым инструментом и прямолинейным осевым движением подачи; С. с. служат исключительно для обработки отверстий, преимущественно круглого сечения. В основных чертах они состоят из главного шпинделя *а* (фиг. 1), несущего инструмент *б* и совершающего под действием главного привода вращательное движение резания *1*, затем совокупности деталей *в*, несущих шпиндель (шпиндельная бабка или шпиндельные салазки) и сообщаящих ему движение подачи *2*, и наконец станины *г*, которая связывает шпиндель с обрабатываемым предметом *д*. К этим основным частям сверлильного станка предъявляют сл. требования: главный шпиндель должен точно и без биений совершать свои основные движения: вращательное—резания и осевое поступательное—подачи; кроме того он должен без ущерба для своей прочности выносить те напряжения, которые вызываются работой сверления, т. е. как вращающий момент *М*, так и осевое давление *Р*. Величины *М* в кгм и *Р* в кг

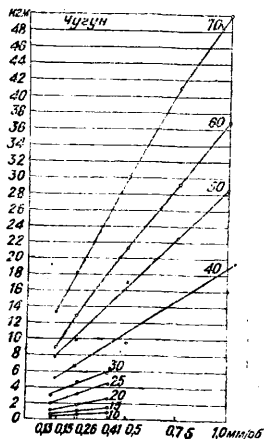


Фиг. 1.



Фиг. 2.

тельны легкость движения по обим направлениям для уменьшения потерь на трение и легкое уничтожение игры, возникающей в результате разрабатывания подшипников. Приводный механизм должен с возможно малыми потерями и возможно прямым путем подводить рабочую механическую энергию к шпинделю. Кроме того во всех С. с., работающих со сверлами различных размеров, т. е. во всех С. с. за исключением специальных станков, приспособленных для выполнения какой-либо отдельной постоянной операции в ряду массового поточного производства, для сохранения приблизительно одинаковой наилучшей скорости резания необходимо изменение в довольно широких пределах чисел оборотов шпинделя. Скорость



Фиг. 3.

резания при сверлении выражается ур-нем:

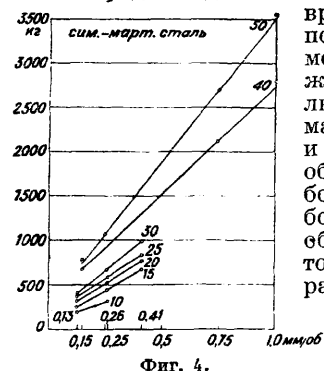
$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1)$$

где v —скорость резания в м/мин, d —диам. отверстия в мм, n —число об/м. главного шпинделя. Принимая скорость резания для работы сверлом из быстрорежущей стали в мягкой стали равной 24 м/мин, получим следующую скорость вращения шпинделя для сверл различного диам. (табл. 1).

Табл. 1.—Скорость вращения шпинделя в зависимости от диам. сверла.

Диам. сверла в мм	Число об/м. шпинделя	Диам. сверла в мм	Число об/м. шпинделя
1	7 640	16	478
1,6	4 780	25	306
2,5	3 060	40	191
4	1 910	65	118
6,5	1 180	—	—
10	764	100	76,4

Т. к. диапазон сверл, к-рыми работают в одном С. с., обычно бывает порядка 1:5 ~ 1:8, то в тех же пределах должна изменяться и скорость



Фиг. 4.

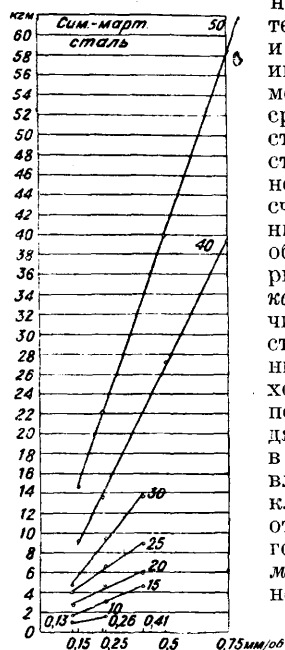
вращения шпинделя; по возможности это изменение скорости должно происходить малыми скачками и при малой затрате времени и усилий со стороны обслуживающего рабочего. Кроме того на более крупных С. с. обычно производят не только сверление, но и развертывание отверстий, зенковку и фрезерование бабешек и нарезание в них резьбы; первая работа требует замедления вращения сравнительно со сверлением в 3—4 раза; фрезерование плоских опорных поверхностей вокруг отверстий требует замедления скорости вращения в 2 раза, а нарезание резьбы—замедления рабочей скорости в 4 раза и возможности ускоренного (1:2) обратного вращения шпинделя для вывертывания метчика из нарезанного отверстия. Перемена скорости вращения, вызываемая применением различного рода инструмента, для обработки одного и того же отверстия должна производиться скорее и проще, чем смена скорости при сверлении отверстий различных диаметров, т. к. смена скорости первого рода производится несколько раз в течение обработки одного и того же отверстия. Механизм подачи должен допускать возможно тонкое изменение подач в мм/об. главного шпинделя в зависимости от материалов сверла и обрабатываемого предмета и от диам. сверла. Данные о наиболее выгоднейшей величине подачи приведены в табл. 2.

При развертывании подача д. б. увеличена в 4—6 раз и при нарезании резьбы она должна равняться шагу нарезаемости винта. Т. о. обычный ряд подач составляет 0,1—0,8 мм/об. для сверлильных работ и несколько добавочных подач порядка 1,0—4,0 мм/об. для развертывания; градация подач желательна по крайней мере такая же тонкая, как и градация скоростей вращения шпинделя. К станке С. с. предъявляют гл. обр. требование жесткости, необходимой для предупреждения непараллельности

Табл. 2.—Выгоднейшие величины подач в мм/об. для сверления при скоростях резания v в м/мин.

Диам. сверла, мм	Сверло из быстрорежущей стали						Сверло из углеродистой стали; сверл из чугуна и сталей, литые	
	Чугун		Сталь прочностью, кг/мм ²					
	МНГР. $v=20$	тверд. $v=15$	35—40 $v=25$	50 $v=20$	60 $v=18$	70 $v=15$		70 $v=12$
4	0,12	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,04	0,08
5	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,07	0,05	0,09
6	0,17	0,14	0,14	0,12	0,10	0,08	0,06	0,10
8	0,19	0,16	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08	0,11
10	0,21	0,18	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,11
12	0,23	0,20	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,12
14	0,24	0,21	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
16	0,25	0,22	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14
18	0,26	0,23	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
20	0,27	0,24	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
23	0,29	0,25	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16
25	0,30	0,27	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,17
28	0,31	0,28	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17
30	0,32	0,30	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,18
33	0,33	0,30	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,18
36	0,34	0,31	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,19
40	0,35	0,32	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	0,20
45	0,37	0,34	0,35	0,31	0,29	0,27	0,25	0,21
50	0,40	0,37	0,36	0,32	0,30	0,28	0,26	0,22
55	0,42	0,39	0,37	0,33	0,31	0,29	0,27	0,23
60	0,44	0,41	0,39	0,35	0,33	0,31	0,29	0,24
65	0,46	0,43	0,41	0,37	0,35	0,34	0,32	0,24
70	0,48	0,45	0,44	0,39	0,38	0,36	0,34	0,25

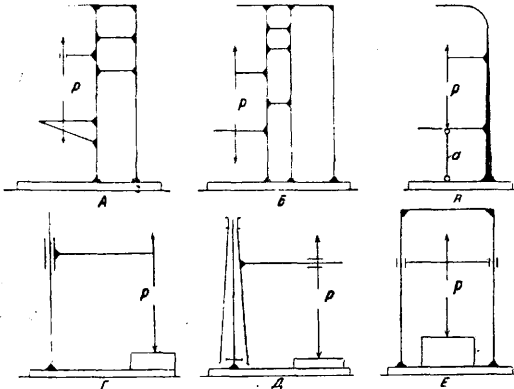
отверстий вследствие деформации станины под влиянием сил, возникающих при работе, в особенности осевого давления подачи. Станина зачастую представляет собой рамную конструкцию, и вычисление жесткости ее и величины стрел прогиба под действием нагрузок обыч-



Фиг. 5.

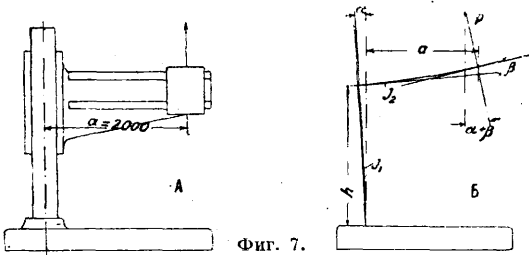
но возможно лишь путем упрощения ее схемы и замены действительно имеющихся налицо переменных сечений стержней средними по величине, постоянными вдоль одного стержня сечениями равного сопротивления. Расчет станины и ее отдельных частей производится обычными приемами теории упругости (см. Жесткая рама), причем величину максимально допустимой деформации станины можно вычислить, исходя из следующих предположений. Сверло, проходя через толщу металла в S мм, претерпевает под влиянием углового отклонения в δ° линейное отклонение от правильного положения $\Delta = S \operatorname{tg} \delta$ мм; задавшись величиной допуска отклонения Δ и толщиной сверления, получим максимально допустимую для данного станка величину угла погиба станины под действием усилий сверления. Принимая напр. $\Delta \leq 0,1$ мм, получаем при $S = 100$ мм $\delta \leq 3'30''$; как видим, угол отклонения весьма мал, а следовательно и станина должна быть весьма жесткой; напряжения, возникающие в материале станины при выполнении этого условия, бывают по б. ч. настолько незначительными, что проверять стани-

ну на прочность не представляется необходимой. Весьма совершенной конструкцией станины точки зрения правильности сверления является симметричная относительно оси шпинделя



Фиг. 6.

П-образная форма, при которой теоретически даже значительные деформации отдельных стержней не ведут за собой сколько-нибудь заметного отклонения оси сверления от ее среднего положения. Станины такого типа применяются поэтому преимущественно в мощных станках для точных работ, т. н. сверлильных прессов (Bohrpressen). В настоящее время ясно намечается тенденция к применению статически определимых схем станин; так напр., ранее и часто применявшиеся станины по схеме А и Б (фиг. 6) почти не строятся больше, а для обыкновенных С. с. применяют станины по типу В, статически определимые без подпорного винта а или обладающие с ним однократной статич. неопределимостью. Для радиальных С. с. применяют статически определимые схемы Г и Д, а для сверлильных прессов статически неопределимую, но симметрич. форму Е. Для примера, насколько велика неточность вследствие упругости станины, рассмотрим радиальный станок (фиг. 7, А) одной известной герм.



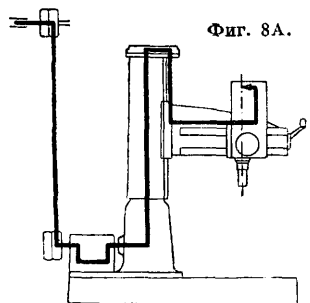
Фиг. 7.

фирмы следующих основных размеров и производственных данных: наибольший вылет оси шпинделя $a = 200$ см, наибольшая высота от рукава над фундаментной клеткой $h = 200$ см, максимальный высверливаемый диам. 100 мм, максимальное осевое усилие подачи 4 000 кг. Считая фундаментную плиту абсолютно жесткой, получаем отклонение сверлильного шпинделя от вертикали равным сумме углов α и β (фиг. 7, Б), образованных касательными к упругим линиям колонны и рукава с их первоначальным направлением. Изгибающий момент $M = 4\ 000 \cdot 200 = 800\ 000$ кгсм. Моменты инерции сечений колонны и рукава соответственно $I_1 = 255\ 000$ см⁴, $I_2 = 260\ 000$ см⁴; по известным

формулам сопротивления материалов имеем:

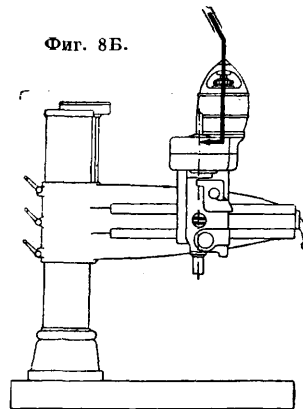
$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{Mh}{EI_1} = 0,000784; \operatorname{tg} \beta = \frac{Ma}{2EI_2} = \\ &= 0,000385; \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \approx \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta = 0,001169, \end{aligned}$$

где E —модуль упругости первого рода для чугуна ($E \approx 800\ 000$ кг/см²); принимая во внимание, что максимальная глубина сверления составляет для данного С. с. 450 мм, получаем для наибольшего отклонения оси отверстия по выходе из просверливаемой детали $L \pm 0,527$ мм, т. е. отверстия, начатые на верхней поверхности детали точно на месте, могут при выходе разойтись больше, чем на 1 мм.



Фиг. 8А.

Типы С. с. По роду главного привода различают ручные, трансмиссионные С. с. и станки с индивидуальным электроприводом. Первый тип С. с. не допускает значительной скорости работы и применяется исключительно в ремонтном и кузнечном деле,



Фиг. 8Б.

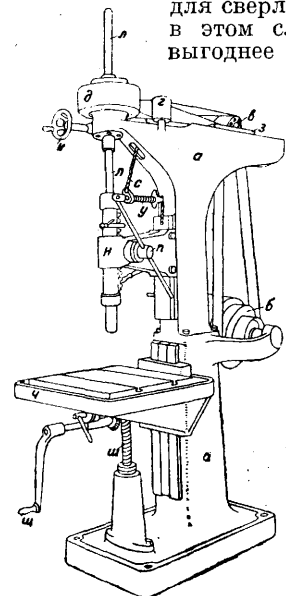
и то лишь там, где нет налицо трансмиссии. Трансмиссионный привод С. с., в особенности станков с переставным шпинделем (напр. радиальных С. с.), приводит к очень сложному пути подвода энергии к шпинделю (фиг. 8А), вызывающему значительные потери и излишнее усложнение механизма; в этом случае электрический индивидуальный привод (фиг. 8Б) представ-

ляет настолько очевидные и значительные выгоды, что в настоящее время большинство таких станков снабжают индивидуальными приводами. По расположению и возможности перемещения шпинделя С. с. подразделяются на 1) вертикальные с неизменной осью шпинделя; 2) радиальные со шпинделем, перемещаемым вдоль поворотного рукава и обслуживаемым таким образом б. или м. значительную площадь; 3) универсальные со шпинделем, могущим не только изменять свое положение, но и принимать всевозможные углы наклона к горизонту; 4) горизонтально-сверлильные и фрезерные с горизонтально расположенным шпинделем; 5) специальные для котельных работ, многшпиндельные, для высверливания за один прием целого ряда отверстий в б. или м. громоздких деталях, цилиндрических блоках моторов, для сверления снизу; 6) автоматические, у которых рабочая подача шпинделя до нужной глубины, обратный его ход и быстрая холостая подача с обрабатываемой деталью, а зачастую и смена и захват обрабатываемых деталей, производятся автоматически самим станком.

Вертикальные С. с. могут быть разбиты по роду подачи на два класса—с ручной и механич. подачей. Первые применяются гл. обр. для сверления мелких отверстий; в этом случае подача вручную выгоднее в том отношении, что

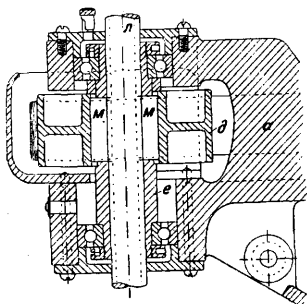
всякое встречаемое сверлом ненормально высокое сопротивление ощущается рукой лица, совершающего подачу, причем оно регулирует нажим на сверло в соответствии с встречаемым сопротивлением, что дало повод назвать станки этого типа С. с. с чуткой подачей: Sensitive Drills, Gefühlsbohrmaschine. Вследствие этого полочка сверл на таких С. с. при умелой работе может быть значительно снижена по сравнению со станками с механич. подачей, к-рая продвигает сверло на одну и ту же величину за оборот независимо от встречае-

мого им сопротивления. Кроме того благодаря простоте механизма С. с. с ручной подачей значительно дешевле, чем с механической, и поэтому применяются в ремонтном деле и при оборудовании мелких мастерских. С. с. с ручной подачей изображен на фиг. 9; он состоит из станины *a*, на к-рой в особых консолях смонтирован полочающий движением от трансмиссии приводной вал со ступенчатым промежуточным шкивом *b*, откуда движение бесконечным ремнем передается через направляющие ролики (подвижной *e* и пару неподвижных *g*) шкиву *d* (фиг. 10А), сидящему на пустотелой оси *e*, вращающейся в шарикоподшипниках. Для натяжения ремня при перестановке его с одной ступени шкива *b* на другую имеется подвижной направляющий ролик *e* (фиг. 10Б), вращающийся на шарикоподшипниках вокруг оси *ж*,



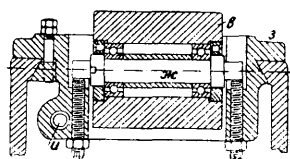
Фиг. 9.

устанавливаемой по высоте винтами и расположенной в каретке *з*, которая может перемещаться вдоль салазок станины под действием

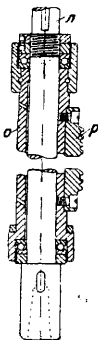


Фиг. 10А.

винта *и*, приводимого во вращение маховичком *к*. В пустотелой оси *e* проходит хвост шпинделя *л*, снабженный двумя канавками, в к-рых ходят две сквозные шпонки *м*. Нижняя часть шпинделя *л* (фиг. 10В) вращается в шарикоподшипниках в шпиндельной втулке *о*, перемещающейся поступательно в шпиндельной головке *н*, устанавливаемой в требуемом положении по высоте на станине и закрепляемой на ней посредством двух винтов. Перемещение втулки *о* совершается посредством шестеренки, насаженной на поворачиваемый вручную валик *п* и сцепляющейся с зубчатой рейкой *р*, укрепленной на втулке *о*. Уравновешивание втулки *о* вместе со шпинделем *л* и инструментом производится помощью противовеса, помещающегося в станине и подвешенного на цепи *с*, перекинутой через блок, закрепленный в верхней части станины. Регулирование уравновешивания производится перемещением точки приложения тяги противовеса—гайки *т* (фиг. 10Г), ходящей вдоль винта *у*, являющегося рычагом, один конец к-рого вилкой *ф* охватывает втулку шпинделя, а другой—цепью *ц* прикреплен к станине; вращение винта *у* осуществляется крестом *з*. Обрабатываемый предмет укрепляется на столе *ч* (фиг. 9), устанавливаемом по высоте телескопическим винтом *ш*, приводимым во вращение рукояткой *щ* через пару конических шестеренок. С. с. этого типа, обычно предназначенные для сверления отверстий небольших диаметров, делают со значительными скоростями вращения шпинделя, как это видно наряду с другими производственными данными из табл. 3.



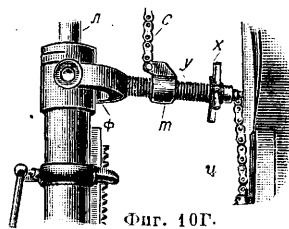
Фиг. 10Б.



Фиг. 10Г.

Для массового производства мелких металлических изделий, где большое число различных скоростей шпинделя не является необходимым, часто применяют мелкие С. с. упрощенного типа со шпинделем, непосредственно присоединенным к электромотору. С. с. такого типа с

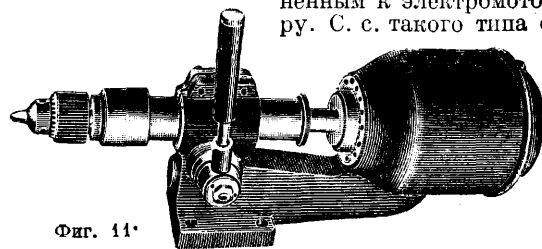
ручной подачей изображен на фиг. 11; станочек этот может быть прикреплен к столу или к станине в любом положении, вертикально или горизонтально.



Фиг. 10Г.

Для массового производства мелких металлических изделий, где большое число различных скоростей шпинделя не является необходимым, часто применяют мелкие С. с. упрощенного типа со шпинделем, непосредственно присоединенным к электромотору. С. с. такого типа с

ручной подачей изображен на фиг. 11; станочек этот может быть прикреплен к столу или к станине в любом положении, вертикально или горизонтально.



Фиг. 11.

Вертикальный С. с. средней мощности для трансмиссионного привода с механич. подачей изображен на фиг. 12, а схема основного привода—на фиг. 13. Привод от трансмиссии через холостой и рабочий шкивы *a* и *б* (перевод ремня осуществляется рычагом *A*) передается на вал I, на к-ром сидит нижний четырехступенчатый промежуточный ременный шкив *e*; от него передача совершается бесконечным ремнем с натяжным роликом *г* на второй шкив *д*, заклиненный на полом валу II, соединенном с зубчаткой *1*, составляющей одно целое с правой

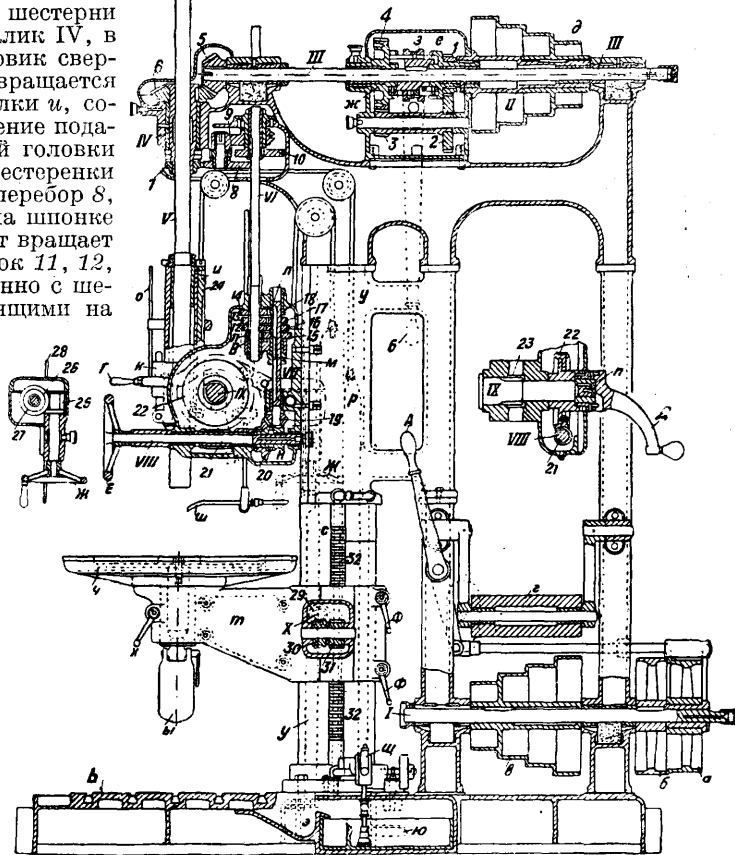
устанавливаемой по высоте винтами и расположенной в каретке *з*, которая может перемещаться вдоль салазок станины под действием

Табл. 3. — Производственные данные С. с с ручной подачей.

Д а н н ы е	Нормальные станки				Особо быстроходные станки		
Максимальный диаметр просверливаемого отверстия (чугун) в мм	30	20	15	10	5	10	5
Числа об/м. шпинделя в зависимости от ступени шкива	900	680	3 600	4 750	4 500	7 200	9 600
	675	300	2 400	3 160	3 150	5 400	6 850
	450	240	1 200	1 900	1 900	3 600	4 100
Скорость резания при сверлении максимального диаметра в м/мин	42	35	56	60	30	113	65
Минимальный диаметр при скорости резания $v=35$ м/мин	12,5	6,6	3,1	2,3	2,5	1,55	1,15

половиной фрикционной муфты *e*. От зубчатки 1 через перебор 2, 3 движение передается зубчатому колесу 4 и вместе с тем левой половине муфты *ж*. Смотря по тому, с какой половиной муфты сцеплено среднее кольцо 3 муфты, скользящее на шпонке по валу III, передача совершается или непосредственно с вала II на III или через перебор 1, 2, 3, 4, уменьшающий скорость вращения в 4—5 раз. Перевод муфты осуществляется рычагом Б. От вала III движение через конич. шестерни 5, 6 передается на пустотелый валик IV, в к-ром на шпонке скользит хвостовик сверлильного шпинделя V. Последний вращается в подшипниках шпиндельной втулки *u*, совершающей поступательное движение подачи в направляющих шпиндельной головки *к*. Движение подачи берется от шестеренки 7, сидящей на полом валу, через перебор 8, 9, 10 на валик VI, скользящий на шпонке во втулке зубчатки 10. Валик этот вращает ряд заклиненных на нем шестеренок 11, 12, 13, 14, сцепляющихся соответственно с шестеренками 15, 16, 17 и 18, сидящими на валу VII, снабженном скользящей шпонкой *л*, заклинивающей на нем попеременно любую из последних четырех шестеренок. Передвижение шпонки *л* и тем самым включение любой из четырех подач совершается посредством рычага В, перемещающего связанную с шпонкой муфточку *м*. С вала VII движение подачи через пару конич. шестеренок 19, 20 и муфту *н* передается на вал VIII и далее через червячную передачу 21, 22 и муфту *п* на вал IX шестеренки 23, зацепляющейся с зубчатой рейкой 24, прикрепленной к шпиндельной втулке *u*. Включение и выключение муфты *п* (т. е. включение и выключение механич. подачи) совершается посредством рычага Г вручную или автоматически при достижении шпинделем определенной глубины посредством упорки *o*, опирающейся на рычаг Г и перемещающей его. Ручная подача производится: грубая—посредством рукоятки Д после предварительного разобщения муфты *п*, выполняемого простым нажатием ручки Д, а тонкая—посредством маховичка Е после предварительного разобщения муфты *п*. Шпиндель вместе с втулкой уравнивается грузом *р*, а груз уравнивает шпиндельную головку. Перемещение последней совершается посредством маховичка Ж через червячную пе-

редачу 25, 26 и шестеренку 27, зацепляющуюся с рейкой 28, укрепленной на станине машины. Перестановка по высоте кронштейна *т* рабочего стола производится посредством ручки, сидящей на валу X червяка 29, приводящего во вращение червячное колесо 30 и сидящую с ним на общем валу XI шестеренку 31, зацепляющуюся с зубчатой рейкой 32, укрепленной на колонке станины *у*. Закрепление кронштейна и стола производится зажимными рукоятками *ф*, а поворотный стол *ч* закрепляется рукояткой *х*. Охлаждающая жидкость при сверлении подается к сверлу по трубке *ш* насосом *ц*, приводимым в движение от промежуточного вала I; использованная жидкость собирается в круговом жолобе стола *ч*, откуда через пустотелую



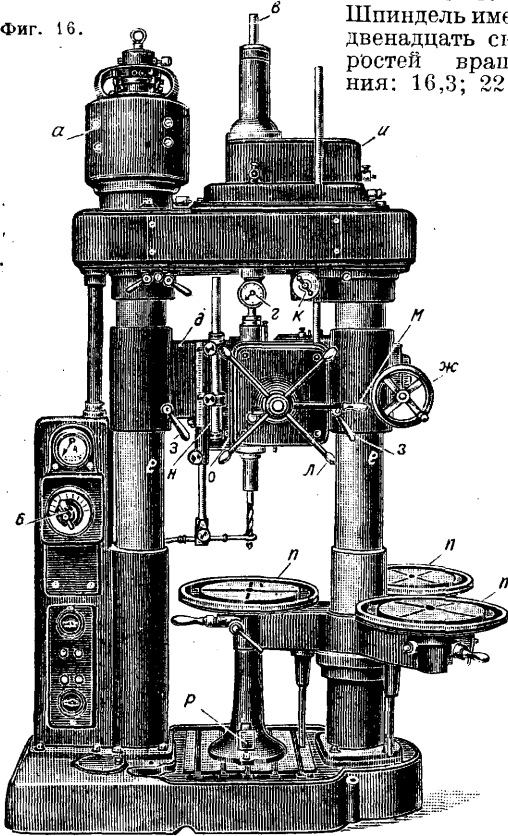
Фиг. 12.

паффу последнего и воронку *ы* она льется на нижний стол *ь*, собирается в его круговом жолобе *и*, освободившись от примешанных стружек в отстойнике *э*, поступает в резервуар *ю*. Как видно из схемы, этот С. с. имеет 8 скоростей вращения шпинделя (31, 46, 66, 96, 137, 200, 288 и 420 об/м.), из коих четыре первые—при включенном переборе 1, 2, 3, 4, а последние четыре—без него; скоростей подачи четыре: 0,162; 0,236; 0,341 и 0,497 мм/об. шпинделя.

ходимой для производства сверления крупных отверстий при большой подаче, на что и рассчитан этот С. с.

Шпиндель имеет двенадцать скоростей вращения: 16,3; 22,6;

Фиг. 16.



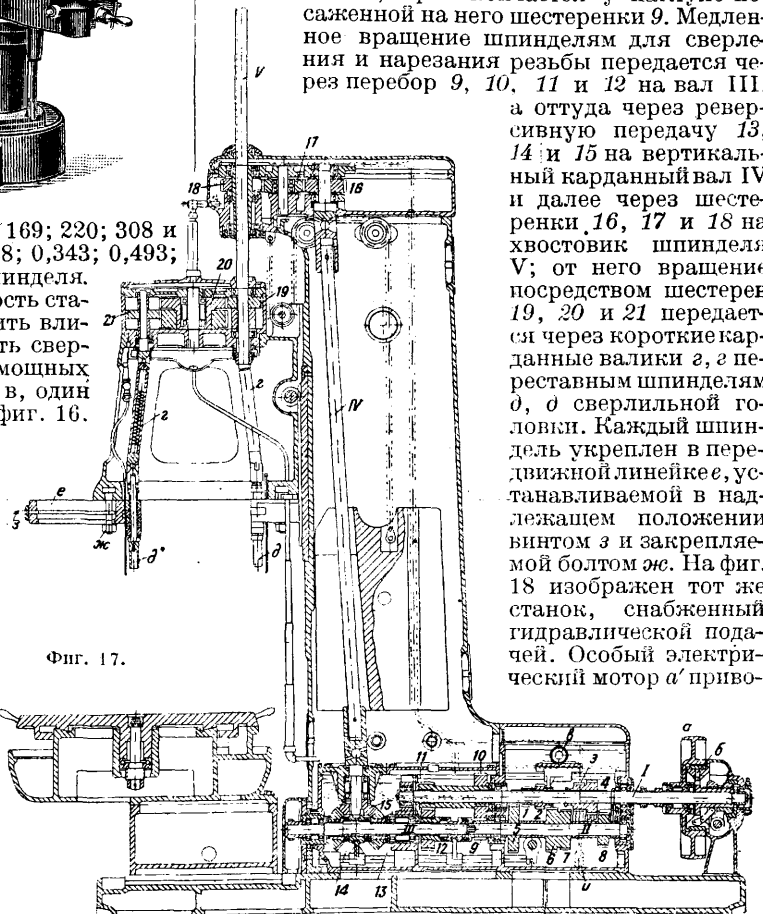
30,6; 40,2; 56,0; 75,5; 90,5; 125; 169; 220; 308 и 415 об/м. и 8 подач: 0,156; 0,228; 0,343; 0,493; 0,780; 1,13; 1,71 и 2,46 мм/об шпинделя.

Стремление увеличить жесткость станины и по возможности исключить влияние ее деформаций на точность сверления привело к созданию мощных сверлильных прессов, один из типов к-рых изображен на фиг. 16. Привод С. с. осуществляется индивидуальным мотором постоянного тока *а* с регулируемым в пределах 1:3 числом об/м., причем регулировка осуществляется в 20 ступеней помощью одной рукоятки *б*. Вращение от мотора передается на хвостовик шпинделя *в*, причем соединенный с ним тахометр *г* указывает скорость вращения его. Шпиндельные салазки *д* устанавливаются по высоте на колонках *е* станины помощью маховика *ж* и закрепляются на месте винтами *з*. Механич. подача берет движение от шпинделя через коробку подач *и*, снабженную перебором со скользящей шпонкой, перемещаемой рукояткой *к*, сообщающим шпинделю 4 подачи (0,2, 0,3, 0,4 и 0,5 мм/об. шпинделя). Быстрая ручная подача осуществляется обыч-

ным путем помощью креста *л* после разобщения рычагом *м* муфты, присоединяющей механич. подачу. Автоматич. останов подачи по достижении требуемой глубины сверления осуществляется упоркой *н*, отклоняющей рычажок *о*. Изображенный на фиг. 16 С. с. снабжен тройным поворотным столом *п*, особо удобным при массовом производстве; в то время как деталь, зажатая на столе, находящемся под станиной, подвергается обработке на остальных двух столах, производят смену уже обработанной детали на необработанную и по окончании сверления, освобождая педалью *р* блокировку стола, подводят под сверло следующую деталь, т. ч. простой станка из-за смены изделия сокращается до минимума. Дальнейшее развитие этого принципа приводит к автоматич. многошпиндельным С. с., описанным ниже.

При массовом производстве очень часто приходится просверливать одновременно большое количество параллельных отверстий. С этой целью либо снабжают нормальный С. с. многошпиндельной сверлильной головкой либо применяют специальные многошпиндельные С. с. Станок такого типа с гидравлич. подачей изображен на фиг. 17 и 18. Привод осуществляется через шкив *а* посредством фрикционной передачи *б* на вал I; с последнего через приводимые посредством маховичка *в* попеременно в зацепление зубчатые колеса 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 на вал II, к-рый кончается у наглухо посаженной на него шестеренки 9. Медленное вращение шпинделям для сверления и нарезания резьбы передается через перебор 9, 10, 11 и 12 на вал III.

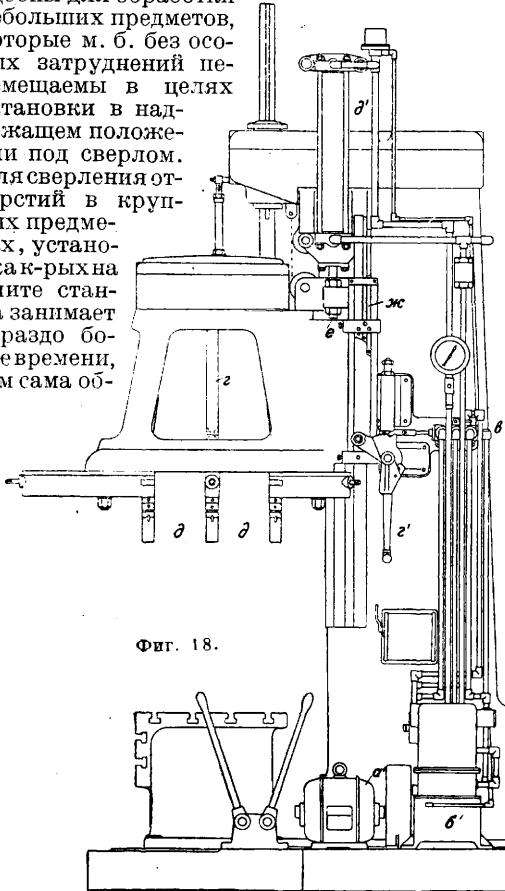
а отсюда через реверсивную передачу 13, 14 и 15 на вертикальный карданный вал IV и далее через шестеренки 16, 17 и 18 на хвостовик шпинделя V; от него вращение посредством шестерен 19, 20 и 21 передается через короткие карданные валики 2, 2 переставным шпинделям *д*, *д* сверлильной головки. Каждый шпиндель укреплен в передвижной линейке *е*, устанавливаемой в надлежащем положении винтом *з* и закрепляемой болтом *жс*. На фиг. 18 изображен тот же станок, снабженный гидравлической подачей. Особый электрический мотор *а'* приво-



Фиг. 17.

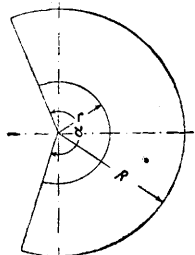
дит в действие непосредственно сцепленный с ним эластичной муфтой насос, подающий мас-

ло под давлением через распределительный золотник e' , приводимый в движение рукояткой e' с той или другой скоростью, в два цилиндра подачи d' , перемещающих вверх и вниз сверлильную головку помощью штоков e . У станка предусмотрены остановки $ж$ для автоматич. переключения с достижением достаточной величины перемещения головки быстрого установочного хода головки на подачу и с подачи на ускоренный обратный ход. Смазка всех частей С. с. центральная под давлением, причем масло подается насосом $и$ по трубкам во все подлежащие смазке места. Описанные вертикальные С. с. удобны для обработки небольших предметов, которые м. б. без особых затруднений перемещаемы в целях установки в надлежащем положении под сверлом. Для сверления отверстий в крупных предметах, установка как-рых на плите станка занимает гораздо более времени, чем сама об-



Фиг. 18.

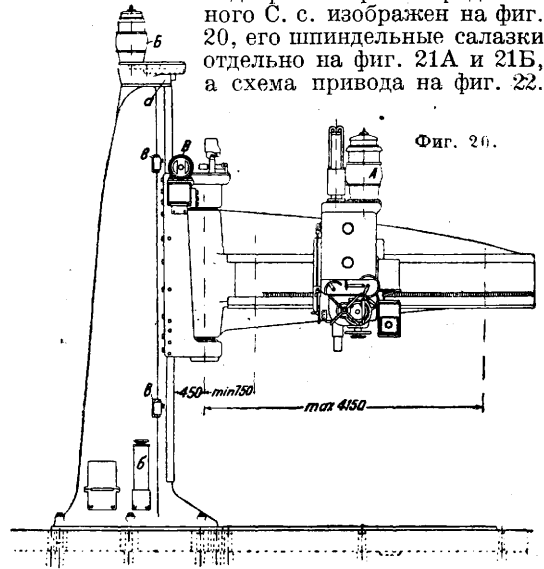
работка, выгоднее применение С. с., у которых шпиндель может быть перемещаем в плоскости, перпендикулярной его оси вращения, а иногда для сверления наклонных отверстий к этому присоединяется еще возможность придавать шпинделю различные углы наклона в вертикали.



Фиг. 19.

Для обработки деталей средней величины (до размеров $1,5 \times 2$ м) удобны радиальные С. с., у которых перемещение шпинделя достигается перемещением его вдоль радиуса, вращающего вокруг вертикальной оси. Т. о. шпиндель обслуживает б. или м. значительную часть кольцевой площади, внешний R и внутренний r радиусы (фиг. 19) к-рой обусловлены крайними положениями шпинделя на поворотном рукаве,

а угол размаха рукава α — конструкцией поворотного устройства и привода; обычно $R : r \approx 3 \div 6$, а α равно $150 \div 240^\circ$ и до 360° . Общий вид трехмоторного радиального С. с. изображен на фиг. 20, его шпиндельные салазки отдельно на фиг. 21А и 21Б, а схема привода на фиг. 22.

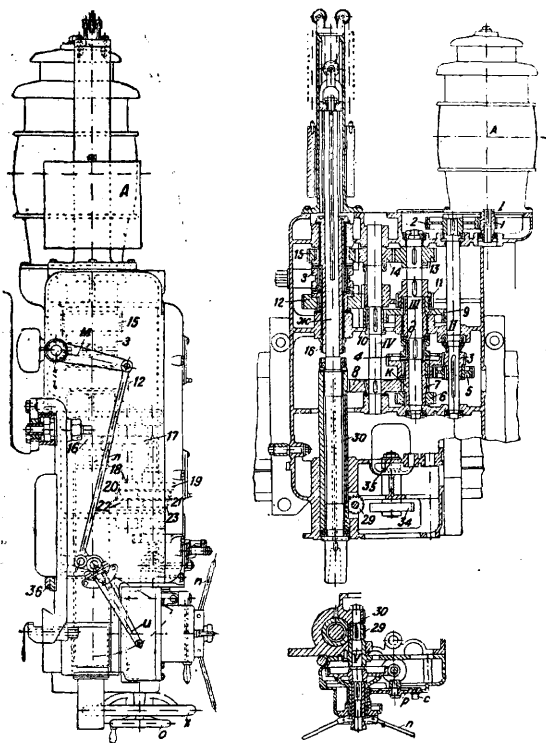


Фиг. 20.

Каждое движение станка обслуживается отдельным электромотором: мотор A служит для приведения в действие сверлильного шпинделя, мотор B — для опускания и поднимания всего рукава при посредстве приводимого им во вращение вертикального винтового шпинделя a и наконец мотор B — для поворачивания рукава при помощи приводимого мотором во вращение червяка, сцепляющегося укрепленным на рукаве червячными колесом. Контроллер $б$ для мотора B находится у колонны; для остановки рукава в его крайних положениях по высоте устроены два оконечных выключателя $в$.

Устройство шпиндельных салазок видно из фиг. 21: мотор A приводит во вращение валик I с сидящей на нем шестеренкой 1 , к-рая передает вращение зубчатому колесу 2 , сидящему наглухо на валу II . На последнем сидят скользящие шестеренки 3 и 5 , передающие вращение в зависимости от положения рычага $з$ на шестеренки 4 или 6 , сидящие вхолостую на валу III ; с ними соединена наглухо шестеренка 7 , зацепляющаяся с зубчаткой 8 , наглухо сидящей на валу IV . Колеса 4 , 6 м. б. сцеплены с валом III посредством кулачковой муфты d' , управляемой рукояткой e ; муфта эта при другом положении может сцепиться с валом III шестеренку 9 , зацепляющуюся с сидящим наглухо на валу IV зубчатым колесом 10 . Сидящая наглухо на валу III шестеренка 11 сцепляется с сидящим вхолостую на шпиндельной втулке $ж$ зубчатым колесом 12 ; в свою очередь сидящее наглухо на валу III зубчатое колесо 13 через промежуточное колесо 14 сцепляется с сидящим вхолостую на шпиндельной втулке колесом 15 ; зубчатые колеса 12 и 15 м. б. сцепляемы с втулкой $ж$ посредством кулачковой муфты $з$. Т. о. движение мотора передается через зубчатые колеса $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3}{4} \text{ или } \frac{5}{6} \right)$ на втулку $к$ колес

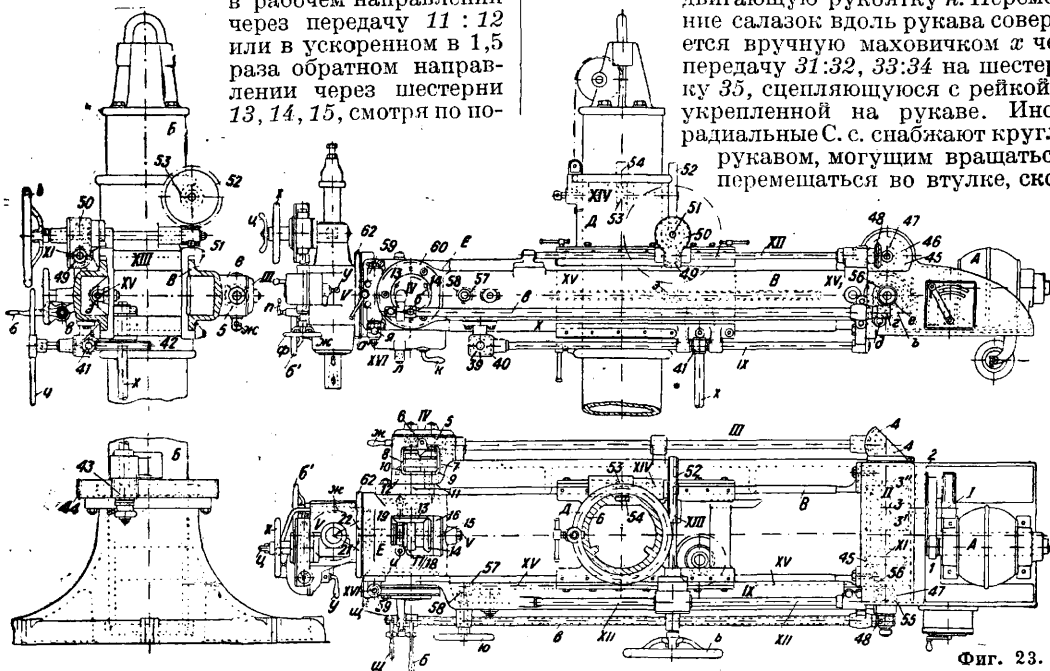
4 и 6, а от нее через зубчатую передачу 7 : 8 на вал IV; далее, смотря по положению муфты *д*,



Фиг. 21А

Фиг. 21Б

вращение с втулки *к* передается или непосредственно валу III или через перебор 7 : 8, 10 : 9. С вала III движение шпинделю сообщается или в рабочем направлении через передачу 11 : 12 или в ускоренном в 1,5 раза обратном направлении через шестерни 13, 14, 15, смотря по по-



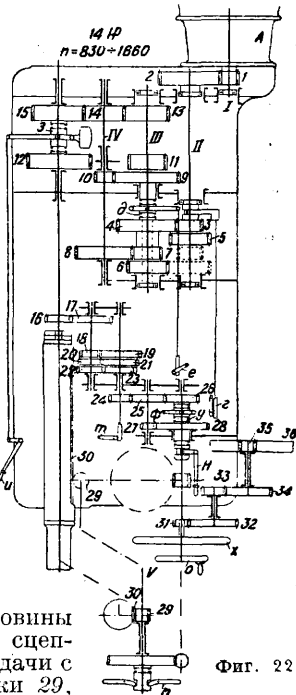
Фиг. 23.

ложению кулачковой муфты *з*, перемещаемой рычагом *л*, связанным тягой *м* с сидящей внизу

ручкой *и*. Т. о. шпиндель имеет только 4 скорости в каждом направлении, но, т. к. число об/м. мотора *м. б.* регулируется в пределах 1:2,5, получаем шкалу скоростей в общих пределах 1 : 37!

Механизм подачи получает движение от зубчатки 16, сидящей на втулке сверлильного шпинделя; подача передается через зубчатку 17 на трехступенчатую передачу 18 : 19, 20 : 21, 22 : 23 со скользящей шпонкой, перемещаемой рукояткой *т*, и через зубчатки 24, 25 на простой муфтой *у*, перемещаемой рукояткой *ф*, так что С. с. имеет 6 подач общего диапазона 1 : 10. Выключение механизма подачи совершается рычагом *н*; маховичок *о* служит для медленной ручной подачи шпинделя, после того как посредством крестовины *п* выключена муфта, сцепляющая механизм подачи с валиком *в* шестеренки 29, сцепляющейся с рейкой 30 на шпинделе. Кроме того крестовина *п* служит для быстрого перемещения шпинделя. Для выключения механич. подачи по достижении определенной глубины сверления служит сцепляющийся с валиком *в* диск *р*, несущий передвижную упорку *с*, передвигающую рукоятку *и*. Перемещение салазок вдоль рукава совершается вручную маховичком *г* через передачу 31:32, 33:34 на шестеренку 35, сцепляющуюся с рейкой 36, укрепленной на рукаве. Иногда радиальные С. с. снабжают круглым рукавом, могущим вращаться и перемещаться во втулке, сколь-

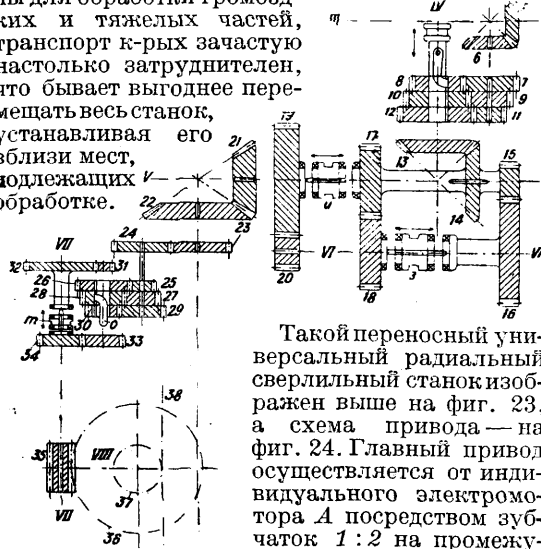
зущей вверх и вниз по главной колонне; если вдобавок шпиндельные салазки вращаются



Фиг. 22.

зущей вверх и вниз по главной колонне; если вдобавок шпиндельные салазки вращаются

вокруг оси, перпендикулярной к оси вращения рукава, то сверление м. б. произведено в любом направлении. Такие С. с. особенно удобны для обработки громоздких и тяжелых частей, транспорт к-рых зачастую настолько затруднителен, что бывает выгоднее перемещать весь станок, устанавливая его вблизи мест, подлежащих обработке.



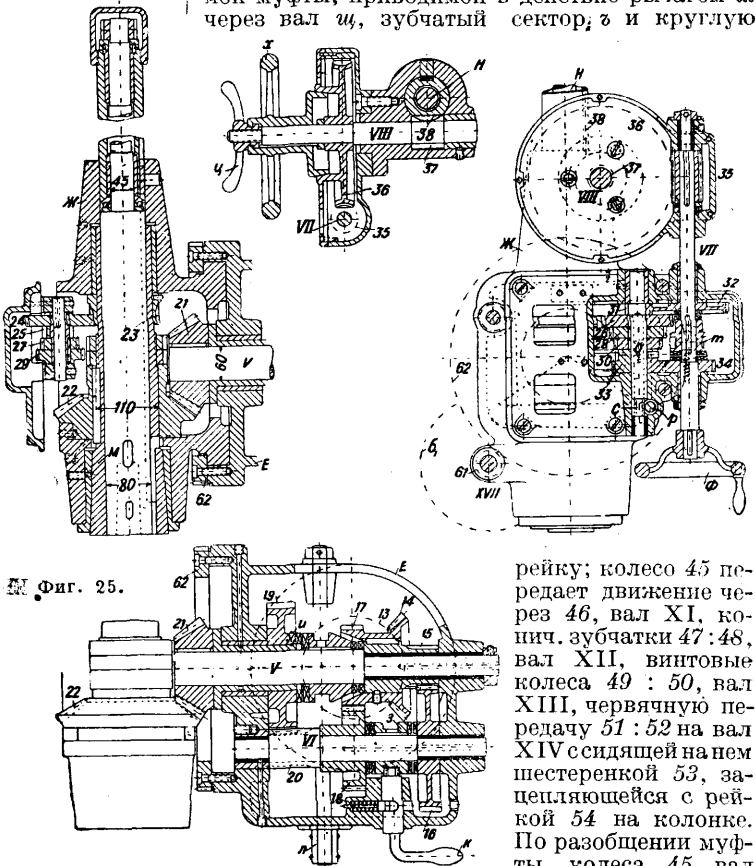
Такой переносный универсальный радиальный сверлильный станок изображен выше на фиг. 23, а схема привода — на фиг. 24. Главный привод осуществляется от индивидуального электродвигателя А посредством зубчаток 1 : 2 на промежуточный вал I конич. реверсивной передачи 3, 3', 3'', затем с ее вала II через пару конич. шестерен 4 : 4 на вал III; реверс обслуживается муфтой а, перемещаемой рычагом б через пустотелый вал в, сидящую на нем шестеренку г, рейку д и вилку е. С вала III движение передается через конич. шестерни 5 : 6 на промежуточный вал ступенчатых шестерен 7, 9, 11, зацепляющихся с шестернями 8, 10, 12, присоединяемыми поочередно к валу IV посредством обслуживаемой рукояткой ж скользящей шпонки. С вала IV передача через конич. шестерни 13 : 14 идет на пустотелый вал двойного перебора 15 : 16, 17 : 18 или 20 : 19 (фиг. 25), обслуживаемого двумя кулачковыми муфтами з и и, перемещаемыми рычагами к и л; вращение с пустотелого вала перебора передается на вал V либо непосредственно (при муфте з, передвинутой вправо) либо через промежуточный вал VI при муфте з, передвинутой влево; в последнем случае — через зубчатки

15 : 20 при муфте и вправо или 16 : 19 при муфте и влево. С вала V вращение через пару конич. шестерен 21, 22 передается нижней неподвижной втулке м шпинделя во втулке посредством механизма подачи, получающего движение от шестеренки 23, сидящей на втулке м, через зубчатое колесо 24 на промежуточный валик ступенчатого перебора с тремя парами шестерен 25 : 26, 27 : 28 и 29 : 30, сцепляемыми поочередно со вторым промежуточным валиком скользящей шпонкой о, обслужи-

ваемой рукояткой п через шестеренку р и круглую рейку с. Со второго вала движение подачи через перебор 31 : 32 или 33 : 34, попеременно включаемый муфтой т, перемещаемой рукояткой у, передается валу VII червяка 35 и последним на червячное колесо 36 и через валик VIII и шестеренку 37 зубчатой рейке шпинделя 38. Медленная ручная подача осуществляется маховичком ф при разобшен. муфте м, а быстрое перемещение шпинделя — маховичком х при разобщенной при помощи гайки и фрикционной муфте, сцепляющей червячное колесо 36 с валиком VIII. Перемещения сверлильного шпинделя осуществляют следующим образом: 1) Вращение колонны В вместе с рукавом В вокруг вертикальной оси на 360° совершается от руки посредством крестовины ч, вращающей через шестеренки 39 : 40 вал IX, затем через червячную передачу 41 : 42 вал X вместе с сидящей на нем шестерней 43, зацепляющейся с зубчатой короной 44, которая укреплена на неподвижном пьедестале Г. 2) Подъем муфты Д вместе с рукавом В осуществляют вручную или от привода. В последнем случае механизм получает движение от вала II, на к-ром сидит свободно зубчатое колесо 45, сцепляемое с валом II посредством фрикционной муфты, приводимой в действие рычагом ш через вал ш, зубчатый сектор, з и круглую

Фиг. 24.

Фиг. 25: Detailed schematic of the drive mechanism of the drilling machine. It shows a complex arrangement of gears (1-30), shafts (I-VI), and clutches (a, z, i, k, l). A hand crank (п) is shown for manual operation. The diagram illustrates the path of motion from the motor through various gear trains to the spindle and feed mechanisms.



Фиг. 25.

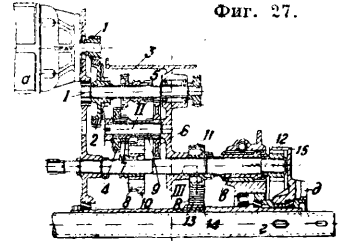
ХIII может быть вращаем вручную посредством маховичка в. 3) Продольное перемещение рукава В м. б. осуществлено также вручную или

ручкой; колесо 45 передает движение через 46, вал XI, конич. зубчатки 47 : 48, вал XII, винтовое колесо 49 : 50, вал XIII, червячную передачу 51 : 52 на вал XIV с сидящей на нем шестеренкой 53, зацепляющейся с рейкой 54 на колонке. По разобщению муфты колеса 45 вал XIII может быть вращаем вручную посредством маховичка в. 3) Продольное перемещение рукава В м. б. осуществлено также вручную или

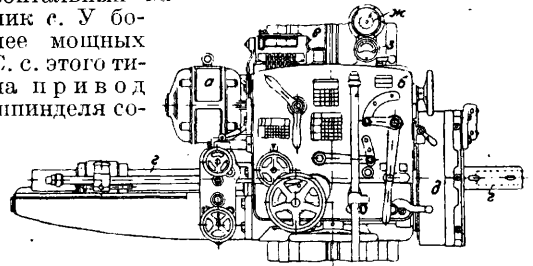
от привода посредством переключавания рычага *ш*, сцепляющего при этом вторую фрикционную муфту, сидящую на валу II, с конич. шестеренкой 55, приводящей через 56 во вращение винтовой шпиндель XV, ходящий в связанной с муфтой *Д* гайке *э*. При разомкнутой фрикционной муфте возможно вращение винтового шпинделя XV вручную маховичком *ю* через пару конич. шестеренок 57 : 58. 4) Вращение сверлильной головки *Е* вокруг горизонтальной оси вала IV, перпендикулярной к оси рукава *В*, совершается вручную посредством качающегося рычага *я*, приводящего через трещотку *а'* во вращение в ту или другую сторону валик XVI с сидящим на нем червяком 59, зацепляющимся с червячным колесом 60, скрепленным с головкой *Е*. 5) Поворот шпиндельной бабки *Ж* вокруг оси V головки *Е* совершается вручную вращением маховичка *б'*, сидящего на валу XVII и приводящего в движение шестеренку 61, зацепляющуюся с зубчатой короной 62, скрепленной с головкой *Е*. С. с. этот имеет 9 скоростей вращения шпинделя (8,8; 14,6; 21,9; 27,3; 45,5; 68,2; 100; 166; 250 об/м.) и 6 различных подач (0,13; 0,27; 0,39; 0,52; 1,07; 1,56 мм/об. шпинделя).

Для многих работ очень удобными являются горизонтально-сверлильные станки, приспособленные обычно одновременно для производства фрезеровальных работ и называемые тогда горизонтально-сверлильными и фрезеровальными станками. Кроме этих нормально одношпиндельных, реже двухшпиндельных, С. с. для целей массового производства

вращаемых одновременно от привода или вручную. Особенностью горизонтально-сверлильных и фрезеровальных станков является подвижность их стола *р* в горизонтальном направлении, позволяющая производить на них фрезеровальные работы. Подача столу передается от коробки подач через горизонтальный валик *с*. У более мощных С. с. этого типа привод шпинделя со-

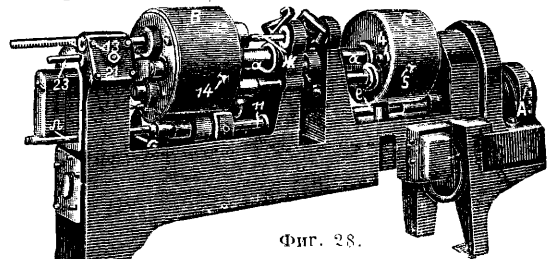


Фиг. 27.



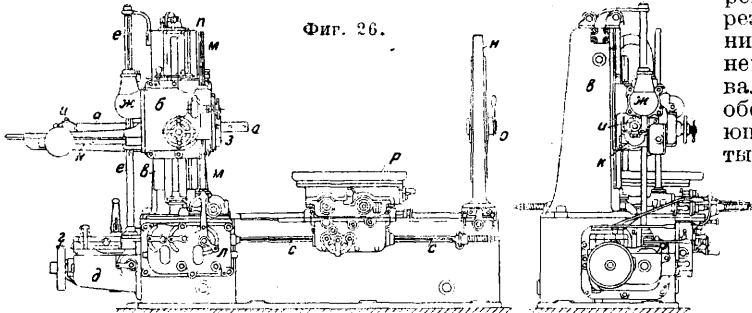
вершается индивидуальным мотором *а* (фиг. 27), сидящим на шпиндельной каретке *б*. Рабочее движение от мотора передается через зубчатки 1, 2 на вал I. Венец зубчатого колеса 2 сделан из новотекста (текстолитовая пластич. масса) и сконструирован в форме конич. фрикционной муфты, служащей для избежания перегрузки механизма. С вала I через перебор 3 : 4 или 5 : 6 движение передается валу II и с последнего через перебор 7 : 8 или 9 : 10 валу III, на к-ром сидят вхолостую обе шестеренки 11 и 12, получающие движение от кулачковой муфты *с* обе вместе или каждая порознь и приводящие во вращение через зубчатки 13, 14 сверлильный шпиндель *г* или через зубчатую коронку 15 планшайбу *д*. Смазка осуществляется центральным смазочным аппаратом *е*. На салазках имеются тахометр *ж* для наблюдения за числом об/мин. шпинделя и амперметр *з*.

Полуавтоматический многошпиндельный горизонтальный С. с. изображен на фиг. 28, схема передаточного механизма дана на фиг. 29,



Фиг. 28.

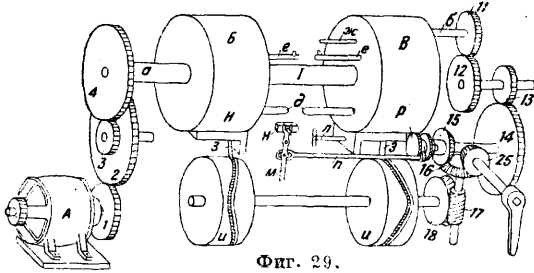
а разрез (развернутый) через ось трех шпинделей правой бабки — на фиг. 30. Движение от мотора *А* через зубчатки 1, 2, 3, 4 передается валу I, лежащему внутри пустотелых цилиндров, направляющих *а*; с вала I движение через зубчатые колеса 5 и 6 передается шпинделю *б*, а от него через зубчатые колеса 7, 8, 9, 10—



Фиг. 26.

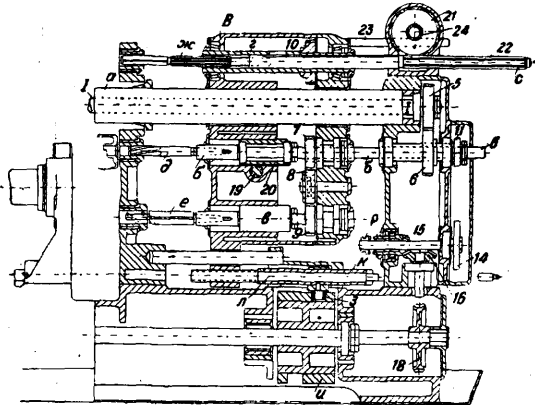
при сверлении большого количества отверстий, зачастую расположенных к тому же в различных плоскостях, применяют многошпиндельные горизонтальные С. с. Нормальный горизонтально-сверлильный станок изображен на фиг. 26. Горизонтальный сверлильный шпиндель *а* помещен в шпиндельной каретке *б*, перемещаемой по стойке *в*. Движение шпиндель получает от шкива *г* через коробку передач *д*, вертикальный валик *е* и пару конич. шестеренок *жс*. Концентрично со шпинделем расположена планшайба *з*, служащая для прикрепления фрезеровальных инструментов. Подача сверлильного шпинделя производится перемещением сидящего у его хвоста упорного подшипника *и* по салазкам *к* каретки *б*; движение механич. подача получает от коробки подач *л* через вертикальный валик *м*. Для поддержания свободного конца длинных оправок, употребляемых при рассверливании, имеется опорная стойка *н*, подшипник *к-рой* *о* устанавливается всегда на одной высоте со шпинделем, т. к. вертикальное перемещение обоих совершается при посредстве двух винтовых шпинделей (на фиг. 26 виден лишь один из них—*н*).

остальным двум шпинделям: расточному *в* и разверточному *г*. Станки этого типа строятся всегда специальными, приспособленными для



Фиг. 29.

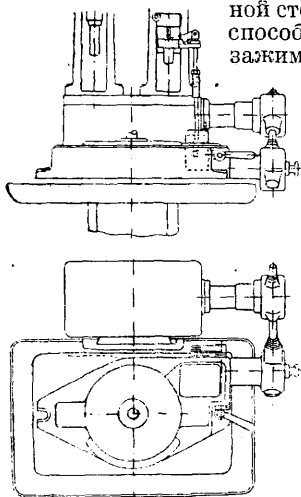
обработки одной детали, поэтому делать сменные скорости не имеет смысла. Данный станок предназначен для обработки обоих отверстий под поршневой палец в поршне автомобильного



Фиг. 30.

мотора; при этом каждое отверстие порознь сначала растачивается зенкером *д*, затем обрабатывается расточной оправкой *е* и наконец оба отверстия вместе проходятся разверткой *жс*, хвостовой конец к-рой направляет-ся особой втулкой, лежащей в противополож-

ной стенке поворотного приспособления, служащего для зажима одновременно четырех поршней, три из которых обрабатываются, а четвертый сменяется. Подачу осуществляют перемещением обеих головок *Б* и *В* по цилиндрич. направляющим *а* посредством пальца *з*, ходящего в фасонной канавке шайбы *и*, вращаемой от вала *II* через зубчатые колеса *11, 12, 13, 14* пару конич. зубчаток *15, 16* и червячную передачу *17* и *18*. Палец *з* укреплен на втулке *к* валика *л*, ввинченного в проушину бабки *Б*;



Фиг. 31.

для установки всей бабки относительно приспособления, положение пальца *з* в бабке *Б* м. б. изменено вращением валика *л* за выступающий наружу конец, а изменение положения

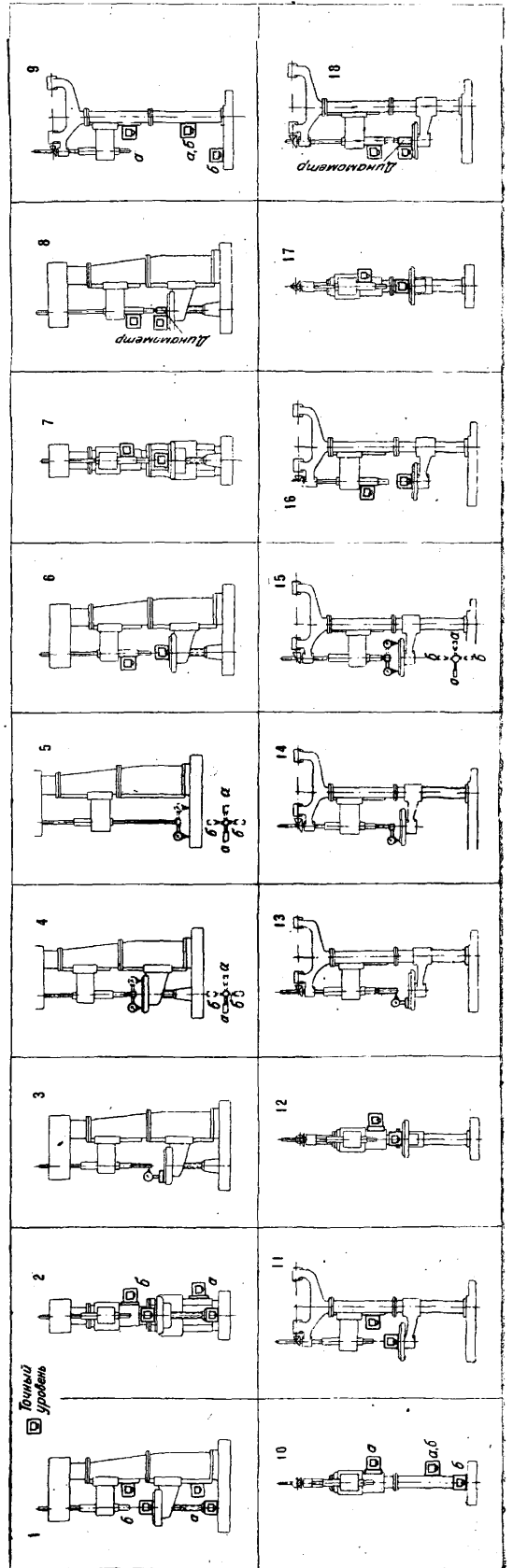


Табл. 4.—Нормы точности мощных стендерных С. с.

Предмет и метод испытания	Допустимая ошибка	№ эскиза
Перпендикулярность направляющих стола к фундаментной плите в продольной плоскости станка. Инстр.—ватерпас	0±0,05 мм на 300 мм *1	1,а
	±0,03 мм на 300 мм	2,а
Перпендикулярность направляющих шпиндельной бабки и поверхности стола в продольной плоскости стола	0±0,05 мм на 300 мм *1	1,б
	±0,03 мм на 300 мм	2,б
Отсутствие биения шпинделя. Инстр.—дюрн 300 мм длиной и мерный индикатор	±0,03 мм	3
Перпендикулярность шпинделя к поверхности стола в продольной плоскости станка. Инстр.—угловой рукав радиусом 300 мм и мерный индикатор	0±0,05 мм на 300 мм радиуса рукава*1	4,а
	±0,03 мм на 300 мм	4
Перпендикулярность шпинделя к верхней поверхности фундаментной плиты в продольной плоскости станка	0±0,5 мм на 300 мм радиуса рукава	5,а
	±0,03 мм на 300 мм	5,б
Перпендикулярность втулки шпинделя к поверхности стола в продольной плоскости стола	0±0,05 мм на 300 мм *2	6
	±0,03 мм на 300 мм	7
Точность и жесткость в условиях работы при нагрузке шпинделя согласно табл. 3. Шпиндель, бабка и кронштейн стола на серединах их хода. Инстр.—динамометр и ватерпас	1,0 мм на 1 000 мм	8

*1 Наклон колонны допускается только вперед. *2 Наклон шпинделя и втулки допускается только нижним концом к колонне.

Табл. 5.—Нормы точности вертикальных С. с. на колонне.

Предмет и метод испытания	Допустимая ошибка	№ эскиза
Параллельность направляющих шпиндельной бабки и сверлильного стола (колонны) в продольной плоскости станка. Инстр.—ватерпас	±0,05 мм на 300 мм длины направляющих или колонны	9,а
	±0,05 мм на 300 мм	10,а
Перпендикулярность колонны к фундаментной плите	±0,08 мм на 300 мм*1	9,б
	±0,05 мм на 300 мм	10,б
Перпендикулярность направляющих шпиндельной бабки к поверхности стола в продольной плоскости станка. Инструмент—ватерпас	0±0,08 мм на 300 мм*2	11
	±0,05 мм на 300 мм	12
Ось конуса шпинделя на отсутствие биения	—	—
Для станков с конусами до № 2. Инстр.—дюрн длиной 100 мм и мерный индикатор	0,02 мм	13
	0,03 мм	13
Для станков с конусами № 3 и выше — дюрн длиной 300 мм вращающийся стол на отсутствие биения. Инстр.—угловой рукав (радиусом 300 мм) и мерный индикатор	±0,05 мм на 300 мм радиуса рукава	14
	0±0,08 мм на 300 мм радиуса рукава*2	15,а
Перпендикулярность шпинделя к поверхности стола в продольной плоскости станка	±0,05 мм	15,б
	0±0,06 мм на 300 мм *2	16
Перпендикулярность втулки шпинделя к поверхности стола в продольной плоскости станка. Инструмент—ватерпас	±0,06 мм на 300 мм	17
	2,5 мм на 1 000 мм расстояния от шпиндельной бабки до стола	18

*1 Наклон колонны допускается только вперед. *2 Наклон шпинделя и втулки допускается только нижним концом к колонне.

шпинделя б относительно бабки производится помощью шестеренки 19 и рейки 20. Форма канавки в шайбе б выбрана такой, что бабка совершает быстрое движение вперед для подвода инструментов, затем медленную подачу вперед в период работы инструмента и наконец быстрый отвод бабок назад по окончании рабочего хода. При этом бабка автоматически при подводе вперед рычагом м вдвигает в гнездо поворотного зажимного приспособления (кондуктора) палец к, удерживающий его на месте в продолжение всего процесса обработки, а при отходе назад освобождает приспособление, выдвигая палец к, и останавливает подачу, разобщая тягой н кулачковую муфту р, сцепляющую шестеренку 15 с валиком П. В виду того что развертка должна пройти путь, значительно больший, чем каждый из прочих двух инструментов, а следовательно и больший пути

бабки, передвижение ее осуществляется зубчатым колесом 21, зацепляющимся с рейкой 22, нарезанной во втулке с, насаженной на хвостовик шпинделя г, и приводимым в движение скрепленной с бабкой зубчатой рейкой 23, зацепляющейся с шестеренкой 24 на оси колеса 21. Подвод бабки вручную осуществляется ручкой через посредство конич. зубчатки 25. Включение муфты р, а следовательно и рабочего цикла станка производится вручную посредством рычага м после запора кондуктора пальцем н.

Автоматические С. с. строятся также и вертикального типа, причем шпиндель совершает автоматически движение вверх и вниз при помощи различных механизмов, например фигурных шайб—для массового производства, переключения подачи при помощи упорков—для серийного производства, требующего сохранения известной доли универсальности.

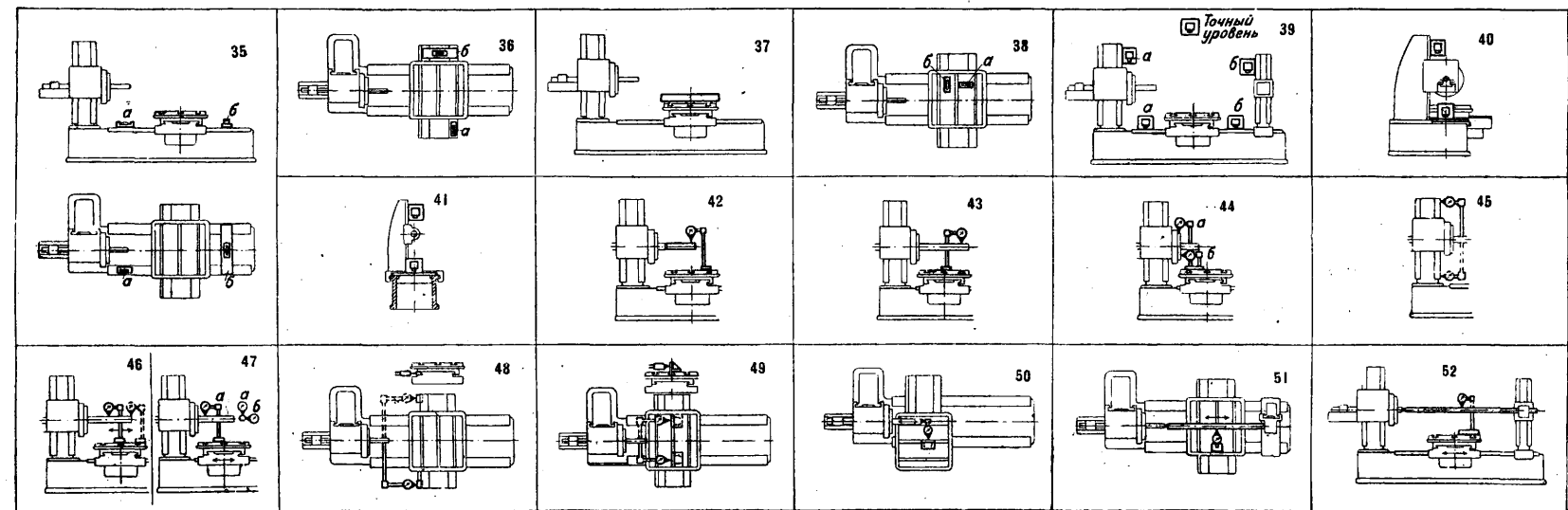
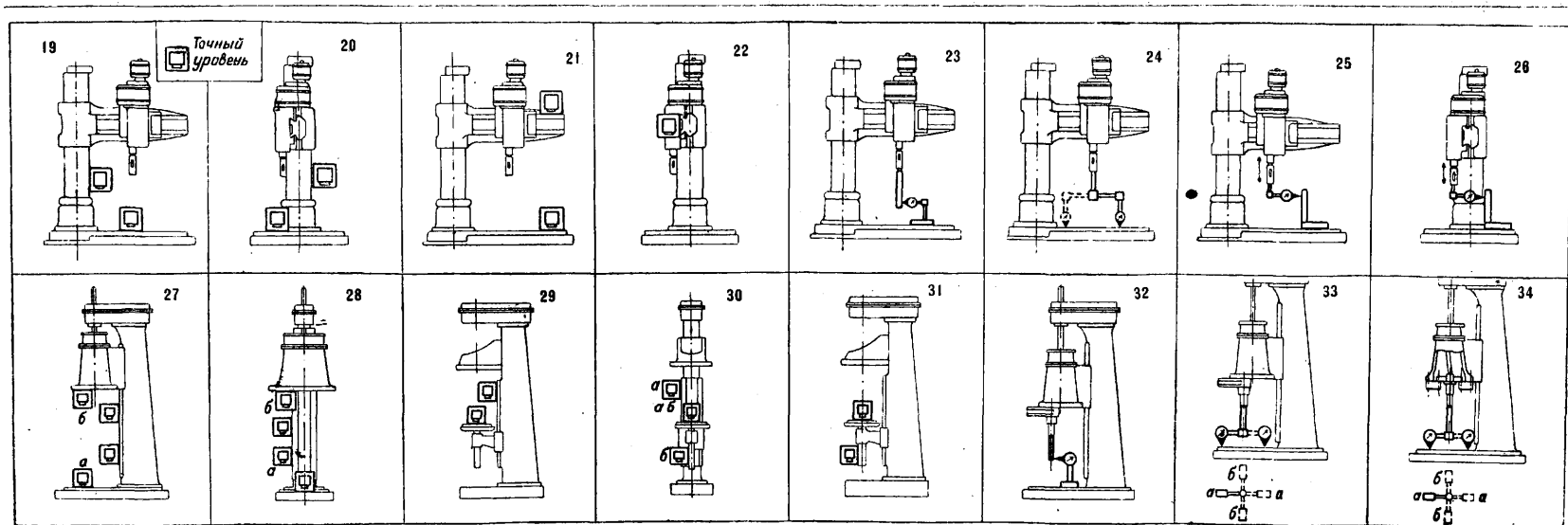


Табл. 6. — Нормы точности радиальных С. с.

Предмет и метод испытания	Допустимая ошибка	№ эскиза
Перпендикулярность колонны к рабочей поверхности плиты или стола в продольной плоскости станка		
а) для С. с. с рукавом до 1 400 мм длиной	$0 \pm 0,2$ мм на 1 000 мм *1	19
б) то же, но с рукавом > 1 400 мм длиной	$0 \pm 0,3$ мм на 1 000 мм *1	19
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,1$ мм на 1 000 мм	20
Параллельность рукава и рабочей поверхности плиты		
а) для С. с. с рукавом до 1 400 мм длиной	$0 \pm 0,2$ мм на 1 000 мм *2	} 21
б) для С. с. с рукавом > 1 400 мм	$0 \pm 0,3$ мм на 1 000 мм *2	
Отвесность направляющих рукава	$\pm 0,1$ мм на 1 000 мм	22
Биение шпинделя на дорне в 300 мм длиной	$\pm 0,03$ мм	23
Перпендикулярность шпинделя к рабочей поверхности плиты или стола в продольной плоскости станка	$0 \pm 0,2$ мм на 1 000 мм *3	} 24
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,1$ мм на 1 000 мм	
Перпендикулярность движения шпинделя к поверхности плиты или стола в продольной плоскости станка		
Инструменты—угольник и мерный индикатор	$0 \pm 0,1$ мм на 300-мм хода шпинделя *3	25
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,05$ мм на 300 мм	26
Точность и жесткость станка при нагрузке шпинделя силой, соответствующей максимальному diam. сверла согласно табл. 3. Максимальное допустимое отклонение рукава при крайнем положении шпиндельных салазок (рукав на половине высоты колонны). Фундаментная плита д. б. приболочена к основанию и подлита цементом	$\pm 1,5$ мм на 1 000 мм длины рукава	—

При всех испытаниях кроме последнего рукав должен находиться на половине высоты колонны, а шпиндельные салазки—на середине рукава.
 *1 Колонна м. б. наклонена лишь вперед. *2 Свободный конец рукава д. б. наклонен вниз. *3 Нижний конец шпинделя д. б. наклонен к колонне.

Табл. 7. — Нормы точности многошпиндельных вертикальных сверлильных станков.

Предмет и метод испытания	Допустимая ошибка	№ эскиза
Перпендикулярность направляющих шпиндельной головки с плоскостью рабочего стола в продольной плоскости станка	$\pm 0,03$ мм на 300 мм	27,а
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,03$ мм на 300 мм	28,а
Перпендикулярность направляющих шпиндельной головки и опорной поверхности шпиндельных линеек в продольной плоскости станка	$0 \pm 0,06$ мм на 300 мм *1	27,б
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,03$ мм на 300 мм	28,б
Перпендикулярность направляющих кронштейна и рабочей плоскости стола (у машины с подвижным столом) в продольной плоскости станка	$0 \pm 0,05$ мм на 300 мм *2	29
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,03$ мм на 300 мм	30,а
Перпендикулярность направляющих стола и его рабочей плоскости в продольной плоскости станка	$0 \pm 0,04$ мм на 100 мм *2	31
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,02$ мм на 100 мм	30,б
Биение шпинделя при среднем положении шпиндельной линейки		
а) для машин с конусом Морзе до № 2—на дорне в 100 мм длиной	$\pm 0,03$	} 32
б) для машин с большими конусами—на дорне в 300 мм длиной	$\pm 0,05$	
Перпендикулярность оси вращения шпинделей к рабочей поверхности стола		
а) для машин с передвижными шпиндельными подшипниками в линейках	$0 \pm 0,07$ мм на 100 мм	33,а
б) для машин с неподвижными шпиндельными подшипниками в плитах	$0 \pm 0,03$ мм на 100 мм *3	34,а
То же в перпендикулярной плоскости		
случай (а)	$\pm 0,07$ мм на 100 мм	33,б
случай (б)	$\pm 0,03$ мм на 100 мм	34,б

*1 Направляющие м. б. наклонены лишь на перед. *2 Стол м. б. наклонен лишь передней частью вверх.
 *3 Шпиндели м. б. наклонены лишь нижним концом к станине.

Табл. 8. — Нормы точности горизонтально-сверлильных станков с неподвижной стойкой и подвижными шпиндельными салазками.

Предмет и метод испытания	Допустимая ошибка для станков со шпинделем diam. ≥ 80 мм	Допустимая ошибка для станков со шпинделем diam. > 80 мм	№ эскиза
Прямолнейность направляющих стола . . .	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	35,а
Горизонтальность направляющих стола в перпендикулярном направлении	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	35,б
Прямолнейность поперечных направляющих	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,01$ мм на 1 000 мм	36,а
Горизонтальность поперечных направляющих в перпендикулярном направлении	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	36,б
Плоскость поверхности стола (допускается лишь вогнутость)	$0 \div 0,02$ мм на 1 000 мм	$0 \div 0,03$ мм на 500 мм	37
Наклонение стола при продольном перемещении (в направлении а и б)	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	38
То же в поперечном направлении	$\pm 0,01$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,05$ мм на 1 000 мм	38
То же при вращении	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	38
Перпендикулярность главной стойки к продольным направляющим стола в плоскости шпинделя	$0 \div 0,02$ мм на 1 000 мм *1	$0 \div 0,03$ мм на 1 000 мм *1	39,а
То же в перпендикулярной плоскости	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,03$ мм на 1 000 мм	40
Перпендикулярность вспомогательной стойки к продольным направляющим стола в плоскости шпинделя	$\pm 0,02$ мм на 1 000 мм	$\pm 0,05$ мм на 1 000 мм	39,б
То же в перпендикулярной плоскости	$0 \div 0,02$ мм на 1 000 мм *2	$0,05$ мм на 1 000 мм *2	41
Биеение инструментального конуса шпинделя при вдвинутом шпинделе. Инстр.—диск 300 мм и мерный индикатор	$\pm 0,02$ мм	$\pm 0,02$ мм	42
Биеение шпинделя, выдвинутого на 300 мм	$\pm 0,03$ мм	$\pm 0,03$ мм	43
Биеение планшайбы или патрона в радиальном направлении	$\pm 0,01$ мм	$\pm 0,015$ мм	44,а
То же в аксиальном направлении	$\pm 0,01$ мм	$\pm 0,01$ мм	44,б
Перпендикулярность шпинделя к направляющим главной стойки	$0 \div 0,02$ мм на 1 000 мм *3	$0 \div 0,03$ мм на 1 000 мм *3	45
Параллельность шпинделя столу в вертикальной плоскости	$\pm 0,03$ мм на 500 мм	$\pm 0,03$ мм на 500 мм	46
Параллельность шпинделя движению стола в вертикальной плоскости	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	47,а
То же в горизонтальной плоскости	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	47,б
Перпендикулярность шпинделя к направляющим поперечных салазок стола	$\pm 0,02$ мм на 800 мм	$\pm 0,04$ мм на 800 мм	48
Перпендикулярность Т-образных канавок стола к оси вращения шпинделя при столе, закрепленном в нулевом положении пальцем или защелкой	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	49
Параллельность Т-образных канавок стола направлению движения шпинделя при столе, повернутом на 90° и закрепленном	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	$\pm 0,02$ мм на 500 мм	50
Совпадение оси подпорного подшипника вспомогательной стойки с осью шпинделя в горизонтальной плоскости при среднем по высоте положении шпиндельной каретки	$\pm 0,02$ мм	$\pm 0,03$ мм	51
То же, но в вертикальной плоскости; установка д. б. выполнена подъемом каретки и подпорного подшипника	$\pm 0,02$ мм	$\pm 0,03$ мм	52

*1 Допускается лишь наклон стойки верхом к столу.

*2 Допускается наклон в том же направлении, что

Сочетание автоматич. двухшпиндельного С. с. с автоматич. поворотным столом, подводящим после каждого обратного хода новый обрабатываемый предмет под рабочий шпиндель, изображено на фиг. 31.

Табл. 9.— Подача в мм/об. шпинделя и давление на шпиндель (при сверлении стали прочностью 50—60 кг/мм²).

Диам. сверла в мм	Подача	Давление на шпиндель в кг	Диам. сверла в мм	Подача	Давление на шпиндель в кг
5	0,10	100	45	0,41	1 650
10	0,18	200	50	0,45	1 850
15	0,24	350	55	0,47	2 100
20	0,29	550	60	0,48	2 300
25	0,33	750	65	0,49	2 550
30	0,37	950	70	0,50	2 750
35	0,40	1 200	75	0,51	3 000
40	0,42	1 400			

Проверка точности С. с. совершается по нормам, приведенным выше в табл. 4—8. В основу положены величины подачи и давление подачи на шпиндель, приведенные в табл. 9.

Лит.: Современные американские станки в автотракторном производстве. Сбор. под ред. А. Бриткина. ч. 4, Зуборезные и многошпиндельные сверлильные и нарезающие станки, М.—Л., 1932; Schlesinger G., Die Bohrmaschine, ihre Konstruktion und ihre Anwendung, В., 1925; В l ü c h e r H., Antrieb und Vorschubgetriebe für Bohrmaschinen, «Maschinenbau», В., 1930, В. 9, Н. 7; W ü s t e r W., Hochleistungsbohrmaschinen, «Werkzeugmaschinen», В., 1929, Jg. 33, Н. 6; B r a n d l, Die Gegenbohrmaschine, «Werkstattstechnik», В., 1931, Jg. 25, Н. 1; Schlesinger G., The Inspection a. Testing of Machine Tools, «Machinery», L., 1932, v. 40, 1925. 1028; Schmidt B., Vollautomatische Schnellbohrmaschine, «Werkzeugmaschinen», В., 1929, Jg. 33, Н. 3; O b e r g e i t A., Drehscheiben Bohrwerk, ibid., Н. 3; Baush Electric Center Feed Drilling Unit, «American Machinist», L., 1931, v. 75, 7; H ü l l e F., Bemerkenswerte Bauarten v. Werkzeugmaschinen, «Ztschr. d. VDI», 1925, В. 69, 8; D i n n e n b i e r J. u. S c h m i d t B., Automatisierung der Bohrererei, «Werkzeugmaschinen», В., 1930, Jg. 34, Н. 5. Л. Павлушков.

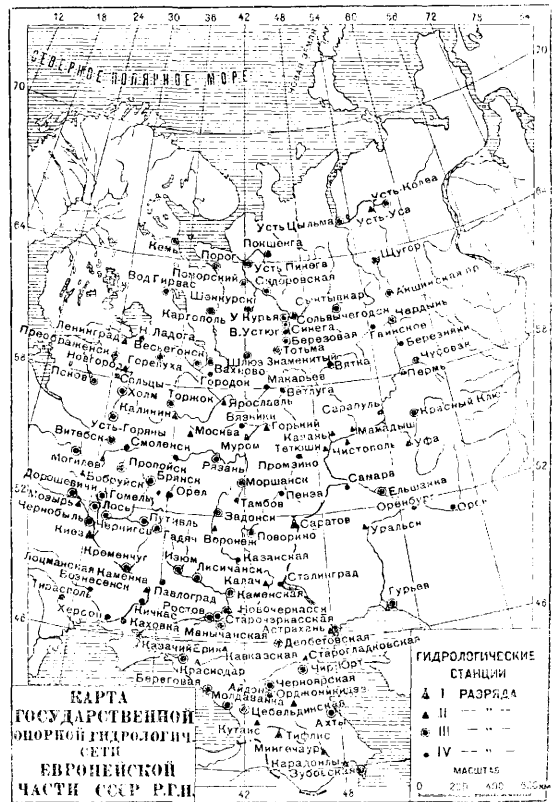
СТАНКИ СТРОГАЛЬНЫЕ, см. Строгальные станки.

СТАНКОСТРОЕНИЕ, см. Части станков.

СТАНЦИЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ, пункт производства систематических водомерных наблюдений, учащенных измерений расходов и других характеристик режима водотоков. Исследования, производимые С. г., имеют задачей учет элементов, характеризующих водные потоки с количественной стороны, для получения надежной базы рационального решения вопросов водного хозяйства, проектирования гидротехнических сооружений и получения материалов для более широких научных обобщений в области гидрологии. С. г. состоит из одного или нескольких участков водотока, на к-рых в течение года или ряда лет производится систематич. гидрометрич. наблюдения и работы. С. г. с циклом наблюдений свыше 2 лет называются основными и с циклом не менее года — временными. При исследовании рек значительного протяжения в дополнение к основным и временным С. г. организуются объезды с производством наблюдений в характерных пунктах реки между С. г. Станции гидрометрические, в программу к-рых включены специальные гидрологич. исследования (над фактором стока, русловыми процессами, донным льдом и т. д.), иногда называют гидрологическими станциями. Для получения непрерывных и долголетних из-

ных и важных участках Гос. гидрологич. ин-том установлена сеть опорных С. г. Имея долголетние наблюдения на опорных С. г., можно получить вероятные устойчивые характеристики режима для данного пункта на реке, расположенной в условиях, аналогичных какому-либо из опорных пунктов, поставив для связи 2—3-годовые гидрологические наблюдения на данном пункте. Наблюдения на опорной сети С. г. являются основными для изучения гидрологии как отдельных районов, так и всего СССР.

По характеру своей работы пункты опорной сети разделяются на 4 разряда: станции IV разряда с наблюдениями, требующими персонала без специальной подготовки, III разряда с наблюдениями, требующими для их ведения подготовленных наблюдателей, II разряда с более сложными наблюдениями, требующими участия специалистов, оборудованные обычно самошпицующими приборами для водомерных наблюдений, но не производящие методологич. работ и научных исследований специального характера, и наконец С. г. I разряда, всесторонне изучающие режим водных объектов и требующие постоянного участия в работе ученых специалистов. Территориальное распределение станций опорной сети по Союзу показано на фиг. 1 и 2. В программу наблюдений времен-



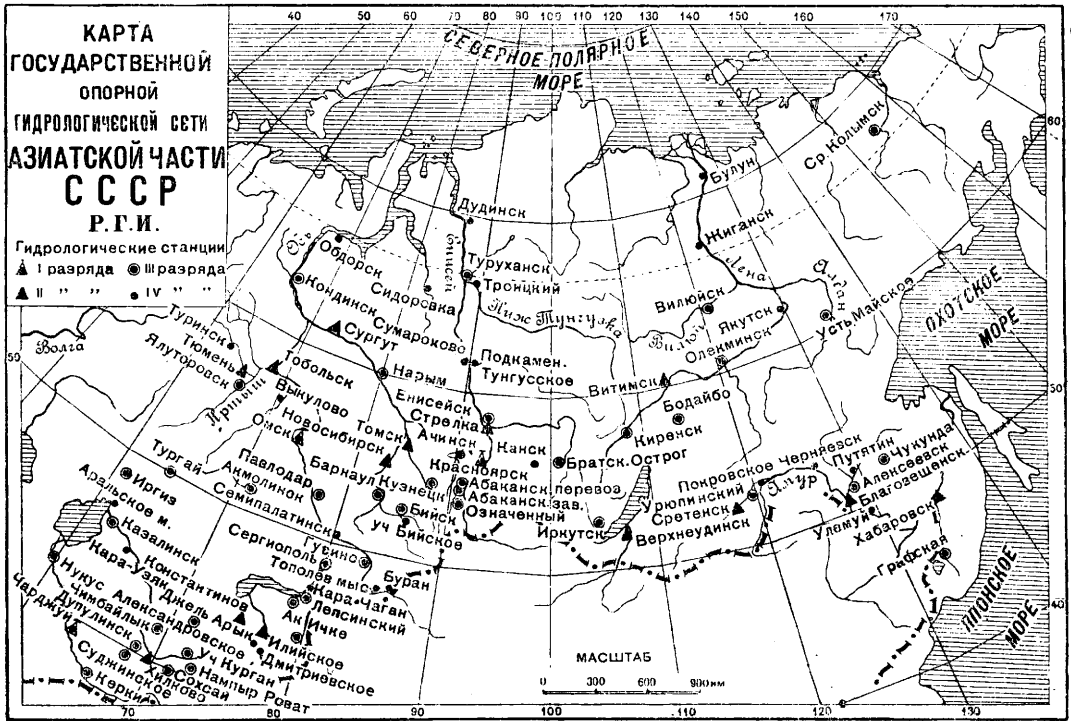
Фиг. 1.

пой С. г. входят: наблюдения над колебаниями уровня, определение расходов, наблюдения над температурой воды и воздуха, зимним режимом, направлением струй течения; иногда программе дополняют следующими вопросами, обязательными кроме вышеуказанных для основных

ными потоком, атмосферными осадками, испарением и снежным покровом. Главнейшими работами на С. г. являются водомерные наблюдения и определение расходов, что дает возможность установить зависимости между горизонтами и расходами (кривая секундного расхода) и определять величины стока. К этим основным работам в зависимости от заданий и условий режима изучаемого объекта добавляются дополнительные работы, из которых чаще имеют место: изучение изменения уклонов деформации русла и коэффициента его шероховатости, наблюдения над грунтовыми водами, мерзлотой грунта и т. п. Часто кроме того С. г. имеют специальные задания, напр. обслуживание нужд судоходства, предсказание наступления паводков и пр. Если в районе исследуемой реки или озера не имеется метеорологич.

в Киеве имеет главный профиль вниз по Днепру в $2\frac{1}{2}$ км от города и весенний профиль (высоких вод) — у Дарницкого ж.-д. моста; иногда оборудуются отдельные створы для измерения расходов при открытом русле и под ледяным покровом. Участок для определения уклонов носит название уклоного поста, служа для изучения изменения уклонов и определения коэф-та шероховатости.

Общим требованием, связывающим отдельные участки одной и той же С. г., должно быть прохождение через них одного и того же расхода. С. г. располагаются в наиболее характерных пунктах исследуемого района. На протяжении изучаемой реки д. б. не менее 2 основных С. г., располагаемых одна в верхнем, вторая в нижнем течении. В дельтах рек основную станцию располагают на коренном русле до разделения:



Фиг. 2.

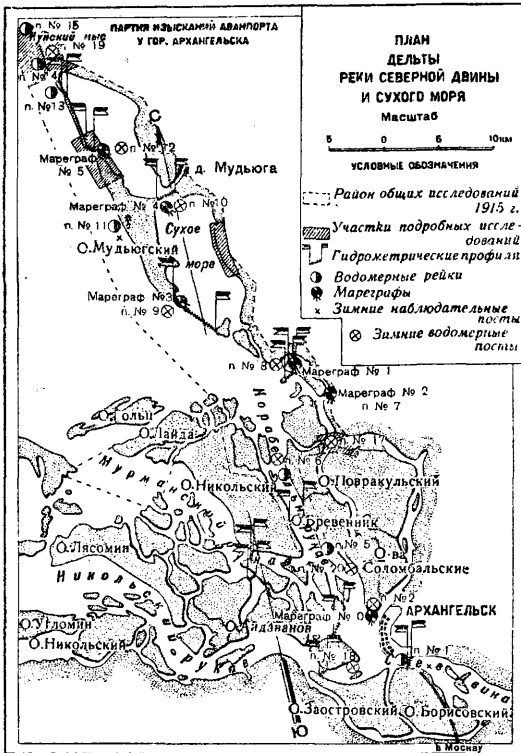
станций или число их незначительно и они отделены, то весьма целесообразно при основных С. г. организовать дополнительные метеорологические наблюдения над давлением, температурой и влажностью воздуха, силой и направлением ветра, облачностью, осадками и испарением. С. г. образуют несколько участков, расположенных вместе или отдельно; из них важнейшие: участок основного водомерного поста, участок для измерения расходов, участок для определения уклонов.

Водомерный пост служит преимущественно для установления хода колебаний уровней воды, являясь основой гидрометрич. наблюдений (см. *Водомерные наблюдения*). Пункты на водотоках, служащие для производства измерений расходов, называются гидрометрическими створами или профилями (иногда расходами постами). Часто С. г. имеют 2 створа: один для высоких, другой для средних и низких вод, напр. С. г.

на рукава и по одной станции на главнейших рукавах. Для лучшей связи расходных измерений с водомерными наблюдениями С. г. желательно устраивать вблизи постоянных водомерных постов с многолетними наблюдениями или в местах определения расходов (створах). При назначении мест С. г. принимают во внимание наиболее значительные притоки, устраивая станции в районе их впадения, если позволяют условия для выбора места под С. г. Целесообразно устраивать С. г. вблизи населенных пунктов и нахождения метеорологич. станций. Число С. г. в бассейне устанавливается в зависимости от наличных средств, задач исследования, характера речной сети и размеров бассейна. При общем изучении режима гидрометрические станции равномерно распределяют по бассейну в отдельных характерных его районах. На фиг. 3 приведен пример расположения С. г. в дельте р. Сев. Двины и на фиг. 4 — в бассейне р. Волхова и его притоков.

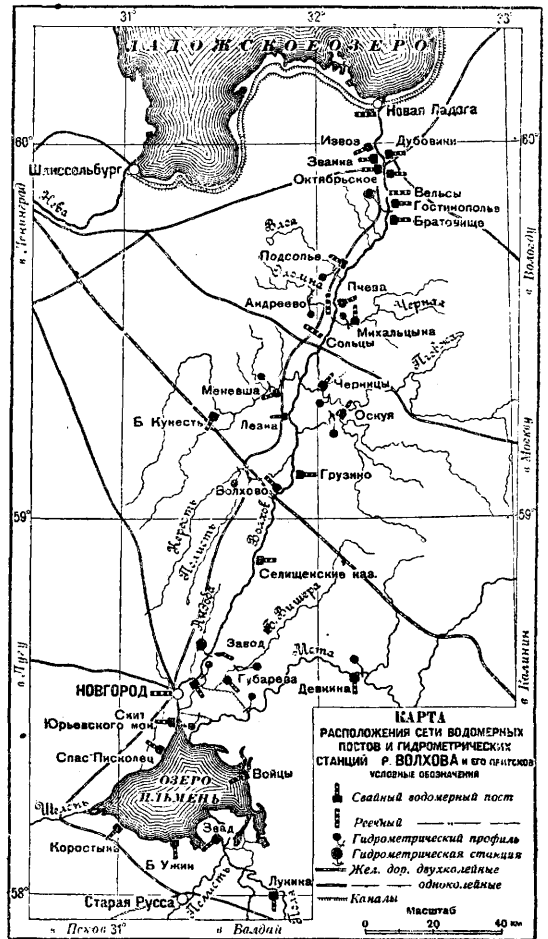
Приступая к устройству С. г., предварительно определяют районы их установки по имеющейся подробной карте; далее в намеченных

где пойма не имеет широкого разлива и очень крутых и излишне пологих берегов; г) избегая устраивать их на поворотах рек и в непосредственной близости от устьев притоков; д) в местах, защищенных от подмыва берегов, ледохода и действия наносов; е) в местах, где нет скопления людей, причала судов, купален и пр. Гидрометрич. створы (профили) располагают: а) при меандрической форме русла на наиболее устойчивом прямом его участке, где река меняет свою кривизну, б) вблизи перекаток несколько выше их, в) нормально к течению. г) с симметричной корытообразной формой русла при всяких горизонтах воды, д) в местах с параллельноструйным течением без вихрей и обратных струй, е) в местах с гладкими и ровными дном и берегами. Неустойчивая форма русла препятствует измерению расхода, поэтому в США часто для достижения правильного измерения расходов в течение длительного периода времени закрепляют живое сечение створа, обделывая его берега или сооружая ниже створа специальный бетонный порог (контрольное сечение). Каждая гидрометрическая станция должна иметь особый детально заполняемый технический список, характеризующий



Фиг. 3.

районах после осмотра на месте производят при низкой воде рекогносцировочные обследования, затем после выбора места делают вверх и вниз от него на тройную ширину реки точную съемку участка в масштабе 1 : 1 000—1 : 5 000 с горизонталями и изобатами (линии равных глубин) через 0,5—1 м, после чего выбирают места расположения водных постов, приборов и пр. Наметив на основании приведенных выше общих соображений примерные пункты расположения С. г., окончательно устанавливают места их устройства, руководствуясь условиями пригодности участка для установки С. г. Участок должен иметь правильную в поперечном сечении и прямолинейную в плане форму русла, устойчивый характер русла и берегов, достаточную длину 1—3 ширины реки, однообразную шероховатость и уклон скорости в межень не ниже 0,15 м/сек и в паводок не выше 3 м/сек. Участок не должен иметь препятствий, нарушающих правильное распределение струй в потоке, при отсутствии подпора от соседних участков, затворов и образования донного льда в зимнее время. Обычно бывает затруднительно найти естественный участок, полностью удовлетворяющий поставленным требованиям, поэтому определяют расположение водных постов от створов, устраивая их в разных местах. При выборе места под основные водомерные посты необходимо располагать таковые: а) вне действия подпора, причем падение реки (см.) между постом и низовым пунктом источника подпора д. б. вдвое больше величин подпора; б) в местах без нагона и стога воды ветром; в) на участках,



Фиг. 4.

ее со времени постройки, развития и в течение всего эксплуатационного периода.

Водомерные посты простых типов, применяемые на С. г., обычно бывают свайные, речные и

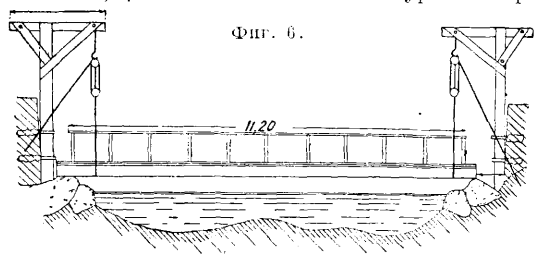
редко смешанные (см. *Водомерные наблюдения*). Из специальных типов постов на основных С. г. обычно применяется поплавокный водомерный пост (фиг. 5) с колодцем, устроенный по берегу, имеющий ценные преимущества: непрерывность наблюдения в течение круглого года, отсутствие влияния волнения воды на показание прибора, защищенность поста от повреждения сплавами, ледо-



Фиг. 5.

ходом. Недостатками этого поста являются: необходимость частой очистки от ила и сравнительно высокая стоимость. На С. г. I и II разрядов в колодцах устанавливаются лимнографы, дающие непрерывную запись колебания уровня.

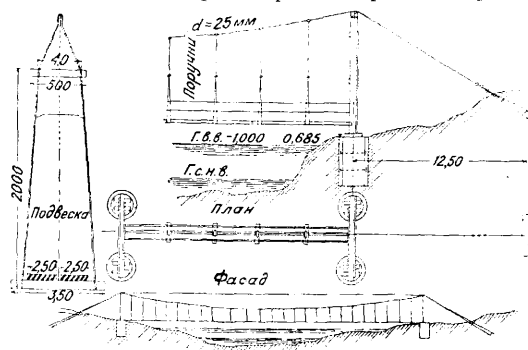
Оборудование гидрометрич. створа С. г. изменяется в зависимости от ширины реки, гидродинамических свойств потока и программы работы станции. При работе поплавками оборудование наиболее простое, при работе же более точными приборами, требующими измерений на постоянных вертикалях живого сечения, оно усложняется. Оборудование створа должно давать возможность установить прибор на всех вертикалях и спокойно вести наблюдения в течение необходимого промежутка времени (см. *Пульсация*). Измерение скоростей на узких потоках с бурным течением, резким колебанием уровня производится с гидрометрич. перекидных и подвесных мостиков. При ширине потока до 15 м целесообразно применение деревянного мостика, поддерживаемого 2 тросами, подвешенными к сооруженным по берегу стойкам (фиг. 6). Этот мостик м. б. установлен на любом уровне в зависимости от колебания горизонта воды. При ширине реки до 50 м устраивают подвесные мостики на 1—2 тросах. На фиг. 7 показан мостик этого типа сист. инж. Терскова, применяемый в Ср. Азии. На реках с высокими крутыми берегами, быстрым течением, резкими колебаниями уровня при-



Фиг. 6.

меняют подвесные люльки, передвигающиеся по тросу. На малых реках с тихим течением иногда работают с лодок. В этом случае удобно приборы опускать на тросе через блок с выноса, укрепленного на носу лодки. Лодка обычно удерживается на месте измерения за створный трос; при более значительном течении и глубине она удерживается вторым тросом, натянутым параллельно створному, или наконец двумя оттяжками с концами, закрепленными на берегах. На реках более значительной ширины удобной является работа с понтонов, передвигающихся по тросу на створе

профиля. Понтон обычно состоит из 2 лодок, скрепленных поперечинами, поверх к-рых кладется дощатый настил, с к-рого ведется работа. Расстояние между лодками во избежание образования между ними подпора, влияющего на работу приборов, берется больше двойной ширины погруженной части лодок. Трос, по которому передвигается пором, пропускается через 2 пары блоков-роликов, установленных на пороге; изготовляется из оцинкованной стали диам. 8—20 мм и по длине должен превышать до 100% ширину реки; на одном берегу реки он закрепляется наглухо, наматываясь на другом на барабан лебедки. Передвижение порома по тросу производится вручную. При больших скоростях перемещение порома можно осуществить непосредственно силой течения, устранив его в виде «порома-самолета», при котором по тросу движется блок с петлей, соединенный тросом с поромом. Действуя рулем, придают порому необходимое положение для его перемещения поперек реки. Применение порома, ходящих по тросу, ограничивается шириной реки до 400 м, свыше которой применяются понтоны, устанавливаемые на завешенных выше створа якорях. На реках шириной



Фиг. 7.

в несколько км работа может производиться только этим способом, причем для завозки якорей и перемещения понтона применяют специальные лодки и пароходы; эти работы, занимающие много времени, требуют опытного персонала; при постоянных работах на значительных реках порома достигают солидных размеров, с помещением для жилья. Измерение расхода на С. г. при образовании ледяного покрова производится непосредственно со льда. Для обеспечения удобной работы применяются будки-теплушки, передвигающиеся на полозьях конной тягой, с отверстием в полу для опускания инструментов в пробиваемые по створу проруби-лунки. При недостаточной толщине и прочности льда удобно и целесообразно применение палаток. Место и оборудование С. г. для работы на каналах, трубопроводах и других искусственных водотоках имеют обычно стационарный характер.

Каждая С. г. кроме водного поста и створа должна иметь еще уклонный пост для определения уклона поверхности воды, а также специальное оборудование в зависимости от программы работ станции (метеорологич. приборы для учета наносов и пр.).

Для испытания гидрометрич. приборов (преимущественно вертушек, батометров) и установления коэф-тов, характеризующих их работу, их подвергают тарировке на особых т а р и р о в о ч н ы х С. г. Тарировка, основан-

движений приборов (вертушек и пр.) с различными равномерными скоростями в стоячей воде в тарировочных бассейнах С. г. Тарировочные бассейны устраиваются или в виде длинного прямоугольного канала прямоугольного сечения, вдоль к-рого перемещается по рельсам тележка с закрепленным на ней прибором, или кольцевого канала с неподвижной осью и прибором, прикрепленным к выносу стрелы, закрепленной на оси и движущейся по окружности. Круговые бассейны, более простые оборудованием, дают менее точные результаты, так как возможно движение массы воды вслед за перемещаемым прибором. До Октябрьской революции С. г. находились преимущественно в ведении министерств путей сообщения, земледелия и государственных имуществ. Наблюдения на отдельных станциях МПС начаты с 1880 г. В 1912 г. число организованных С. г. превысило 50. В 1931 г. общее число С. г. в СССР достигло 300.

Лит.: Аполлов Б. и Лукашин М., Практическая гидрометрия твердого расхода потоков, Тифлис, 1929; Белкова Е., Инструкция по гидрометрическим исследованиям в связи с мелiorативными работами, «Технический комитет по делам водного хозяйства», М., 1930; Близняк Е., Производство исследований рек, озер, водоразделов, М., 1930; Владычанский В., Гидрометрия, 2 изд., Ташкент, 1924; Гириллович Н., Гидрометрия, Л., 1932; Коллупайло С., Гидрометрия, М., 1918 (литограф. ленини, приведен обширный список литературы); Колосов С. и Ирнчев В., Список постов и станций основной гидрометрии сети Ср. Азии, Ташкент, 1928; Огневский А., Производство основных гидрометрических работ, Киев, 1930; Огневский А. и Ошпиков А., Гидрометрия, Киев, 1930; Liddell W., Stream Gaging, N. Y., 1927; Ott L., Instrumentenkunde d. praktischen Hydrometrie, Kempten-Allgäu, 1931; Parker P., The Control of Water, L., 1925; «Известия государственного гидрологич. ин-та», Л., 1921; Вальман В., Гидрометрия, исследования в бассейне р. Волхова и его бассейна, «Материалы по исследованию р. Волхова и его бассейна», Л., 1926, вып. 6; Калинин В., Гидрометрия, работы на реках Ильменского бассейна в 1923—25 гг., там же, Л., 1927, вып. 13; Иогансон Е., Зимний режим р. Волхова и его бассейна и оз. Ильмень, там же, 1927, вып. 14; Глушков В., Условия, каким должно удовлетворять расположение гидрометрич. поста, «Гидрометрическая часть в Туркестанском крае», СПб., 1912, вып. 9; Копылов Н., Основная гидрологич. сеть, «Труды 2-го гидрологич. съезда», ч. 2, Л., 1925; Лукашин М., Государственная опорная гидрологич. сеть, «Труды 1-го гидрологического съезда», Л., 1925; Ляхинский В., Общие основания улучшения судосходных условий устьев рек, подверженных действию морских приливов, и необходимых при этом исследований, «Труды отдела торговых портов», П., 1918, вып. 11; Временная водомерная инструкция, Л., 1931 (дан список литературы); Временная инструкция по устройству гидрометрических станций, постов и воденной работы на них, «Труды Среднеазиатского О. И. В. Х.», Ташкент, 1929, вып. 6; Якуковский И., Инженерно-гидрологическая станция, Сборник Гидрометрического ин-та НКПС, М., 1930, 2; «Отчеты гидрометрической части», Отчет за 1910 г., 2 тома, СПб., 1911; там же, Отчет за 1911 г., 2 тома, СПб., 1912; там же, Отчет за 1912 г., 7 томов, СПб., 1913; там же, Отчет за 1913 г., 6 томов, П., 1915; Отчеты за 1910—12 гг., Отчеты гидрометрической части, задание отдела земледельных улучшений гос. Управления земледелия и землеустройства при Водном управлении Кавказа, Тифлис, 1913, ч. 1—3; там же, Отчеты за 1913 г., Тифлис, 1915, ч. 1—3; Инструкция для производства работ на постоянных гидрометрических станциях, СПб., 1914; Санаан Н., Wassermessungen bei Grosskraft (в книге Wasserkraft-Jahrbuch), 1930, 5 Jg., Mch., 1931; Handb. Ing., Teil 3, Der Wasserbau, B. 1, Die Gewässerkunde, 5 Aufl., 1923. С. Каплинский.

СТАНЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ, см. *Железнодорожные станции.*

СТАНЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ, организация, служащая для производства систематич. наблюдений над различными метеорологич. явлениями в атмосфере, изучающая как эти явления, так и влияние их на окружающие условия. Большая протяженность страны и быстрая изменчивость состояния отдельных

организации целой сети С. м., целесообразно раскинутых по всей исследуемой территории. В зависимости от цели и программы работ сети С. м. разделяются на ряд отдельных типов, напр. сеть климатологич. С. м., синоптических, актинометрических, морских, ж.-д. с.-х., нефоскопических, дождемерных и пр. Однако несмотря на разнообразие задач программу работ С. м. строят т. о., чтобы, выполняя определенные задания соответствующей сети, в то же время С. м. производила нек-рый минимум метеорологич. наблюдений, необходимых для каждого пункта, независимо от намеченных целей и уклонов сети. Кроме общей программы основных наблюдений необходимым условием работы являются однородность методов наблюдений, одинаковость сроков производства их, однородность приборов и однородность методов предварительной обработки собираемого материала. Таким образом сеть С. м. имеет назначением собирать однородного материала наблюдений в большом числе пунктов, что является основой решения ряда научных проблем, касающихся климатич. особенностей страны, и исследования хода динамики процессов, происходящих в атмосфере. В практич. отношении работы эти дают материал для использования естественных производительных сил страны и для повседневного обслуживания практич. запросов разных отраслей народного хозяйства.

Все С. м. можно подразделить на три разряда в зависимости от числа элементов, какие наблюдаются на этих станциях; по мере необходимости в программу отдельных станций включаются те или иные наблюдения, что придает С. м. характер уже специальных станций. На С. м. III разряда программа ограничивается наблюдениями над ветром и осадками. К этому же разряду относятся специальные гидрометрич. посты на реках и водных бассейнах, если они круглый год ведут систематич. наблюдения. В программу работ С. м. II разряда входит производство наблюдений над следующими метеорологич. элементами: 1) давление воздуха, 2) t° воздуха, 3) t° почвы, 4) влажность воздуха, 5) направление и сила ветра, 6) облачность, 7) атмосферные осадки, 8) вскрытие и замерзание вод и 9) разные атмосферные осадки. На С. м. I разряда помимо производства непосредственных наблюдений параллельно по нескольким сериям приборов (с методич. целями) имеется ряд самопишущих приборов, по которым непрерывно регистрируются все изменения, какие происходят в течение времени в отдельных метеорологич. факторах. Сроки производства непосредственных наблюдений установлены одни и те же в строго определенные срочные часы, а именно три раза в день: 7 ч., 13 ч., 21 ч. по местному среднему времени. В СССР все С. м. находятся в непосредственном ведении гидрометеорологич. комитетов СССР, союзных республик и областей. Распределение С. м. разных типов и разрядов по пространству СССР на основании данных ГМК СССР на 1/1 1932 г. представлено в таблице на ст. 911.

В дальнейшем строительстве предусмотрено значительное расширение сети С. м., особенно в колхозах и совхозах. Место установки С. м. должно удовлетворять ряду условий, так как ценность производимых наблюдений зависит от чистоты местных причин. Наблюдения С. м. должны характеризовать собой состояние

Распределение С. м. по СССР.

Республики	Огневые С. м.	Аэрологич. С. м.	С. м. II разр.	С. м. III разр.	Горные С. м.	Высотогер- ные С. м.	Итого
РСФСР	52	75	1 499	1 211	35	2	2 874
УССР	—	14	308	1 414	—	—	1 736
Узб. ССР	5	5	27	51	1	2	91
Туркм. ССР	2	4	23	37	3	1	70
Тадж. ССР	—	—	3	18	4	2	27
БССР	—	2	40	29	—	—	71
Азербайджан	—	1	96	29	9	—	135
Армян. АССР	—	—	6	21	46	5	78
Груз. АССР	—	2	88	45	36	2	173
Всего	59	103	2 090	2 835	134	14	5 255

метеорологич. элементов достаточного района, поэтому площадка для наружных приборов должна занимать открытую и ровную местность с естественными условиями почвенного и растительного покрова, доступную для вентиляции токов воздуха. Инструменты, к-рыми снабжены метеорологические станции, до последнего времени отличались большим разнообразием типов и точности, и только теперь снабжение приборами стандартизуется.

Для определения давления воздуха применяются ртутные барометры (см.): чашечные, сифонные и сифонно-чашечные с делением шкалы на мм, т. ч. с помощью ноннуса можно измерять атмосферное давление с точностью до 0,1 мм. В качестве запасного прибора отсчеты ведутся также по металлическим барометрам (анероидам). Наконец для определения изменений давления воздуха на С. м. службы погоды устанавливают самозаписывающие приборы—барографы (см.). Последние два типа инструментов являются относительными приборами, поправки к-рых определяются при совместных длительных наблюдениях по ртутному барометру. На приборы, измеряющие давление воздуха, оказывает значительное влияние t° , почему эти инструменты помещаются всегда в комнате, причем следят за тем, чтобы изменения в t° были по возможности невелики. Давление воздуха представляет собою элемент, сравнительно мало изменяемый от одного пункта к другому, почему нет необходимости все С. м. снабжать этими приборами.

Для наблюдений температуры воздуха служат: 1) точно проверенный термометр с делениями 0,2°, 2) максимальный ртутный термометр, разделенный на 0,5°, 3) минимальный спиртовой термометр, разделенный на 0,5°, а для одновременного определения влажности воздуха (см.) к указанным приборам добавляется еще 4) второй такой же термометр, как и для измерения t° , с делениями 0,2°, с увлажняемым шариком и 5) волосной гигрометр (см.). Несмотря на кажущуюся простоту производства наблюдений по указанным приборам отсчеты эти особенно ответственные, потому что на показания приборов влияет солнечная радиация, прямая и отраженная, а также излучение от окружающих предметов и присутствие наблюдателя. Эти приборы находятся на метеорологической площадке и защищены от всевозможных влияний тем, что помещены в особой будке, стенки которой состоят из двойных жалюзи. Для определения погрешности и контроля этой установки рекомендуется после

устройства С. м. провести параллельные систематические (в течение одного года) наблюдения по более совершенному прибору для определения t° и влажности—психрометру Асмана. Изменения темп-ры и влажности в течение времени определяются на С. м. с помощью автоматически записывающих вариационных приборов—термографа и гигрографа, к-рые также помещаются в особой будке установленного образца. Термографы бывают следующих типов: 1) ртутный термометр с фотографич. или механич. регистрацией, 2) биметаллич. термометры, 3) бурдоновские трубки, наполненные жидкостью с большим коэф-том расширения, и 4) электрич. термографы, основанные на свойстве тонких платиновых нитей изменять сопротивление под влиянием t° ; записи производятся механич. путем. В гигрографе воспринимающая часть представляет собою пучок волос, длина к-рого изменяется при изменении влажности; запись и в этом приборе производится механич. путем.

Количество атмосферных осадков измеряется дождемером (см.) с особой воронкообразной защитой Нифера для исключения вредного влияния ветра. Особенно важно определить количество зимних осадков на горных С. м., так как здесь находятся истоки рек, орошающих пустынные и полупустынные районы. Запасы воды, содержащиеся в снежном покрове, определяются с помощью измерения толщины снежного покрова и плотности его. Для первой цели устанавливаются на специально выбранной площадке, куда не наносится и откуда не сдувается ветром снег, особые рейки, а для измерения плотности снегового покрова пользуются особыми приборами—снегомерами, принцип устройства к-рых основан на том, что определяется вес известного объема снега. Измерение запасов воды в снеге имеет большое с.-х. и гидротехнич. значение, почему указанные определения производятся не только на самой С. м., но также и в ряде пунктов окружающей местности экспедиционным путем в моменты, наиболее важные для этой цели, особенно перед началом процесса весеннего таяния снегов. Для непрерывной записи осадков на С. м. употребляются самозаписывающие приборы особого типа для жидких и для твердых осадков. Дождеграф Гельмана представляет собою поплавок, к-рый изменяет свое положение под влиянием притока жидких осадков, поступающих из приемного сосуда. Омброграф Рорданца основан на автоматич. определении изменения веса приемника при выпадении снега; прибор этот требует особенно тщательного ухода за собой.

Наблюдения над ветром, его направлением и силой представляют особенно сложную задачу, ибо ветер—наиболее неустойчивый из всех метеорологич. элементов и резко меняется в зависимости от местных влияний. В нек-рых случаях под воздействием чисто местных причин и завихрений приборы дают показания направления ветра, совершенно противоположного господствующему потоку воздуха. Поэтому установка приборов, измеряющих ветер на С. м., требует к себе особенного внимания. Приборы устанавливаются на высоком столбе, выше всех окружающих предметов. Дальнейшая застройка вокруг С. м. разрешается лишь по предварительном согласовании с органами Единой гидрометеорологич. службы. Для непосредственных отсчетов эле-

ментов ветра служит анемометр сист. Вильда, состоящий из флюгера, устанавливающегося вдоль потока воздуха и т. о. показывающего направление, откуда дует ветер. В этом же приборе имеется пластинка определенного размера и веса, к-рая постоянно находится перпендикулярно к потоку и отклоняется под действием этого потока от вертикального положения. Этот угол отклонения служит мерою силы ветра. Соотношение между давлением ветра p , его плотностью ρ и скоростью v определяется выражением: $p = kv^2$, где k —постоянная инструмента. Для более точного отсчета средней скорости ветра на С. м. применяется анемометр сист. Робинсона, к-рый представляет собою крест, расположенный в горизонтальной плоскости на оси вращения; полусферич. чашки, направленные выпуклыми поверхностями в одну и ту же сторону, укреплены на концах креста. Под действием ветра весь крест с чашками приходит в б. или м. быстрое вращение в зависимости от скорости ветра. Упомянем еще об анемометре сист. Дайнса, устройство которого основано на том принципе, что если открытая трубка помещена в воздушном потоке, то возникает разность давлений внутри трубки и вне ее (обычно называется статич. давлением) в зависимости от квадрата скорости потока. Манометр, соединенный с трубкой, обнаруживает это давление, и следовательно можно определить и скорость ветра. Преимущество указанной системы заключается гл. обр. в том, что с таким прибором можно измерить мгновенную, а не среднюю скорость. На С. м. имеются также ручные анемометры, служащие для контроля станционных установок и производства наблюдений в полевых условиях (анемометрическая разведка). С. м. типа обсерватории и нек-рые специальные С. м. снабжены самописцами-анемографами—приборами, очень сложными и требующими тщательного ухода. Из этих приборов укажем анемометр Мунро или Рорданца с механической регистрацией и электрические анемометры сист. Фрейберга-Ришара.

Наблюдения над температурой почвы на С. м. производятся с помощью обычных термометров небольшой точности (до $0,5^\circ$), а также максимальными и минимальными термометрами, причем эти приборы располагаются на поверхности почвы. Для измерения t° на глубине употребляются или коленчатые термометры без оправы сист. Савинова или термометры Шукевича в эбонитовых оправках. Еще на больших глубинах устанавливают вытяжные почвенные термометры. На специальных с.-х. С. м. устанавливают несколько серий почвенных термометров.

Испарение воды в естественных условиях измеряют с помощью испарителя Рыкачева—с почвы и прибором Любославского—с поверхности водоемов. Весовой испаритель Вильда, установленный в специальной будке, имеет лишь относительное значение.

Для определения продолжительности сияния солнца на С. м. применяют гелиографы Кемпбеля-Стокса или Величко. В первом приборе запись получается на разграфленной ленте из темносинего картона, помещенной сзади стеклянного однородного шара, т. ч. лучи солнца фокусируются на ленте и прожигают ее во время солнечного сияния. Прибор Величко состоит из полого цилиндра с тремя щелями, внутри закладывается ферро-прусска-

новая бумага с соответствующими вырезами. После проявления на ленте легко отсчитать время сияния солнца и продолжительность сияния. Имеется ряд типов приборов для измерения величины солнечной радиации, применяемых на С. м. Из них отметим прежде всего наиболее простой радиационный термометр, представляющий собою обычный термометр, термометрич. сосуд к-рого (шар в приборе Араго-Девы и полусфера в инструменте Калитина) зачернен и находится в пустоте. Специальные актинометрич. С. м. снабжаются *пиргелиометром* (см.) сист. Михельсона—прибором, весьма удобным как для наблюдений на станциях, так и в экспедиционных условиях. Инструмент этот позволяет определять с большой степенью точности величину прямой солнечной радиации. В качестве самопишущих приборов обычно пользуются *актинографом* (см.) сист. Савинова.

Наблюдения над движением облаков производятся с помощью *нефоскопа* (см.) Бессона, который представляет собою род грабель, устанавливаемых вдоль движения наблюдаемого облака, причем измеряется время прохождения отмеченной точки облака между отдельными стержнями на приборе. Количество облаков обычно определяется на-глаз, а вид облачного покрова по специальному атласу.

Особый тип С. м.—это *аэрологические станции*, на к-рых производятся исследования состояния атмосферы в б. или м. высоких слоях. Самый простой тип аэрологич. станций—*пилотные*, к-рые имеют целью производство наблюдений над направлением и силой ветра с помощью небольших воздушных шаров-пилотов, наполняемых водородом и поднимающихся без всяких приборов в высоту. Визируя через равные промежутки времени шар-пилот теодолитом и производя отсчеты вертикального и горизонтального кругов, можно вычислить значения искомым элементов на разных высотах. Результаты получаются более точными при наблюдениях с двух точек, находящихся друг от друга на определенном расстоянии (базис) и соединенных между собой телефоном. Полный цикл аэрологич. наблюдений на станции заключает в себе измерение t° , влажности, облачности и элементов ветра на различных высотах. Облачность определяется с земли обычным путем, остальные же наблюдения производятся особыми самопишущими приборами—*метеорографами* (см.). В этом приборе на одном и том же вращающемся барабане получаются записи изменений температуры, влажности и давления, а в некоторых метеорографах (змейковых) записывается также и скорость ветра. Раньше метеорографы помещались в особой корзинке, прикрепленной к свободному шару с водородом (баллон-зонд). На нек-рой высоте оболочка шара разрывалась и метеорограф с записями приборов приходилось разбивать, где он упадет. В настоящее время для подъемов метеорографов предпочтительнее пользуются или самолетами или особыми воздушными змеями.

На морских С. м. помимо метеорологич. элементов производятся также наблюдения над состоянием моря— t° воды, уровнем, течениями, волнением, прозрачностью и пр.

Лит.: Руководство метеорологич. станций II разр. Л., 1928. В. Пришлов.

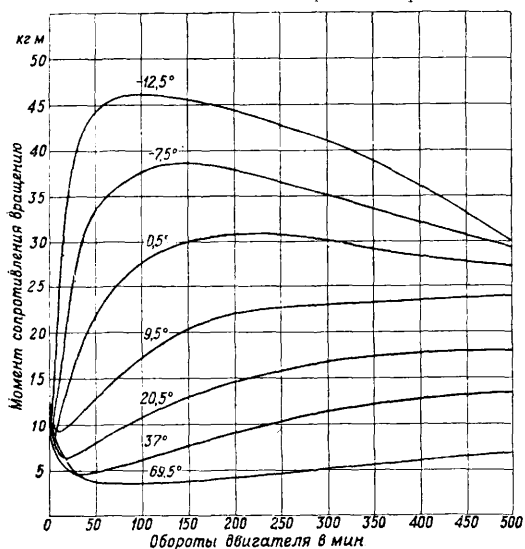
• СТАНЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ, см. *Электрические станции*.

СТАРЕЙШИЕ МАТЕРИАЛЫ, см. *Историческое материаловедение*.

СТАРТЕР прибор для пуска в ход двигателя внутреннего сгорания. Устройство таких приборов разнообразно в зависимости от системы, мощности и назначения двигателя. Почти все современные двигатели автотранспорта, бензиновые и нефтяные, снабжаются электрич. С., представляющими собою легкий электромотор, питаемый током от батарей и имеющий автоматическое включаемое сцепление с маховиком двигателя. В редких случаях применяются пневматич. С. с передаточным числом зацепления 1 : 15—1 : 20, работающие сжатым воздухом. Пусковая рукоятка с прямым зацеплением на коленчатом валу продолжает оставаться на автотранспортных двигателях лишь как резервный С. на случай порчи автоматического. Все маломощные автотранспортные двигатели мотоциклетные и прочие, имеют пожной или ручной С. с передачей на вал 1/5—1/6. При пуске двигателя С. приходится преодолевать значительные крутящие моменты, по которым и производится расчет его деталей:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4,$$

где M_1 — момент от сопротивления инерции движущихся масс (маховик, вал, шатунный механизм); M_2 — момент от работы сжатия, появляющийся в начале проворачивания двигателя (после первого оборота двигателя часть этого момента отдается обратно на вал расширением сжатой смеси); M_3 — момент от работы трения, зависящий от механич. КПД двигателя; M_4 — момент от преодоления сцепления и трения смазки, зависящий от вязкости и следовательно от t° масла в двигателе. Этот момент, а следовательно и t° двигателя имеют для пуска наибольшее значение. На фиг. 1 представлена



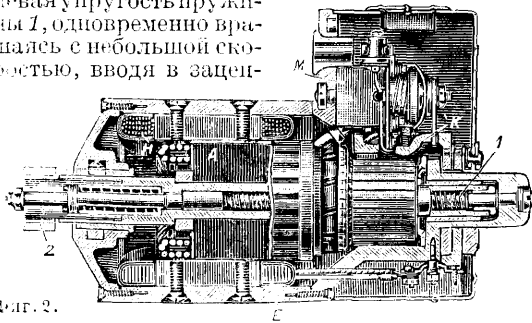
Фиг. 1.

диаграмма крутящих моментов, полученных при проворачивании электродинамометром автомобильного двигателя «Геркулес WXB» 65 HP при различных t° двигателя. Из приведенной диаграммы видно, что начальный крутящий момент, или момент трогания, от t° двигателя не зависит, т. к. соответствующие точки легли на ось ординат близко друг от друга и без какого-либо определенного закона. Происходит

это явление от того, что к моменту трогания между поверхностями трения остается лишь минимальный слой смазки, близкий к слою поверхностного натяжения, при котором условия трения от свойств самой смазки, а следовательно и от t° не зависят. Как только двигатель тронулся, смазка сейчас же начинает поступать на поверхности трения, и усилие, потребное для движения этих поверхностей, начинает затрачиваться в основном на внутреннее трение частиц самой смазки. Т. к. величина этого внутреннего трения пропорциональна вязкости масла, а последняя зависит от t° , то при одних и тех же оборотах двигателя сопротивление проворачиванию получается тем больше, чем ниже t° . Как видно из кривых, сопротивление проворачиванию зависит не только от t° двигателя, но также и от числа оборотов, к-рое ему сообщается. С увеличением числа оборотов момент сопротивления возрастает, с уменьшением же оборотов, наоборот, падает. Это явление объясняется свойствами смазки оказывать большее сопротивление сдвигу отдельных смежных слоев смазки при возрастающей относительной скорости поверхностей трения, что вполне оправдывается законами движения тел в вязкой среде. При низких t° понижение кривых момента сопротивления при увеличении чисел оборотов объясняется падением вязкости масла благодаря теплу, выделяющемуся от работы трения. Следует отметить, что в первые моменты после трогания с места и на низких оборотах в пределах от 0 до 80 об/м. и t° от 10,5 до 69,5° момент, затрачиваемый на проворачивание, по сравнению с начальным моментом несколько падает, причем это падение момента продолжается до вполне определенного числа оборотов для данной t° , после чего сопротивление проворачиванию начинает увеличиваться. Это явление можно объяснить тем, что интенсивность проникновения смазки между трущимися поверхностями находится в известной зависимости от скорости этих поверхностей и вязкости смазки, благодаря чему в указанном диапазоне по мере увеличения толщины слоя смазки сопротивление проворачиванию падает до тех пор, пока не наступит устойчивое состояние слоя. По ходу указанных кривых легко заметить, что достижение этого устойчивого слоя смазки наступает тем быстрее, чем ниже t° , т. е. чем выше вязкость смазки и чем следовательно меньше она была выдавлена между трущимися поверхностями до пуска двигателя.

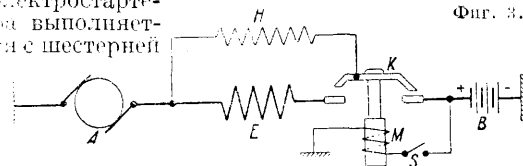
В качестве примера приводим описание и характеристику одного из лучших С. сист. Герм. 3-да Бош, представляющего собою электромотор постоянного тока с последовательным возбуждением и обладающего значительным максимальным крутящим моментом, рассчитанным на преодоление указанных выше мгновенных нагрузок. По конструкции такие С. выполняются двух видов. В С. с передвигным якорем (фиг. 2 и 3) якорь А, лежащий в С. на двух скользящих подшипниках, может автоматически передвигаться вместе с ведущей шестерней вдоль своей оси. В спокойном состоянии якорь притирается к подшипнику, находящемуся со стороны, противоположной шестерне, с помощью легкой упругой пружины 1, и шестерня не находится в зацеплении с зубчатым венцом на маховике. При нажатии пусковой кнопки ток батарей В (12 V) проходит в обмотку магнитного выключателя М; якорь этого выключателя замыкает контактный мостик К, про-

Пусковая ток через вспомогательную обмотку *И* статора и через якорь *А*. Образовавшимся магнитным полем якорь вытягивается, преодолевая упругость пружины *1*, одновременно вращаясь с небольшой скоростью, вводя в зацеп-



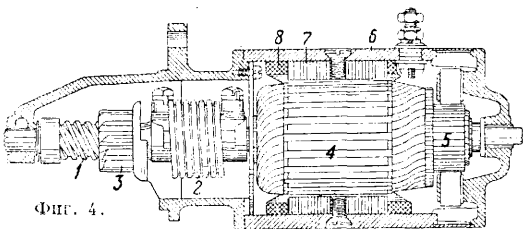
Фиг. 2.

ление ведущую шестерню *2* с зубчатым венцом маховика. После зацепления магнитный выключатель автоматически замыкает контактный мостик на главную обмотку *Е*, пропускающая в последнюю ток из батарей и заставляя якорь вращаться с полной мощностью. После пуска двигателя скорость якоря увеличивается, сила тока в обмотке статора падает, ослабляя магнитное поле, и якорь под действием пружины *1* возвращается в прежнее положение, выводя из зацепления шестерню. Во избежание поломки зубьев и деталей *С*, при внезапном пуске на большие обороты или при обратной отдаче двигателя шестерня посажена на вал якоря с фрикционным сцеплением, рассчитанным на предельный крутящий момент. Другой тип электростартера выполняется с шестерней



Фиг. 3.

Бэндикса (фиг. 4). На наружном конце якорного вала свободно посажена втулка *1*, опирающаяся на подшипник; втулка имеет винтовую нарезку с большим шагом и упруго сцеплена с валом через кулачное соединение и спиральную пружину *2*; ведущая шестерня *3* с эксцентрической расположенным ц. т. свободно посажена на резьбе втулки. При начале работы якоря *4* шестерня в силу инерции эксцентрически расположенной массы передвигается по оси втулки и, войдя в зацепление с зубчатым венцом на



Фиг. 4.

маховике, упруго передает работу якоря на вал двигателя. Немедленно после пуска маховик сообщает ведущей шестерне окружную скорость, большую скорости якоря, в силу чего шестерня выходит из зацепления с маховиком, поворачиваясь на резьбе втулки в обратную сторону. Остальные обозначения на фиг. 4: *5*—коллектор; *6*—корпус статора; *7*—полюсный бандаж; *8*—обмотка. Схема установки такого *С*, указана на фиг. 5, где *1*—стартер,

2—вождел ковшка, *3*—батарея, *4*—масса. Описанные *С* имеются в продаже следующих мощностей применительно к бензиновым четырехтактным двигателям:

Рабочий объем двигателя в л	Напряжение батарей в V	Мощность <i>С</i> в HP
1,2	6 или 12	0,4
1,5	12	0,5—0,8
до 4	12	0,5—1,2

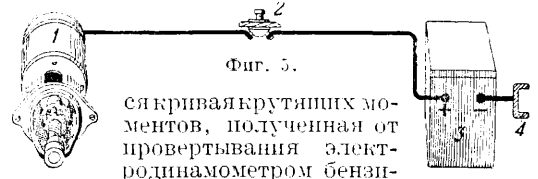
для большего литража двигателей, применяемых на грузовиках и автобусах

Аналогичные *С*, изготовляются швейцарским заводом «Синтилита» по следующей спецификации:

Максимальная мощность в HP	0,6	1,3	2	3
При числе об/м.	2 000	2 000	1 100	700
При расходе тока в А	110	200	150	210
При 12-V аккумуляторе в Ам Максимальный крутящий момент в кгм.	30	30—60	80	80—100
При расходе тока в А	0,8	2,0	2,5	3,1
Передаточное число между <i>С</i> и маховиком	$1/13-1/20$	$1/15-1/22$	$1/15-1/20$	$1/15-1/20$

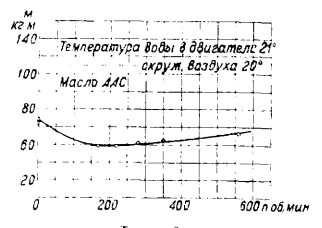
Приведенные спецификации составлены применительно к бензиновым двигателям, для пуска которых в холодном состоянии достаточно повернуть вал со скоростью около 100 об/м., что обеспечивает заал смеси в цилиндре от рабочего магнето.

Создание надежного *С*, обеспечивающего быстрый запуск современного авиамотора, является задачей более сложной, нежели создание *С* для автодвигателей. Помимо значительных крутящих моментов, которые должны развивать авиастартеры, они должны отвечать высоким требованиям, предъявляемым к ним в смысле максимальной компактности габарита и минимального их веса. Для примера приводит-



Фиг. 5.

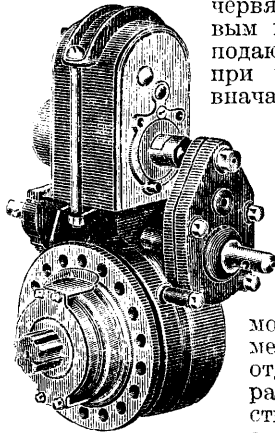
ся кривая крутящих моментов, полученная от протерывания электродинамометром бензинового четырехтактного 12-цилиндрового авиадвигателя BMW VI 500 HP с рабочим объемом 45,8 л и степенью сжатия 7,3 (фиг. 6). Сравнивая эту кривую с диаграммой на фиг. 1, мы видим, что закон изменения крутящих моментов в зависимости от числа оборотов остается аналогичным. В то время как тип *С* для автодвигателей прочно установился в виде стандартного электромеханич. агрегата и дальнейшее развитие его идет по линии развития его мощности и усовершенствования, в авиации конструкторск. мысль находится еще в области исканий такого стандарта. За последнее десятилетие наблюдается появление значительного количества различных систем *С*, весьма оригинальных и остроумных по своей конструкции. Все разновидности систем существующих авиастартеров м. б. разделены на две основные группы. Одни



Фиг. 6.

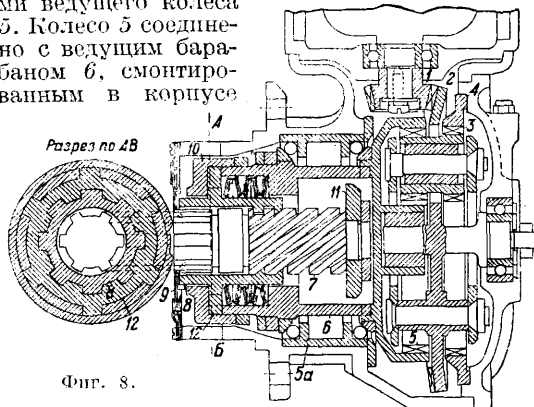
из них передают работу непосредственно на коленчатый вал двигателя, вращая его с нужной скоростью, другие производят эту работу посредством давления на поршни двигателя сжатым воздухом или сжатой горячей смесью.

Описание лучших систем С. Для двигателей малой мощности с рабочим объемом до 15 л наиболее значительный в этой области америк. 3-д «Эклипс» выпускает ручной С. с червячной передачей и пусковым магнето, автоматически подающим запальную искру при провертывании мотора вначале рабочего хода поршня (фиг. 7). Передаточное число такого С. от рукоятки до вала двигателя $i = 6 : 1$. Механизм передачи снабжен предохранительным упругим зацеплением, отрегулированным на определенный крутящий момент, что предохраняет механизм С. от удара при отдаче мотора во время обратной вспышки. Устройство зацепления стартера с валом двигателя аналогично с описанным выше



Фиг. 7.

устройством шестерни Бендикса. Кроме того для предупреждения обратного вращения пусковой рукоятки на оси последней включено храповое зацепление; для двигателей с рабочим объемом до 30 л предлагается аналогичный стартер с приводом от электромотора, питаемого от 12-V батарей. Механизм такого С. представлен на фиг. 8. Конич. зубчатка электромотора 1 ведет конич. шестерню 2, соединенную в одно целое с группой из трех планетарных шестерен 3, находящихся в зацеплении с одной стороны с внутренними зубьями неподвижного кольца 4, укрепленного в крышке прибора, а с другой стороны — с внутренними зубьями ведущего колеса 5. Колесо 5 соединено с ведущим барабаном 6, смонтированным в корпусе



Фиг. 8.

на специальном шарикоподиннике 5а. Кольцо 12 находится в шлицевом зацеплении с ведущим барабаном и втулкой 8, упирающейся с одной стороны в кольцо 10, жестко соединенное с ведущим барабаном, а с другой стороны — в ряд стальных упругих фрикционных колец, рассчитанных на передачу определенного крутящего момента. Внутри втулки, на резьбе с большим шагом, посажен пусковой вал 7, имеющий на одном своем конце упорную шайбу 1, а на другом — шлицы, к-рым пусковой вал

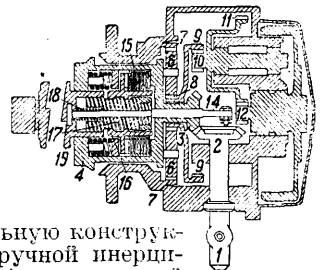
входит в зацепление с фрикционным диском 9 и с коленчатым валом двигателя. Передаточное число С. $i = 105,5 : 1$. При включении в цепь электромотора ведущий барабан вместе со втулкой начинает вращаться. Пусковой вал, удерживаемый фрикционным диском, получает от винтовой нарезки поступательное движение и входит в зацепление с валом двигателя. Для предохранения механизма С. упругость фрикционных колец рассчитана на передачу крутящего момента не свыше 83 кгм; при увеличении нагрузки втулка внешним своим бортом сжимает кольца и выходит из зацепления с ведущим кольцом 12, что сопровождается характерным шелканием прибора, указывающим на необходимость немедленной его остановки. При испытании такого С. от 12-V батареи в 60 Ah без нагрузки были получены следующие результаты:

Напряжение, V	11,80
Сила тока, А	70,00
Мощность, W	827,00
Число об/м. пускового вала	87,00

Испытания с нагрузкой тормозом Прони показали следующее:

Мощность, W	164	229	283	335	459	574	581
Напряжение, V	11,20	10,70	10,30	10,10	9,50	8,87	6,80
Число об/м.	49,0	37,3	31,0	27,3	21,2	16,5	0
Крутящий момент, кгм	7,2	18,8	31,0	39,8	60,1	79,0	119,0

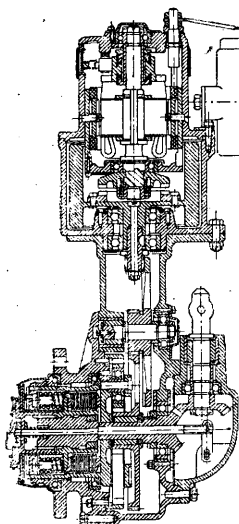
На случай порчи батарей или электромотора описанный С. снабжен пусковой рукояткой с передаточным числом 20 : 1 и действующей со всеми предохранительными приборами, описанными выше. В виду незначительности числа оборотов пускового вала при установке такого С. приходится включать в сеть рабочего зажигания двигателя особое пусковое магнето.



Фиг. 9.

Весьма оригинальную конструкцию представляет ручной инерционный С. «Эклипс»; применяемый для двигателей с рабочим объемом до 22 л; принцип действия этого С. заключается в накоплении и отдаче живой силы быстро вращающегося маховичка коленчатому валу двигателя. Преимущество такого С. заключается в том, что он способен сообщить значительную скорость вращения коленчатому валу, до 100 об/м., достаточную для пуска холодного двигателя от рабочих магнето. Схема конструкции С. представлена на фиг. 9. При вращении пусковой рукояткой оси 1 через зацепление конич. шестерен 2 и 3 приводится во вращение ведущий барабан 4. На цапфах барабана посажены три планетарные шестерни 6, сцепленные с неподвижным зубчатым венцом 7 и с центральной шестерней 8. Шестерня 8 соединена в одно целое с шестерней внутреннего зацепления 9, к-рая через шестеренку 10 вращает колоколообразную шестерню 11, представляющую с последней одно целое. Колоколообразная шестерня, сцепляясь с шестерней 12, сидящей на валу маховика, приводит последний в движение. Общее передаточное число механизма равно 165 : 1, следовательно при скорости вращения рукоятки в 70—75 об/м. маховичок раскручивается до 12 000 оборотов. После того как маховичок раскручен, пусковая

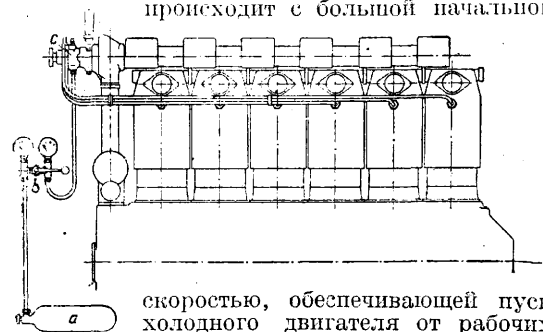
рукоятка снимается с оси, и рычажком, соединенным с тягой 14, включают С. с колеччатым валом; тогда происходит явление, обратное



Фиг. 10.

только что описанному. Вращение маховичка передается через всю систему шестерен ведущему барабану; вращение передается далее через фрикционные диски 15 на втулку 16 с внутренней винтовой нарезкой на пусковой валик 17. Фрикционные диски зажаты пружинами, отрегулированными на передачу определенного крутящего момента; перегрузка вызывает проскальзывание дисков, предохраняя детали С. от поломки. При включении тяга 14 увлекает своим запяточником пусковой валик, давит на пружинку 18 и выталкивает пусковой кулачок 19, сидящий на шпильках, эластично включая его с таким

числом от маховика к пусковому валу равно 150 : 1. Проворачивание колеччатого вала происходит с большой начальной

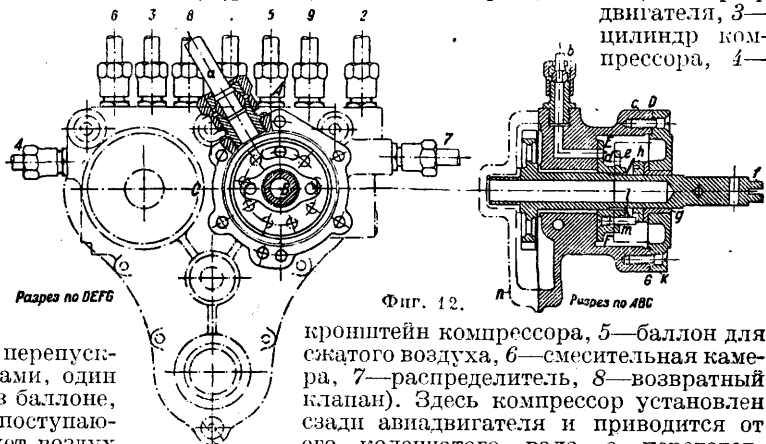


Фиг. 11.

скоростью, обеспечивающей пуск холодного двигателя от рабочих магнето. Максимальный крутящий момент, развиваемый С., равен 69 кгм, на к-рый и регулируется дисковое сцепление. Для авиадвигателя с рабочим объемом до 41 л з-д «Эклипс» изготовляет такую же конструкцию С. с электромотором для разгона маховичка (фиг. 10); С. развивает крутящий момент до 83 кгм.

До сих пор широко применение в авиадвигателях имеют пневматич. С. Работа их проверена многолетним опытом и является вполне надежной, а принцип действия и обслуживание весьма просты. Для примера приводится схема установки такого С. на 12-цилиндровом двигателе BMW VI 500 HP (фиг. 11). Сжатый до 150 atm воздух из баллона а подается в перепускной кран b с двумя манометрами, один из к-рых показывает давление в баллоне, а другой—давление воздуха, поступающего в мотор; кран дросселирует воздух до давления не выше 30 atm и пропускает его в золотниковый распределитель с, смонтирован-

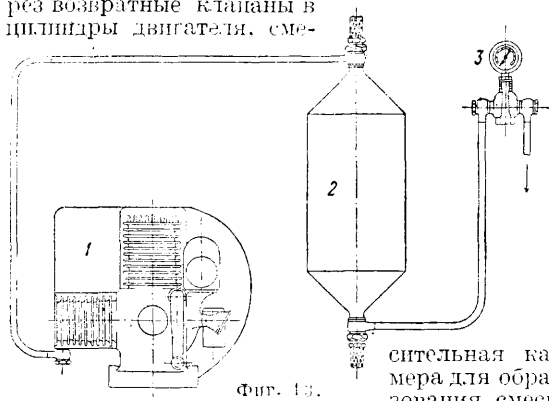
ный на заднем конце распределительного валика двигателя. Распределитель автоматически подает воздух через возвратные клапаны в цилиндры, поршни которых стоят на рабочем ходу, вал двигателя начинает вращаться со скоростью ок. 100 об/м., обеспечивающей его пуск от рабочих магнето. Наиболее типичен дисковый распределитель. Фиг. 12 представляет конструкцию такого распределителя, примененную в 9-цилиндровом двигателе «Юпитер» 450 HP (а—трубка из баллона, b—трубка к 5-му цилиндру, с—корпус распределителя, d—золотник, e—зубчатка для установки золотника, f—привод к счетчику оборотов, g—втулка, h—уплотнительное кольцо, k—крышка, l—пружина, m—установочный винт, n—крышка заднего картера). Запаса воздуха в баллоне с давлением в 150 atm и объемом в 5 л хватает на 10—15 пусков, после чего баллон д. б. вновь заполнить. Недостаток описанного С. заключается в необходимости иметь в эксплуатации достаточное количество запасных баллонов с воздухом или иметь специальную компрессорную установку. Итальянский з-д «Гарелли» изготовляет воздушные С., к-рые устраняют этот недостаток (фиг. 13). В кабине самолета возле пилота устанавливается легкий одноцилиндровый двухтактный двигатель, соединенный в одно целое с воздушным компрессором 1. Сжатый воздух из компрессора заполняет баллон 2 и далее проходит через пусковой кран с манометром 3 в золотниковый распределитель запускаемого двигателя. Данные описанного агрегата, позволяющего в любое время, даже во время полета, получить нужный запас воздуха, следующие: диам. цилиндра двигателя 56 мм, диам. цилиндра компрессора 50 мм, ход поршня двигателя и компрессора 48 мм, рабочая скорость вращения 3 500 об/м. Охлаждение воздушное от вентилятора, смонтированного на валу двигателя, пуск от рукоятки. Баллон объемом в 6 л заполняется компрессором до 20 atm в течение около 1 мин.; этого достаточно для одного пуска авиадвигателя с мощностью до 1 000 HP. Такой С. дает значительную экономию по весу в установке на больших многомоторных самолетах. Вал пускового двигателя со стороны вентилятора имеет место для установки динамомашин. Хорошие по своим качествам и оригинальные по конструкции воздушные С. выпускает америк. з-д «Гейвуд» (фиг. 14, где 1—цилиндры двигателя, 2—картер



Фиг. 12.

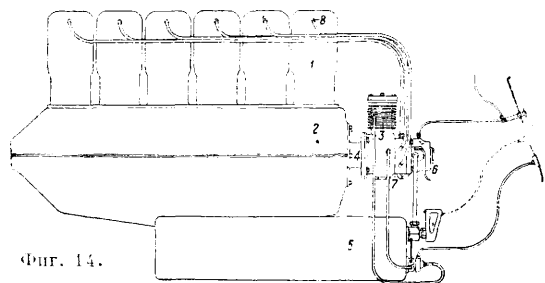
двигателя, 3—цилиндр компрессора, 4—кронштейн компрессора, 5—баллон для сжатого воздуха, 6—смесительная камера, 7—распределитель, 8—возвратный клапан). Здесь компрессор установлен сзади авиадвигателя и приводится от его колеччатого вала с передаточным числом 2 : 1. Воздух из компрессора заполняет баллон до предельного давления ок.

30 atm; избыток воздуха выпускается из баллона предохранительным клапаном. На картере компрессора смонтированы делитель с трубопроводом, подающим пусковой воздух через возвратные клапаны в цилиндры двигателя, сме-



Фиг. 13.

распыленного бензина с сжатым воздухом и золотниковый распределитель с трубопроводом, подающим сжатую смесь через возвратные клапаны в цилиндры двигателя. Перед пуском смешительная камера заполняется бензином, затем открывается пусковой кран; воздух из баллона проходит в смешительную камеру, попадает в дисковый золотник распределителя и поступает в виде хорошо сжатой смеси в цилиндры, поршни в которых стоят в рабочем ходу; давления ок. 30 atm достаточно, чтобы провернуть вал двигателя со скоростью около 150 об/м., что вполне достаточно для пуска холодного двигателя. Такой С. с соответствующим объемом баллона м. б. установлен на двигателях с мощностью до 1 000 НР. Компрессор двухступенчатый, diam. цилиндра первой ступени 57 мм, второй ступени 51 мм; ход поршня



Фиг. 14.

30 мм. Вал компрессора вращается со скоростью, в 2 раза меньшей вала двигателя. Испытания такого С. на авиационном 12-цилиндровом двигателе «Либерти» 400 НР показали следующие результаты. При испытаниях компрессора на электродинамометре было обнаружено, что при $\frac{1560}{2}$ об/м. компрессора он поглощает мощность 0,55 НР при давлении в баллоне, равном 30 atm. При провертывании двигателя сжатым воздухом из баллона, имеющего объем в 11,5 л и давление 26,7 atm, мгновенная скорость вращения вала двигателя равна 150 об/м., а подогретого до 70°—185 об/м. При падении давления в баллоне с 26,7 atm холодный двигатель делает 12 оборотов за 12,5 сек., подогретый двигатель делает 14 оборотов за 8,5 сек. Количество запусков от баллона в 11,5 л: холодный двигатель запустился 5 раз с падением давле-

ния в тех же пределах. При давлении в баллоне, равном 7,3 atm, двигатель не провертывается. Минимальное давление, при котором можно еще запустить холодный двигатель, равно 10 atm. Давление в баллоне поднимается от 0 до 30 atm при работе двигателя на 1 550 об/м. в течение 10,5 мин. Большое значение в оценке авиационных С. имеет их вес. В табл. 1 приводятся данные о весах описанных С.

Табл. 1.—Данные о весах полного комплекта различных С.

Фирма	Принцип действия С.	Вес полного комплекта кг.
«Экшис»	С ручным приводом в пусковом магнето	12,7
»	С приводом от электромотора и с ручным приводом	15,5
»	Инерционный с ручным приводом	8,0
»	Инерционный с приводом от электромотора и ручным приводом	15,9
BMW	Воздушный с баллоном и пусковым краном	19,0
«Гарелли»	Компрессор с баллоном и арматурой	17,0
«Гейвуд»	Компрессор с баллоном и арматурой	12,5

К весу С., работающих от электромотора, следует прибавить вес батареи ок. 25,0 кг. К весу инерционных С. с приводом от электромотора следует прибавить вес батареи ок. 16 кг. В обоих случаях надо прибавить вес проводов и выключателя ок. 1,7 кг.

Лит.: Су слов М., Пусковые приборы авиационных моторов, М., 1926; его же, Новейшие пусковые приборы для авиационных моторов, «Техника воздушного флота», М., 1928, 6; Д и х а ч е в М. и Г а л к и н Ю., Исследование работы стартеров «МАФ» и «МЛ» фирмы «Авто-Лайт» на двигателе «Геркулес WXB» 65 л. с., «Известия научного авиационного института», М., 1923, 1—2; Dyke's, Aircraft Engine Instructor, Chicago, 1923; Russien R., Automobiltechnisches Handbuch, В., 1931.

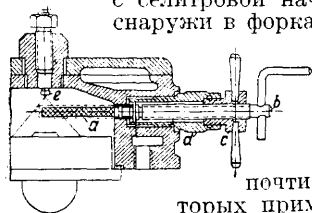
М. Су слов.

С. для нефтяных транспортных двигателей.

С. для двигателей тяжелого топлива имеет ряд особенностей, не встречающихся у бензиновых двигателей. В цилиндрах таких, гл. о. дизельных, двигателей сжатие в 5—7 раз больше, чем в бензиновых и керосиновых; если напр. для двигателя бензинового максимальный крутящий момент $M_{max} = 18$ км, то для дизеля той же мощности—97 км; в соответствии с этим если на пусковой ручке у бензинового двигателя усилие требуется 72 кг, то у дизеля той же мощности 388 кг [1]. По исследованиям э-да Денн [2] пуск от руки нефтяных двигателей считается возможным: для одноцилиндровых четырехтактных моторов до мощности 12 НР (при диаметре цилиндра 120—170 мм) и для двухцилиндровых двухтактных—до 14 НР. Во всех случаях обязательно при пуске уменьшение сжатия (декомпрессия).

Обеспечение первой вешки при С. у мотора тяжелого топлива зависит от типа конструкции двигателя: при струйном распылении топлива особого разогрева не требуется, обычно достаточно теплоты, развиваемой при компрессии: на оборот, при форкамерных машинах обязательно (исключение составляет лишь тип Ganz'a) то или иное устройство для подогрева цилиндров; впрочем нередко конструкторы и в дви-

гревающих устройств для пуска в холодную погоду и т. д. Такое искусственное создание температурных условий, соответствующих первой вспышке, на практике реализуется: 1) или в форме (введенной американскими конструкторами) бумажек (напр. 5×4 см²), картонок, штырей с селитровой начинкой, вставляемых снаружи в форкамеру перед каждым

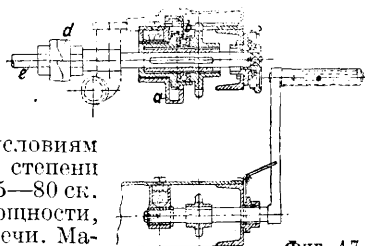


Фиг. 15.

пуском в ход и зажигаемых спичкой, и т. д. или 2) в виде электрич. пусковых свечей (накапливания). Поскольку почти все установки, на которых применяются транспортные нефтяные двигатели, теперь электрифицируются, естественно, что во всех новых конструкциях встречаются лишь пусковые свечи.

На фиг. 15 представлен запальный патрон с бумагой: *a*—запальная гильза, *b*—держатель ее, *c*—контргайка, *d*—патрон, *e*—форсунка. Длина обернутой части выбирается так, чтобы струя распыленного форсункой топлива попадала на бумагу в двух точках, удаленных одна от другой примерно на 15 мм. В качестве бумаги м. б. обычная пропускная бумага в 0,8 мм толщиной, пропитанная раствором 50 г CaNO₃, 50 г CaCl, 50 г NH₄Cl в 1 л воды. Возможны—путем соответствующего выбора ингредиентов раствора (CuNO₃) и их концентрации—конструкции самовозгорающихся (от *t*⁰ сжатия) патронов; однако бумага, пропитанная таким раствором, весьма гигроскопична.

Второй метод подогрева характеризуется одной из конструкций электрич. пусковой свечи. При пуске в ход спираль свечи включается в цепь батареи аккумуляторов; нагрев ее до *t*⁰, соответствующей условиям первой вспышки, при данной степени сжатия происходит в течение 15—80 сек. в зависимости от тепловой мощности, развиваемой данным типом свечи. Материалом для спирали обычно служат никром или никелин. На фиг. 16 дана свеча ЭДБ советского производства. В следующей табл. 2 приводятся характеристики некоторых пусковых свечей.



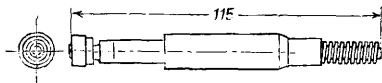
Фиг. 17.

Табл. 2. — Характеристики пусковых свечей.

Тип свечи	Электрич. мощность, потребляемая свечей, в W	Номинальное напряжение в V	Тепловые мощности в cal/сек.
Ruda—Motorer (Швеция)	240	6	57,6
Lanz—Bulldog (Германия)	192	6	45,9
Lodge (Англия)	144	12	34,5
Bosch (Германия)	108	6	25,8
»	34	2	7,4
АТЭ Электрокомбината (СССР)	48	6 и 12	11,4

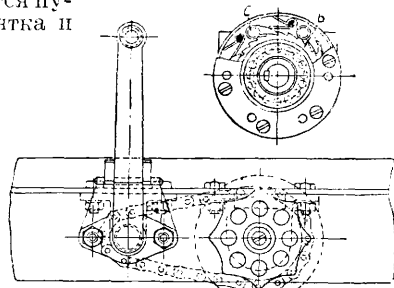
Исходя из вполне достаточного, оправданного на практике значения тепловой мощности в 30 cal/сек., можно найти [3] значения *l*—общей длины накаливаемой спирали и *d*—диам. проволоки ее же. Допускаемая плотность тока *j*—для кратковременных, имеющих место при старте нагрузок для никрома—ок. 10 А/мм²;

пусковая свеча. Существующая разнотипность пусковых свечей м. б. повидному сведена к одному образцу—свечи на 6 V (см. в табл. 2 данные о свече Электрокомбината); при установке ее в системах с 12-V сетью рационально включать с ней последовательно балластное сопротивление.



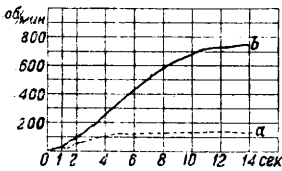
Фиг. 16.

В настоящее время типичными являются следующие виды С.: 1) Для двигателей малой мощности (порядка 40 HP) пуск в ход обыкновенной рукояткой со специальным приспособлением (типа «Ганомат»), открывающим впускные клапаны и выводящим из действия насосы во время пуска в ход с автоматич. включением их потом. В этой системе нефтяной насос имеет рукоятку для выведения из действия поршней и для накачивания нефти в форсунки. Вал насоса имеет на конце прямоугольную резьбу, на которой находится гайка, передвигающаяся вдоль вала. Эта гайка после 5 оборотов пусковой рукоятки передвигает рычаг, включающий поршни насосов и выпускные клапаны. 2) Для таких маломощных двигателей также возможен пуск рукояткой при помощи зубчатой передачи. В тракторе «Коммунар» напр. (Харьковского паровозостроительного завода) на коротком валу, параллельном коленчатому валу, находится пусковая рукоятка и



малая шестерня. Последняя соединена цепью Галля с большой шестерней, сидящей на втулке с наружной резьбой, закреплен. на валу шпонкой. Коробка *a* хранилища (фиг. 17) с собачками с неподвижна и позволяет валу вращаться в одну сторону. Вращая рукоятку, заставляют сначала передвигаться вал с кулачковой муфтой *d* до ее сцепления с таковой на конце коленчатого вала *e*, а затем приводит во вращение коленчатый вал со скоростью, равной половине таковой же для пусковой рукоятки; благодаря этому усилие на пусковой ручке будет вдвое меньше. 3) Инерционный С., принцип действия его описан выше; одна из конструкций такого С. применяется в тракторных дизелях Линке и Гофмана и др. 4) Пуск сжатым воздухом. При этом возможно пускать в ход двигатель без вращения пусковой рукоятки, лишь открытием пускового крана. Вся конструкция типа Герцмарка состоит из одноступенчатого алюминиевого поршневого компрессора, 20-л баллона для сжатого до 60 атм воздуха и С.; последний—в форме цилиндра с двумя поршнями. Запас воздуха в баллоне—на 30—40 пусков. Компрессор должен работать ок. 25 мин. для наполнения пустого баллона

Катерпиллер применяет для своего четырехцилиндрового, четырехтактного тракторного дизеля в качестве С. двухцилиндровый бензиновый двигатель, легко запускаемый от руки (С. автоматически — напр. по сист. Бендикс — выключается из сцепления с дизельным мотором по достижении последним необходимой скорости). 6) Электрич. С., принцип его работы описан выше. Следует отметить, что в силу отмеченных выше значительно больших значений крутящих моментов при пуске нефтяных двигателей применение С. мощностью менее 5—6 HP нерационально. Встречаются [5] установки транспортных дизелей (на 140 HP), имеющие для пуска в ход 2 электростартера по 6 HP каждый. Так как реализации в электростартерах мощности более 3 HP при напряжении в 12 V встречает большие затруднения, то С. для дизельных моторов строятся как правило на 24 V. В связи с этим схемы электрооборудования для дизельных машин должны иметь особые



Фиг. 18.

переключатели, позволяющие переходить от нормально для других потребителей 12-V напряжения к напряжению 24 V, подводимого к клеммам электростартера при пуске в ход.

По наблюдениям Т. Н. Parkinson'a [6] для дизельных автомашин мощностью 50—80 HP, имевших электрич. С., потребление тока было: при холодной погоде ок. 400 А на С. в течение 20—30 сек., при теплой погоде—300 А при продолжительности 10—20 сек. На фиг. 18 даны [7] характерные для всякого С. кривые разгона для случая быстроходного двигателя 85 HP при 750 об/м.; кривая а—без вспышек, б—со вспышками. Сравнение [3] трех последних, наиболее применимых в СССР в будущем методов С. приводит ориентировочно к следующим выводам для частного случая использования дизельных машин на тракторе (взята для примера некая средняя мощность 60—80 HP): 1) пуск сжатым воздухом: требует установки весьма тяжелых баллонов со сжатым воздухом, а также компрессора или палиция других возможностей наполнения воздухом; вес С. вместе с минимальным электрооборудованием ок. 200—230 кг; 2) механич. С.: вес при прочих равных условиях порядка 85 кг; 3) электрич. С.: вес в тех же условиях в связи с необходимостью иметь две батареи большой емкости для пуска в ход электростартера достигает цифры ок. 125 кг. Первоначальные расходы будут наибольшими при оборудовании по двум последним способам, наименьшими—вероятно при первом методе; вопрос же о том, для какого из вариантов будут наименьшие эксплуатационные расходы, решится в ближайшие годы. Все зависит от совокупности многих условий, в частности от обстановки многообразного применения трактора в СССР, уже в 1932 г. вышедшем по производству тракторов на первое место в мире.

Лит.: 1) «Le Poids Lourds», P., 1931, 86; 2) Sonderheft Dieselmotoren V, «Z. d. VDI», B., 76, p. 49; 3) Баженов В., Дизельный трактор и вопросы радиофикации, «Сорена», М., 1933, 5; 4) «Automobil-technische Ztschr.», B., 1932; 5) «Das Last Auto», B., 1932; 6) «Automobil-technische Ztschr.», B., 1931, p. 10; 7) Riehm W., «Z. d. VDI», 1930, B., 74, p. 1705.—Рейдлер А., Стартеры для тракторных дизелей, «Автомоторное дело», М., 1933; Ребок Б., Быстроходные двигатели Дизеля в моторном транспорте (в кн.: Быстроходные дви-

ли. Сборн. статей под ред. К. Горбунова, М.—Л., 1933); Гитлис В., Применение двигателей Дизеля в автомобилях и тракторах, М.—Л., 1932; Калитин Г., Колосов В., Левин-Коган К., Быстроходные дизель-моторы автотракторного типа, М.—Л., 1933. В. Баженов.

СТАТИСТИКА имеет предметом своего изучения совокупности индивидов, внешне обособленных и независимых и в то же время внутренне между собой связанных. Внутренняя связь, т. е. та качественная основа, на которой индивиды объединяются в целое, выявляется лишь в массовом совокупном действии индивидов сквозь порождаемый внешней их независимостью стихийно случайный процесс. Характерной чертой статистической совокупности является качественная однородность индивидов, объединяющихся в ней на основе определенной конкретной связи. И в этой связи индивиды совокупности различаются лишь количественно. Количественные отношения, существующие для совокупности как целого, не могут выступить в отдельных индивидах именно в силу их внешней независимости, а выступают как общий средний итог массового совокупного действия индивидов. И этот общий средний итог выражает общую меру индивидов совокупности, т. е. количественное отношение, существующее для всей совокупности и проявляющееся во всей массе входящих в ее состав индивидов. Общая мера индивидов совокупности выявляется при наличии большого их числа. Именно тогда и осуществляется бесконечное разнообразие условий, создающих отклонения в каждом индивиде от их общей меры. И при таком бесконечном разнообразии отклонения в одну сторону возникают столь же часто, как и отклонения в другую сторону. Все эти отклонения в конечном результате взаимно погашаются, и мера обнаруживается как исходная и общая всей совокупности величина.

Ярким примером разбираемого нами массового явления может служить количественное соотношение между ценой и стоимостью, анализируемое Марксом в его «Капитале» сл. обр.: «Величина стоимости товара выражает... необходимое имманентное самому процессу создания товара отношение его к общественному рабочему времени. С превращением величины стоимости в цену это необходимое отношение проявляется как меновое отношение данного товара к находящемуся вне его денежному товару. Но в этом меновом отношении может выразиться как величина стоимости товара, так и тот плюс или минус по сравнению с ней, к-рым сопровождается отчуждение товара при данных условиях. Следовательно, возможность количественного несовпадения между ценой и величиной стоимости, или возможность отклонения цены от величины стоимости, заключена уже в самой форме цены. И здесь нельзя видеть недостатка этой формы, наоборот, именно эта отличительная черта делает ее наилучше приспособленной к такому способу производства, при котором правило может прокладывать себе путь сквозь беспорядочный хаос только как слепо действующий закон средних чисел». В статистич. совокупности находим свое чрезвычайно четкое выражение диалектика случайного и необходимого, диалектическое единство возможности и действительности, осуществляющееся в форме случайного. Количественные различия индивидов относятся к их общей мере, как внешнее случайное выражение необходимого к необходимому внутреннему. Случайное, как определенное количественное значение

индивида, уклоняется в ту или другую сторону от общей меры. Но в потоке индивидов каждый из них несет в себе необходимое, проявляющееся через взаимное уничтожение в общей массе отклонений от него в ту или иную сторону отдельных индивидов. В каждом единичном необходимом превращается в случайное, внутреннее—во внешнее, и в количественном значении индивида выражается как необходимое, так и уклонение от него, созданное теми особенными условиями, в к-рых осуществляется единичное. Вне этих особенных условий случайное не существует как действительное, но только лишь как возможное.

При данной величине стоимости товара возможна, говоря совершенно абстрактно, продажа его по любой сколь угодно от этой стоимости уклоняющейся цене. Но чтобы возможность превратилась в действительность, необходим целый ряд условий—конкретных обстоятельств данной товарной сделки, к-рые ближайшим образом определяют то случайное внешнее количественное выражение цены, к-рое принимает стоимость в данном конкретном случае. При наличии этих условий возможность возвышается до действительности, становится действительностью. Именно так и возникает единство возможности и действительности, осуществляющееся в форме случайности.

Теория С. тесно связана с теорией вероятностей. Связь эта состоит в том, что теория вероятностей исследует теоретически предмет С. в его существенных моментах в наиболее общей форме. Глубокая связь между этими науками коренится в том историч. факте, что обе они родились в одно и то же время и в одном и том же месте—именно в передовых странах торгового капитала и мануфактуры 17 в.: Англии, Голландии, Франции. Возникли и развились эти науки на почве развития мирового рынка и капитализма, на почве развития массовых общественных процессов. Основой таких массовых процессов явилось автоматич. строение товарного общества, масса самостоятельных разрозненных товаропроизводителей. При такой структуре общественного производства обмен оказывается единственной формой связи между товаропроизводителями. Обмен осуществляется как бесконечная череда единичных, внешне независимых актов. Но сквозь внешнюю независимость прорывается их внутренняя связь, их единство как формы проявления определенных количественных соотношений в распределении общественного труда. Только в силу внешней их независимости меновые отношения приобретают черты стихийно случайного процесса.

Абстрактная теория стихийно случайного (стохастического) процесса а. Разумеется, почерпнутых из стихий обмена понятий совершенно недостаточно для вскрытия статистич. закономерностей экономич. процессов, как недостаточно их и для выявления статистич. закономерностей в биологии, в физике и т. д. Этого не могут понять буржуазные теоретики С., культивирующие совершенно неправильные, порой извращенные, представления, в особенности о природе экономических процессов. Однако в то же время этих понятий оказывается вполне достаточно для построения теории статистич. совокупности в ее всеобщей абстрактной форме, иными словами—для построения теории вероятностей как теории количественных законов стихийно случайных процессов в их наиболее общем

виде. Закономерности таких процессов теория вероятностей изучает при посредстве своеобразных моделей. Классическими моделями издавна служили различного рода азартные игры: в кости, в орлянку и т. п. На игре в орлянку след. обр. выявляются значения основных понятий теории вероятностей: вероятность и равновозможность. При этой игре, как известно, подбрасывается много раз подряд монета, сделанная из однородного материала и симметричная. В случае однократного бросания возможны два результата: герб и решетка. Оба эти результата не только возможны, но и равновозможны, поскольку монета симметрична и однородна. При ответе на вопрос, как велика вероятность выпадения герба, приходится принять в расчет, что имеется один из двух возможных и притом равновозможных шансов. И таким образом число $\frac{1}{2}$, как отношение 1 : 2, оказывается искомой числовой оценкой вероятности выпадения герба. В каждом бросании возможность выпадения герба и решетки превращается в действительность. Самый процесс бросания составляет совокупность условий этого превращения. Результат каждого бросания осуществляет единство возможности и действительности в форме случайного. И именно в этой форме случайного проявляется общая мера, равная половине. Каждое отдельное бросание несет в себе эту меру, но выражает ее в форме случайности. Результат каждого бросания дает отклонение от меры: появляется либо герб либо решетка. Значит каждый результат не дает указания на меру. Мера же прорывается наружу лишь при большом числе опытов. Только тогда выявляется равночисленность выпадений герба и решетки. Наиболее совершенную модель статистической совокупности выдвинула статистическая практика в виде случайной (или эквивалентной ей механической) выборки. Выборка представляет собой такого рода операцию, когда вместо исчерпывающей регистрации всех единиц каждой данной совокупности используют только частичную регистрацию. Случайная выборка организуется так, чтобы каждая отбираемая единица имела такую же вероятность попасть в выборку, как и любая другая единица той же совокупности. В результате отбора достаточно большого числа единиц образуется такая выборочная совокупность, числовая характеристика к-рой близко воспроизводит соответствующую характеристику всей совокупности. Напр. при определении порок хлопкового волокна каждой данной партии поступают след. обр.: из всей партии отбирают случайные пробы; из их совокупности образуют средний образец. По этому среднему образцу судят о качестве всей партии, напр. если в полученном образце уд. в. такого порока, как угар, определен в 0,6%, то именно эта цифра и служит характеристикой уд. веса угара во всей партии в целом. Другой пример из практики статистич. изучения леса. При обследовании лесных массивов б. Нижегородского края (работа т. Здорика 1926 г.) проверялась степень близости между результатами сплошного учета и учета выборочного. Между прочим определен был средний диаметр ели на высоте груди человека. Т. обр. выборочный метод дал цифру 20,3 см, тогда как сплошной дал 20,4 см.

В какой же именно мере результаты применения случайной выборки способны воспроизводить количественные характеристики целого? Ответ на этот вопрос дает математич. исследо-

вание стихийно массового процесса, или, как в дальнейшем будем говорить, стохастич. процесса. Пусть в составе S индивидов какой-либо определенной статистической совокупности (будем называть ее генеральной) имеются M индивидов, обладающих каким-либо определенным признаком, а остальные $S - M$ индивидов этим признаком не обладают. Тогда $M : S$ представит собой долю признака в генеральной совокупности. Отношение $M : S = p$ будем в дальнейшем называть коротко долей. Пусть, далее, из состава такой генеральной совокупности вслепую отбираются s индивидов. Среди них может оказаться любое количество m обладателей данного признака. Крайние возможные значения этого m суть 0 и s . Число m называется *ч а с т о т о й* данного признака, а отношение $m : s = w$ называется его *ч а с т о с т ь ю*. Крайние возможные значения w суть нуль и единица:

$$0 \leq w \leq 1.$$

Можно доказать, что при достаточно большой выборке частота w должна довольно близко воспроизвести долю p . Схема доказательства такова. Сначала определяю значение P_m вероятности того, что среди s случайно отобранных индивидов окажется m обладателей данного признака. Величина P_m оказывается равной:

$$P_m = \frac{s!}{m!(s-m)!} \cdot p^m(1-p)^{s-m}.$$

Эта точная формула неудобна для вычисления. Несравненно более удобно для вычислений приближенное выражение P_m , предложенное Лапласом:

$$P_m = P_{sp} e^{-\frac{(m-sp)^2}{2sp(1-p)}},$$

где P_{sp} — вероятность частоты, равной sp , а e — неперово число. Из ф-лы Лапласа непосредственно видно, что частота sp имеет за собой наибольшую вероятность, частоты же, отличающиеся от sp , возникают с тем меньшей вероятностью, чем больше разность $m - sp$, напр. при объеме выборки s в 100 000 индивидов из совокупности с долей признака, равной 0,1, наиболее вероятная частота есть 10 000; частоты, отличающиеся от 10 000 на 100, т. е. частоты 9 900 и 10 100, возникают с вероятностью меньшей. Именно:

$$P_{10000 \pm 100} = P_{10000} e^{-\frac{100^2}{18000}} \approx 0,574 P_{10000}.$$

Иными словами, частоты, отличающиеся от наиболее вероятной на 1% (100 : 10 000 = 0,01), обладают по сравнению с ней почти в половину меньшей вероятностью. Вероятности же частот, сильнее отличающихся от 10 000, напр. 300 (3%), гораздо меньше. Именно:

$$P_{10000 \pm 300} = P_{10000} e^{-\frac{300^2}{18000}} \approx 0,00674 P_{10000}.$$

Т. о. эти частоты почти в полтора раза менее вероятны, чем частота 10 000. И уже совсем ничтожной вероятностью обладают такие частоты, к-рые отклоняются от наиболее вероятной, положим, на 600 (6%). Имеем для этого случая:

$$P_{10000 \pm 600} = P_{10000} e^{-\frac{600^2}{18000}} \approx 0,000000002 \cdot P_{10000}.$$

Т. е. оказывается, что из всех возможных частот заметной вероятностью обладают лишь те, к-рые не слишком сильно (на 1—2%) отличаются от наиболее вероятной частоты.

При определении границ, внутри к-рых частоты обладают б. или м. заметными вероятностями и вне к-рых, наоборот, вероятностями ничтожными, играет роль, как видно из предыдущего положения, множитель при P_{sp} , т. е. $e^{-\frac{(m-sp)^2}{2sp(1-p)}}$. Этот множитель становится малым, когда отклонение $m - sp$ достигает размера, в несколько раз превосходящего $\sqrt{sp(1-p)}$. Действительно, если

$$m - sp = \pm t \sqrt{sp(1-p)},$$

где t — число порядка нескольких единиц, тогда:

$$\frac{(m-sp)^2}{2sp(1-p)} = \frac{t^2 sp(1-p)}{2sp(1-p)} = \frac{t^2}{2}.$$

В таком случае получаем для рассматриваемого множителя следующее значение: $e^{-\frac{t^2}{2}}$, которое оказывается малым уже при t , равном 2 или 3. Т. о. при определении искомым границ расчетной мерой служит выражение

$$\sqrt{sp(1-p)}.$$

Именно эта мера служит для оценки отклонений $m - sp$. Если теперь от абсолютных отклонений $m - sp$ перейти к относительным по отношению ко всему объему выборки, тогда эти относительные отклонения представят собой разности между частотами и долей признака p . Действительно:

$$\frac{m-sp}{s} = \frac{m}{s} - p = w - p.$$

И мерой для оценки отклонения $w - p$ послужит величина:

$$\frac{\sqrt{sp(1-p)}}{s} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{s}}.$$

Величина $\sqrt{\frac{p(1-p)}{s}}$ при достаточно большом s становится очень малой. Отсюда вытекает следующая теорема: при достаточно большом объеме выборки весьма мало вероятно, чтобы частота w сколько-нибудь заметно отличалась от доли p . Эта теорема была впервые доказана более 200 лет тому назад Яковом Бернулли. Теорема Бернулли есть первая наметка той теории стохастического процесса, которая носит название «закона больших чисел» и которую, следуя Марксу, мы будем называть «законом средних чисел».

Покажем на примере применение теоремы Бернулли. Обследуется коллектив студентов, половину к-рого составляют рабочие от станка, следовательно доля признака p равна 0,5. Производим случайную выборку 100 студентов. Определим степень близости частоты w к доле 0,5. Мерой оценки отклонения $w - 0,5$ служит, как мы видели выше, величина $\sqrt{\frac{p(1-p)}{s}}$, которая в данном случае оказывается равной 0,05. Отсюда вывод: при данном объеме выборки частота w может отличаться от 0,5 на величину порядка 0,05. Если объем выборки довести до 2 500, то степень точности выборки усилится. Будем иметь:

$$\sqrt{\frac{p(1-p)}{2500}} = 0,01.$$

В этом последнем случае можно заранее сказать, что случайная выборка даст частоту примерно 0,49—0,51. Надо здесь отметить следующую

щее обстоятельство. Перед впервые знакомящимися с теорией выборки всегда возникает вопрос: как можно пользоваться для предварительных расчетов выражением $\sqrt{\frac{p(1-p)}{s}}$, которое нельзя вычислить без предварительного знания доли p ? На этот вопрос теории отвечает: произведение $p(1-p)$ никогда не может превзойти величины 0,25 и поэтому, если нельзя вычислить заранее размер $\sqrt{\frac{p(1-p)}{s}}$, то во всяком случае отпадает опасность его преувеличения и значит отпадает риск недооценки возможных расхождений между w и p .

Дальнейшее развитие теории стохастического процесса привело к установлению более общего выражения закона средних чисел как закона средних величин. Этот новый шаг вперед был сделан русским математиком Чебышевым (1821—94 гг.). Для выяснения сути теоремы Чебышева необходимо предварительно установить некоторые понятия. Когда какой-либо признак индивидов данной статистич. совокупности варьирует количественно, то такой признак называется *варьирующим признаком*, а отдельные значения такого признака называются *вариантами*. Пусть напр., имеется генеральная совокупность 200 тыс. деревьев, состоящая из: 40 тыс. деревьев \varnothing 10 см, 100 тыс. \varnothing 20 см, 60 тыс. \varnothing 30 см. Здесь 10, 20 и 30 суть варианты; их численности 40, 100 и 60 тыс. определяют собой удельный вес каждого из вариантов во всей генеральной совокупности. Варьирующий в пределах данной совокупности признак м. б. охарактеризован средней величиной этого признака для всей совокупности в целом. Такая средняя обычно определяется как средняя арифметическая, взвешенная в соответствии с уд. весом каждого варианта (общая теория средней изложена ниже). В применении к данному примеру получаем для среднего диам. \bar{x} величину 21 см, которая определяется из следующего выражения:

$$\bar{x} = \frac{10 \cdot 40\,000 + 20 \cdot 100\,000 + 30 \cdot 60\,000}{40\,000 + 100\,000 + 60\,000} = 21.$$

Эту величину в дальнейшем будем называть *генеральной средней*. Такая средняя характеристика оставляет без освещения степень рассеяния признака. Эта степень рассеяния требует своей особой характеристики. Насколько это необходимо, можно судить по следующему примеру. Пусть наряду с вышеупомянутой совокупностью деревьев имеется еще другая, состоящая из 7 тыс. деревьев \varnothing 10 см, 166 тысяч \varnothing 20 см, 27 тысяч \varnothing 30 см. Эта новая совокупность характеризуется таким же средним диаметром, как прежняя:

$$\bar{x} = \frac{10 \cdot 7\,000 + 20 \cdot 166\,000 + 30 \cdot 27\,000}{7\,000 + 166\,000 + 27\,000} = 21.$$

Но в то же время вторая совокупность отличается от первой тем, что крайние ее варианты обладают меньшим уд. весом. Значит варианты ближе прижимаются к среднему диаметру, их рассеяние здесь меньше. Для выявления отмеченного различия пользуются т. н. *средним квадратическим отклонением* (обозначим его символом σ_0). Определяется оно как квадратный корень из среднего взвешенного квадрата отклонений вариантов от их среднего арифметического. В применении к нашим двум совокупностям получаем:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{(10-21)^2 \cdot 40\,000 + (20-21)^2 \cdot 100\,000 + (30-21)^2 \cdot 60\,000}{40\,000 + 100\,000 + 60\,000}} = \sqrt{49} = 7;$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{(10-21)^2 \cdot 7\,000 + (20-21)^2 \cdot 166\,000 + (30-21)^2 \cdot 27\,000}{7\,000 + 166\,000 + 27\,000}} = \sqrt{16} = 4.$$

Полученные две характеристики отражают на себе различие в степени рассеяния признака: в первой совокупности он обладает почти вдвое большим рассеянием, чем во второй. Положим теперь, что для определения среднего диаметра деревьев упомянутых выше совокупностей прибегают к случайной выборке. Средний диаметр случайно отобранных деревьев — будем называть такую среднюю *выборочной* \bar{x} и обозначать символом \bar{x} — может охарактеризоваться любым числом в пределах между двумя крайними вариантами 10 см и 30 см. Чебышев доказал, что при достаточно большом объеме выборки s весьма маловероятно, чтобы выборочная средняя \bar{x} сколько-нибудь заметно отличалась от генеральной средней \bar{x} . Мерой для оценки отклонений \bar{x} от \bar{x} служит величина $\frac{\sigma_0}{\sqrt{s}}$, где σ_0 — квадратич. отклонение, а s — число отобранных индивидов. Т. о., если напр. из указанных выше совокупностей деревья отобраны вслепую по 10 000 деревьев, из каждой, то обе выборки должны дать для средних диаметров величины, равные ~ 21 . Однако первая выборка по сравнению со второй должна дать несколько менее точные результаты, поскольку мера расхождения между \bar{x} и \bar{x} оказывается в первой выборке равной $\frac{7}{\sqrt{10\,000}}$, а во второй — $\frac{4}{\sqrt{10\,000}}$, следовательно для первой выборки

$\bar{x} = 21 \pm 0,07$, для второй $\bar{x} = 21 \pm 0,04$. Предложенный прием оценки результатов применения выборочного метода имеет тот недостаток, что размеры среднего квадратич. отклонения σ_0 заранее не бывают известны. Обычно вместо величины σ_0 используют значение среднего квадратического отклонения в выборочной совокупности (обозначают его символом σ_0). Величина σ_0 обыкновенно мало разнится от σ_0 , и потому оценка результатов выборки не встречает тех препятствий, к-рые на первый взгляд кажутся непреодолимыми.

Вариация при стохастическом процессе. Если вариация признака является порождением стохастич. процесса, то в таком случае распределение вариантов принимает характерные для этого процесса черты. Пусть имеется совокупность, в к-рой доля признака равна p . Из этой совокупности наудачу выбирают s индивидов. Среди s отобранных индивидов может оказаться любое число m обладателей данного признака. При таких условиях m представляет собой варьирующую величину, которую можно принять любое значение в пределах от 0 до s . Каждый из этих вариантов возникает с определенной вероятностью P_m . Графическое изображение P_m как функции от аргумента m обладает характерными очертаниями. Получающаяся кривая имеет максимум при $m = sp$; при продвижении переменной m вправо или влево от значения sp кривая вероятностей приближается к оси абсцисс; при этом в средней своей части кривая обращена к оси абсцисс

вогнутостью, а вправо и влево от средней части обращена выпуклостью. Такие же характерные очертания приобретает кривая, служащая отображением стохастич. вариации, возникающей в таком процессе, специфич. особенность к-рого состоит в игре слепого случая при взаимном столкновении, взаимном комбинировании отдельных, независимых друг от друга единичных процессов. Биологич. С. дает многочисленные примеры такой вариации, графич. изображение к-рой подкашивает идею о стохастич. ее происхождении. С таким подкаском вполне гармонируют установленные современной биологией законы. Установлено существование особых носителей различных свойств организмов, передаваемых по наследству. Эти особые носители, выступающие в качестве отдельных самостоятельных единиц, называются г е н а м и. Относительно генов установлены два закона (известные под именем законов Менделя): 1) гены не влияют друг на друга; 2) они наследуются друг от друга независимо. Законами Менделя и объясняется то, что количественная вариация различных свойств организмов, напр. мышечной силы или крепости хлопкового волокна, возникает в условиях стохастического процесса. Так, измерение мышечной силы левой кисти руки у 366 ленинградских вагоновожатых дало следующее распределение этой силы:

Сила, кг	Численность	Сила, кг	Численность
12,5—17,5	6	37,5—42,5	85
17,5—22,5	13	42,5—47,5	30
22,5—27,5	38	47,5—52,5	10
27,5—32,5	74	52,5—57,5	4
32,5—37,5	106		

Измерение крепости одиночной хлопковой нити при прядении через три банкаброша дало следующие результаты:

Крепость, Г	Уд. в. дан. крепости, %	Крепость, Г	Уд. в. дан. крепости, %
150—170	1	250—270	22
170—190	4	270—290	11
190—210	11	290—310	8
200—230	16	310—330	2
230—250	21	330—350	1

В случае измерения крепости нити при упрощенном плане прядения (без перегонного банкаброша в одно сложение на тонком банкаброше) получилось следующее распределение крепости нити:

Крепость, Г	Уд. в. дан. крепости, %	Крепость, Г	Уд. в. дан. крепости, %
110—130	1	210—230	20
130—150	2	230—250	15
150—170	8	250—270	13
170—190	12	270—290	6
190—210	18	310—330	2

Распределения вариантов по их численности во всех случаях, подобных приведенным, м. б. оформлены при помощи ф-лы Гаусса:

$$P_{x-\bar{x}} = P_x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_0}}$$

где $x-\bar{x}$ — отклонения варианта x от среднего арифметического \bar{x} , а σ_0 — среднее квадратич. отклонение; что же касается величины P_x , то она определяется из выражения:

$$P_x = \frac{s \cdot a}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}}$$

где s — общая численность вариантов (в первом примере $s=366$, а втором $s=1$, поскольку сумма уд. весов вариантов была приведена к 100%, т. е. к единице), a — размер интервала группировки (в первом примере 5, а во втором 20). Для первого примера, в к-ром $s=366$, $a=5$, $\bar{x}=34,7$, $\sigma_0=7,38$, получаем:

$$P_{x-\bar{x}} = \frac{366 \cdot 5}{7,38 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2 \cdot (7,38)^2}} = 99e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{108,93}}$$

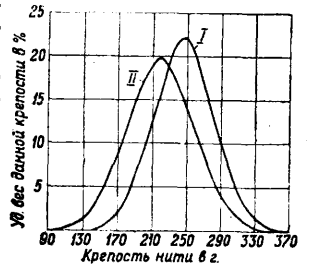
Для второго примера, в к-ром $s=1$, $a=20$, $\bar{x}=246,6$ и $\sigma_0=35,2$, получаем:

$$P_{x-\bar{x}} = \frac{1 \cdot 20}{35,2 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2 \cdot (35,2)^2}} = 0,227e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2478}}$$

Для третьего примера, в к-ром $s=1$, $a=20$, $\bar{x}=220,4$, $\sigma_0=40,6$, получаем:

$$P_{x-\bar{x}} = 0,197 e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{3297,72}}$$

Сопоставление распределений, указанных во втором и третьем примерах, так же как и сопоставление их средних характеристик \bar{x} и σ_0 , дают ясное указание на заметное различие двух способов прядения: через три банкаброша и без перегонного банкаброша в одно сложение на тонком банкаброше. Второй способ дает явно худшую продукцию: с одной стороны, средняя крепость ослабляется (220,4 г против 246,6 г), с другой стороны, усиливается неровнота нити, поскольку среднее квадратич. отклонение увеличивается (40,6 против 35,2). Сопоставление этих распределений представлено на диаграмме (фиг. 1).



Фиг. 1.

Сравнение различных распределений м. б. осуществлено двояким образом: а) либо путем непосредственного сопоставления конкретных распределений б) либо путем сопоставления средних их характеристик \bar{x} и σ_0 . Статистич. практика обычно предпочитает второй путь, поскольку им достигается более легкая обзорность всего материала. Однако названные средние могут действительно служить полной характеристикой распределения лишь при наличии однородной совокупности индивидов. В качестве примера явно неоднородной совокупности приведем следующие данные геологич. С. Вся земная поверхность, подразделенная на км², представляет собой совокупность единиц, различающихся между собой по высоте суши над уровнем моря и по глубине океанов. Получается след. распределение:

Варианты глубин океанов, км	Относит. численности	Варианты высот суши, км	Относит. численности
до 6	0,010	0—1	0,213
5—6	0,165	1—2	0,047
4—5	0,233	2—3	0,020
3—4	0,139	>3	0,012
2—3	0,047		
1—2	0,029		
0—1	0,085	Итого	1,000

Данное распределение ясно указывает на существование двух совершенно различных групп высот земной поверхности: одной, отвечающей материковым плато, и другой, отвечающей дну океанич. впадин; общая средняя в данном случае не имеет никакого смысла.

Закон ошибок Гаусса, выраженный в упоминавшейся выше ф-ле Гаусса, дает теорию стохастич. процесса, возникающего при многократных измерениях. Среди каких именно индивидов происходит этот стохастич. процесс? Теория закона погрешностей утверждает существование элементарных ошибок, различных по величине и направлению и возникающих с одинаковой вероятностью. Каждая фактически возникшая ошибка есть суммарный результат множества скомбинированных друг с другом таких элементарных ошибок. В действительности дело обстоит гораздо сложнее и запутаннее. Бесчисленное множество элементарных, незначительных влияний среды, переплетаясь многоразличным образом не только в форме суммы, но и в форме других более сложных функций, в конечном результате может рассматриваться как сумма элементарных исчезающе малых величин. Т. о. элементарные ошибки и их сумма представляют собой лишь упрощенное математическое отображение процесса измерения в его бесконечных опосредствованиях—связях, зависимостях от различных влияний среды. В качестве примера использования закона ошибок Гаусса возьмем результаты изменения заряда электрона, произведенные известным экспериментатором Милликеном. По условиям эксперимента определялся не самый заряд e , а связанная с ним величина $e^2/4 \cdot 10^6$. Результаты продельанных 58 измерений изображены в следующей таблице в порядке возрастания численных значений.

60,79	61,03	61,09	61,14	61,21	61,28
60,83	61,04	61,10	61,15	61,22	61,30
60,87	61,04	61,11	61,16	61,22	61,31
60,95	61,06	61,11	61,16	61,22	61,35
60,97	61,06	61,12	61,18	61,23	61,38
61,00	61,06	61,13	61,18	61,23	61,37
61,00	61,07	61,13	61,18	61,23	61,38
61,00	61,07	61,13	61,20	61,24	61,39
61,01	61,07	61,13	61,20	61,24	
61,02	61,09	61,14	61,21	61,26	

Средняя $\bar{x} = 61,139$; среднее квадратич. отклонение $\sigma_0 = 0,1280$. Распределение результатов измерений в сопоставлении с распределением, вычисленным по закону Гаусса, представлено в следующей таблице:

Варианты	Численность измерений	
	фактическая	исчисленная
до 60,819	1	0
60,819—60,947	2	4
60,947—61,075	16	14
61,075—61,203	20	22
61,203—61,331	14	14
61,331—61,459	5	4
61,459 и выше	0	0

Из сопоставления численности фактической и исчисленной видно, насколько хорошо закон Гаусса отображает действительность.

Средние. При наличии стохастич. вариации средние \bar{x} и σ_0 играют вполне определенную роль характеристик такой вариации. Использование средних широко распространено в практике не только для характеристики стохастич. вариации, но и всякой вариации, возникающей в любом массовом процессе. Бур-

жуазные теоретики и практики игнорируют то обстоятельство, что вне рамок стохастич. процесса средние теряют свой специфич. смысл и приобретают иное содержание. Всякая совокупность, с которой имеет дело С., состоит из многих различающихся между собой индивидов, напр. рабочие какого-либо з-да различаются между собой и своей квалификацией и заработной платой и т. п. При сопоставлении нескольких совокупностей возникает надобность в числовых характеристиках каждой из них. На вопросы, обладают ли рабочие данного предприятия большей квалификацией по сравнению с рабочими другого предприятия и получают ли они большую заработную плату, ответить можно лишь после того, как квалификация и заработная плата на каждом предприятии охарактеризованы одним числом. Такую именно цель и ставит перед собой средняя: она должна при посредстве одного числа дать характеристику относящейся к ней реальной совокупности; она должна запечатлеть количественное отличие качественного определения данной совокупности от любой другой. Так средняя заработная плата данной совокупности рабочих отличается ее по заработной плате от любой другой совокупности. Средняя является в результате абстрагирования от количественной вариации данного признака в пределах совокупности. Но абстрагируясь от количества, мы не абстрагируемся от качества, а наоборот, стремимся количественное выражение этого качества запечатлеть в средней. Вместе с тем средняя не может отобразить характера вариации признака внутри данной совокупности. И тем более средняя не может охарактеризовать известные признаки таких совокупностей, к-рые по этим признакам разбиваются на ряд отдельных совокупностей. В качестве разительного примера глубоко ошибочного использования средних можно привести отмеченную в свое время Лениным ошибку народников. Они строили свои выводы на основании средних, определяемых для всей совокупности крестьянства. Ленин показал, что народническое понимание крестьянства как единой совокупности представляет собой мешанину из отдельных совокупностей сельских капиталистов, мелких самостоятельных товаропроизводителей и пролетариев. «Получаемые от такого сложения средние заглушывают разложение крестьянства и являются поэтому чисто фиктивными».

Средняя д. б. заранее рассчитана на отображение какого-либо одного свойства, к-рое называется определяющим, т. к. оно определяет, как именно следует вычислить среднюю, напр. средняя заработная плата д. б. рассчитана так, чтобы общая сумма реальной заработной платы всей совокупности рабочих не потеряла изменений. Т. о. средняя есть величина признака x , характеризующая каждый индивид в абстрактной уравненной совокупности, заменяющей реальную совокупность и сохраняющей нетронутым количественное выражение определяющего свойства реального коллектива. Пусть определяющее свойство выражается ф-ией $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_1, x_2, \dots, x_n —варианты данного признака. После уравнивания его вариации на место x_i станет средняя \bar{x} . Тогда величина, измеряющая определяющее свойство, окажется равной $f(\bar{x}, \bar{x}, \dots, \bar{x})$. Здесь все операции, обозначаемые символом f , следует произвести уже не над значениями

x_i , а над значениями того же признака в уравненной совокупности. Т. о. получается ур-ие, называемое ур-ием средней:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_s) = f(\bar{x}, \bar{x}, \dots, \bar{x}).$$

Пример 1. Определить среднюю заработную плату рабочих данного предприятия, исходя из того, что общая сумма заработной платы должна остаться неизменной. Ответ:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_s = \bar{x} + \bar{x} + \dots + \bar{x} = s\bar{x},$$

откуда получаем для искомой средней формулу средней арифметической

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_s}{s}.$$

Пример 2. Определить среднюю скорость молекул газа, исходя из того, что общая сумма живых сил молекул должна остаться неизменной. Полагая массу каждой молекулы одинаково равной m , получаем следующее ур-ие:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + \dots + \frac{1}{2}mv_s^2 = \\ = \frac{1}{2}m\bar{v}^2 + \frac{1}{2}m\bar{v}^2 + \dots + \frac{1}{2}m\bar{v}^2$$

или после сокращения на $\frac{1}{2}m$:

$$\sum_{i=1}^s v_i^2 = s\bar{v}^2,$$

откуда находим:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s v_i^2},$$

т. е. средняя скорость молекулы д. б. определена как средняя квадратическая.

Пример 3. Каждая единица продукции требует со стороны различных рабочих неодинаковых затрат рабочего времени. Требуется определить среднее на единицу продукции количество рабочего времени, ориентируясь на неизменность общей суммы продукции. Имеем:

$$\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_s} = \frac{1}{\bar{x}} + \frac{1}{\bar{x}} + \dots + \frac{1}{\bar{x}},$$

откуда:

$$\bar{x} = \frac{s}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_s}},$$

т. е. средняя определилась как средняя гармоническая.

Пример 4. Средний диаметр деревьев при ориентировке на средние линейные размеры этого признака исчисляется как средняя арифметическая по ф-ле:

$$\bar{D} = \frac{\sum sD}{\sum s},$$

где s —количество деревьев данного диаметра или, как принято говорить, данной ступени толщины. При иной ориентировке форма средней соответственно видоизменяется, напр. средний диаметр деревьев, ориентированный на определение средней площади сечения стволов, определится в форме средней квадратической:

$$\bar{D}' = \sqrt{\frac{\sum sD^2}{\sum s}},$$

т. к. площадь сечения пропорциональна квадрату диаметра.

Проиллюстрируем сказанное на конкретном примере. Имеются 46 деревьев ливенницы, распределенные по ступеням толщины сл. обр.;

Ступени толщины	Число деревьев	Ступени толщины	Число деревьев
8	4	24	5
12	12	28	3
16	12	32	1
20	9	Итого	46

Средняя арифметическая исчисляется так:

$$\bar{D} = \frac{8 \cdot 4 + 12 \cdot 12 + 16 \cdot 12 + 20 \cdot 9 + 24 \cdot 5 + 28 \cdot 3 + 32 \cdot 1}{4 + 12 + 12 + 9 + 5 + 3 + 1} = 17,04.$$

Средний же диаметр, исчисленный по формуле средней квадратической, равен:

$$\bar{D}' = \sqrt{\frac{64 \cdot 4 + 144 \cdot 12 + 256 \cdot 12 + 400 \cdot 9 + 576 \cdot 5 + 784 \cdot 3 + 1024 \cdot 1}{4 + 12 + 12 + 9 + 5 + 3 + 1}} = 18,00.$$

Средняя квадратическая, как и всегда это бывает, оказалась больше, чем средняя арифметическая.

Пример 5. Для шарикоподшипников некоторой машины требуется комплект шариков различных радиусов.

Радиус, см	Численность, %
1	20
2	30
3	40
4	10
Итого . . . 100%	

Как велик средний радиус шариков, ориентированный на средний их вес? Т. к. вес шариков пропорционален их объему, а объем пропорционален кубу радиуса, то искомая средняя определится как средняя кубическая:

$$\bar{R} = \sqrt[3]{1^3 \cdot 0,2 + 2^3 \cdot 0,3 + 3^3 \cdot 0,4 + 4^3 \cdot 0,1} = 2,7.$$

Для сравнения определим среднюю арифметическую по формуле:

$$\bar{R} = 1 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 = 2,3.$$

В приведенных выше примерах ф-ия f выступала каждый раз как сумма одинаковых ф-ий φ от соответствующих x_i : в первом примере φ —первая степень от x_i , во втором—квадрат x_i , в третьем—обратная величина x_i . Такое суммальное строение ф-ий f есть общая форма определяющей ф-ии, т. к. форма эта вытекает из самой сущности статистич. совокупности. Эта совокупность с чисто количественной стороны есть нек-рое множество различных количеств. А наиболее общей, и в то же время первоначальной и простейшей формой такого множества является именно сумма: произведение есть частный случай суммы, ибо возникает при наличии одинаковых слагаемых, степень—частный случай произведения (при одинаковых сомножителях). Т. о. общая форма определяющей ф-ии имеет следующий вид:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_s) = \varphi(x_1) + \varphi(x_2) + \dots + \varphi(x_s).$$

Измерение связи. Каждый количественно определяемый признак какого-либо явления зависит от ряда условий. И т. к. эта зависимость имеет количественный характер, то она находит свое отображение в виде функциональной связи как всеобщей формы связи в области количественных отношений. Влияющие на данный признак условия выступают как аргументы, а величина

признака—как их функция. Измерение параметров этих ф-ий, а также измерения тесноты связи составляет одну из главных задач С. Как было указано выше, при определении средней величины признака абстрагируются от всех влияющих на его величину аргументов, и в таком случае средняя выступает как величина постоянная. Если от такой полной абстракции обратиться к учету влияния одного или нескольких аргументов, тогда средняя становится уже величиной переменной, зависящей от вводимых в расчет аргументов, в той или иной форме и с той или иной теснотой связи, т. е. средняя оказывается ф-ией одного или нескольких аргументов. Какой именно ф-ией—линейной, квадратической, показательной или еще какой-либо,—этот вопрос решается рассмотрением природы зависимости. Ур-ие, запечатлевающее описанную выше зависимость, называется уравнением прогрессии. (В статистич. литературе оно называлось до сих пор и ур-ием, и теоретич. ур-ием, и ур-ием регрессии.)

Уравнение прогрессии. Как возникает и составляется ур-ие прогрессии, выясним на конкретных примерах.

Пример 1. Каждый рабочий какого-либо предприятия вырабатывает в течение месяца известное количество продукции. Месячная продукция каждого рабочего представляется варьирующим признаком. Абстрагируясь от учета аргументов, обуславливающих эту вариацию, получаем в качестве характеристики месячной продукции каждого участника совокупности рабочих данного предприятия средней месячный размер продукции. Обращаясь теперь от полной абстракции к учету времени (в часах), отработанного рабочим в течение месяца, получим, что прежняя постоянная средняя должна стать переменной, функционально связанной с указанным выше количеством времени. Т. к. связь между этими величинами есть связь пропорциональная, то она должна запечатлеться в форме линейной ф-ии. Обозначим через y продукцию отдельных рабочих, через y_x —среднюю постоянную, т. е. без учета времени, через y_x среднюю переменную, зависящую от аргумента x —количества часов работы; тогда $y = a$, где a —норма месячной выработки; ур-ие прогрессии:

$$y_x = kx,$$

где k —норма часовой выработки. Параметр k этой ф-ии представляет собой величину постоянную в той мере, поскольку она, характеризуя среднюю часовую выработку, является результатом абстрагирования от всех условий, ее определяющих, т. е. и от типа оборудования, и от степени его изношенности, и от квалификации рабочего и т. д. И еще особо следует отметить, что влияние аргумента x будет учтено в чистом виде лишь при неизменном условии независимости k от x . Нельзя конечно в данном случае считать такую независимость полной, однако можно определенно утверждать, что связь между k и x —весьма отдаленная по сравнению со связью между временем x и количеством продукции y . Величина y_x при каждом фиксированном x отклоняется более или менее сильно от соответствующих y_x , поскольку месячная выработка отдельных рабочих при одинаково затраченном времени x не

становится еще одинаковой. Но отклонения y_x от соответственных y_x в среднем окажутся ниже, чем среднее отклонение общей средней y от индивидуальных y .

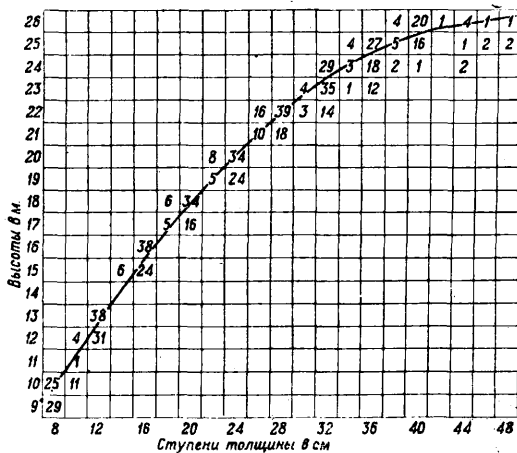
Пример 2 (из материалов, собранных в 1926 году Здориком в б. Нижегородских лесах). О связи между высотой дерева и его диаметром на уровне груди человека (1,3 м) для деревьев различной породы и различного качества—бонитета. Исследование велось на специально отобранных модельных деревьях. Имеются следующие сведения о высотах 634 деревьев ели II бонитета. Вся эта совокупность деревьев распределилась по высоте следующим образом:

Высота в м.	Колич. дерев.	Высота в м.	Колич. дерев.	Высота в м.	Колич. дерев.
8	29	15	30	21	28
10	36	16	38	22	72
11	1	17	21	23	52
12	35	18	40	24	55
13	38	19	29	25	57
14	0	20	42	26	31

Средняя высота \bar{H} определена как средняя арифметическая из ф-лы:

$$\bar{H} = \frac{\sum sH}{\sum s} = 18,91$$

(в этой ф-ле s —число деревьев каждой высотной группы и $\sum s = 634$). Но высота дерева связана с его диаметром. Рост дерева определяется в первую очередь количеством питательного вещества, проникающего от корней до самой верхушки. Т. к. количество протекающего вещества d , б. приблизительно пропор-



Фиг. 2.

ционально площади поперечного сечения дерева, т. е. приблизительно пропорционально квадрату диаметра, то высота H в конечном подсчете должна выразиться как квадратич. ф-ия от диам. D (одного из частных значений диаметра дерева, k -рое определяется на уровне груди человека). Таким образом получается следующее уравнение прогрессии:

$$\bar{H}_D = a_0 + a_1 D + a_2 D^2.$$

Посмотрим теперь, что дает группировка материала не только по высоте H , но и по диаметру D . На фиг. 2 дана зависимость между высотой

дерева и его диаметром (ступенями толщины): кривая линия характеризует уравнение регрессии. Данные диаграммы, весьма явственно указывающие на наличие достаточно тесной зависимости между H и D , позволяют определить численные величины параметров a_0 , a_1 и a_2 . Параметры эти исчислены были при помощи наиболее удобного в техническом отношении способа наименьших квадратов. В применении к нашему примеру способ наименьших квадратов приводит к следующей системе ур-ий:

$$\begin{aligned} a_0 \sum s + a_1 \sum s D + a_2 \sum s D^2 &= \sum s H; \\ a_0 \sum s D + a_1 \sum s D^2 + a_2 \sum s D^3 &= \sum s H D; \\ a_0 \sum s D^2 + a_1 \sum s D^3 + a_2 \sum s D^4 &= \sum s H D^2; \end{aligned}$$

здесь s —численности группы, отвечающие каждой данной паре значений H и D ; отсюда

$$a_0 = 2,158; \quad a_1 = 0,9964; \quad a_2 = -0,0105.$$

Таким образом ур-ие $\bar{H}_D = a_0 + a_1 D + a_2 D^2$ приобретает вид:

$$\bar{H}_D = 2,158 + 0,9964D - 0,0105D^2.$$

Давая D ряд значений от 8 до 48, получаем соответственные значения \bar{H}_D . Они приведены в нижеследующей таблице. В этой же таблице представлены в целях сопоставления средние значения \tilde{H}_D для каждой изолированной, ограниченной пределами каждого данного диаметра, группы деревьев:

D	\bar{H}_D	\tilde{H}_D	D	\bar{H}_D	\tilde{H}_D
8	9,5	9,5	32	23,3	23,2
12	12,6	12,6	36	24,4	24,3
16	15,4	15,6	40	25,2	25,5
20	17,8	17,7	44	25,6	25,3
24	20,0	19,6	48	25,8	25,3
28	21,8	21,7			

Коэффициент корреляции. Выше уже отмечалось, что зависимость между переменной средней и ее аргументами может проявляться с той или иной теснотой связи. Задача измерения тесноты связи разрешается при помощи определения коэф-та корреляции. Как он вычисляется, покажем на разобранном выше примере зависимости высоты H дерева от его диам. D . Как было указано, вне учета размеров диам. D высота деревьев в среднем определилась в 18,91 м. Эта средняя отклонилась от реальных высот, варьирующих в пределах 9—26 м. Средний размер отклонений, будучи определен как средний квадрат отклонений v_0^2 значений от общей средней \bar{H} , оказывается равным 26,00:

$$v_0^2 = \frac{\sum s (\bar{H} - H)^2}{\sum s} = 26,00.$$

Примем далее в расчет связь H и D в форме определенного выше ур-ия прогрессии. Исчисленные \bar{H}_D при каждом D отклоняются от соответственных H_D гораздо слабее, напр. при $D = 12$ имеем:

$$\bar{H}_D = 12,6; \quad H_D = 12 \text{ и } 13$$

и отклонения оказываются равными +0,6 и -0,4. Средний размер этих новых отклонений, оцененный точно так же, как средний квадрат отклонений v_0^2 значений \bar{H}_D от соответственных H_D , получается равным:

$$v_1^2 = \frac{\sum s (\bar{H}_D - H_D)^2}{\sum s} = 0,43.$$

Коэф. корреляции r определяется при помощи выражения:

$$r = \sqrt{\frac{v_0^2 - v_1^2}{v_0^2}}.$$

Для нашего случая имеем:

$$r = \sqrt{\frac{26,00 - 0,43}{26,00}} = 0,992.$$

Чтобы ясней представить себе значение полученной цифры, определим коэф. корреляции для предельного случая, когда все значения \bar{H}_D совпадают в точности со значениями H_D , т. е. средний квадрат отклонений $v_1^2 = 0$. В таком предельном случае коэф. корреляции оказался бы равным 1:

$$r = \sqrt{\frac{v_0^2 - 0}{v_0^2}} = 1.$$

В другом предельном случае, когда учет аргумента D никак не отражается на значениях \bar{H}_D , т. е. значения эти всюду совпадают с \bar{H} (общим средним), нет никакой разницы между v_0^2 и v_1^2 и коэф. корреляции

$$r = \sqrt{\frac{v_0^2 - v_0^2}{v_0^2}} = 0.$$

Т. о. r выражается всегда правильной дробью. Полученное выше значение $r = 0,992$ свидетельствует о чрезвычайно тесной связи между высотой ели и ее диаметром, по крайней мере в пределах данного бонитета.

Разберем пример измерения связи из практики нефтяной пром-сти. Для определения ожидаемого годового дебита скважин учитывается зависимость между годовыми дебитами двух смежных годов. Ур-ие прогрессии дает возможность на основании данных текущего года предвычислить дебит следующего года, а коэф. корреляции укажет размер возможных расхождений между предвычисленной цифрой и действительностью. При этих расчетах обычно исходят не из абсолютных размеров дебита, а из их логарифмов. И так делают по следующей причине. Дебит скважин падает, как это установлено проф. Лейбензоном, в среднем по закону геометрической прогрессии $y = Ak^x$, или по следующему выражению

$$\lg y = \lg A + x \lg k.$$

Обычно пользуются вторым выражением в виду его большей вычислительной простоты. Обозначив логарифм дебита каждой скважины текущего года через u , а логарифм дебита следующего года через u_0 , получаем для ур-ия прогрессии следующую линейную форму:

$$u_0 = a_0 + a_1 v.$$

По данным IV пласта Раманинского района Бакинского месторождения имеются следующие сведения (см. таблицу на стр. 945—946). На основании этих данных получилось конкретное ур-ие прогрессии:

$$u_0 = 0,3154 + 0,7848v.$$

Коэффициент корреляции оказался равным 0,855, т. е. он оказался достаточно высоким по своей величине.

Наконец рассмотрим пример из практики исследования продолжительности горения

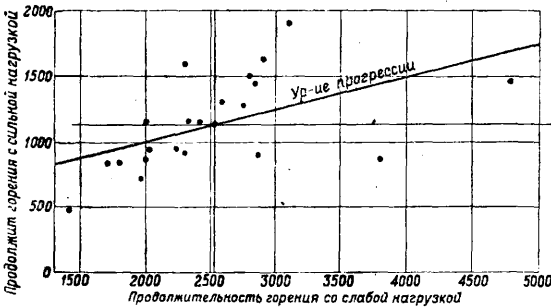
Корреляционная зависимость u_p от v .

v	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	Итого
3,5								1	0	1	0	2	1	5
3,3								0	2	2	1	6	3	14
3,1							1	1	1	12	10	6		37
2,9						3	2	1	10	13	15	1		48
2,7					3	2	14	18	39	13	2			91
2,5				2	2	6	22	54	28	2				116
2,3			1	0	5	15	64	54	5	1				145
2,1		1	2	11	17	58	72	14	2					177
1,9		1	5	14	36	51	13	4						124
1,7	1	0	6	27	27	14	2							77
1,5	0	5	12	36	10	3								66
1,3	3	5	6	7	1	1								23
1,1	1	7	0	0	1	2								11
Итого	5	19	32	97	102	155	190	153	90	44	28	15	4	934

электрич. ламп при разной нагрузке. Подвергается сравнению средняя продолжительность горения ламп различных серий, характеризующихся материалом нити. В пределах каждой серии лампы распределяют на две равночисленные группы: в первую группу относят лампы с сильной нагрузкой, а во вторую — со слабой. Затем для каждой пары групп определяют соответствующую пару средних, к-рые в дальнейшем подвергаются сопоставлению в ряду различных серий, как это можно видеть из следующего конкретного примера:

Серия	Средняя продолжительность горения		Серия	Средняя продолжительность горения	
	Слабый нагрев	Сильный нагрев		Слабый нагрев	Сильный нагрев
1	3181	1907	12	1963	722
2	4781	1465	13	1401	483
3	2924	1633	14	2884	872
4	2004	878	15	1712	824
5	2293	1804	16	2415	1143
6	3799	866	17	2046	929
7	2808	1501	18	2831	1431
8	1781	833	19	1996	1153
9	2590	1307	20	2327	1150
10	2755	1274	21	2237	935
11	2300	912			

Данные вышеприведенной таблицы представлены также на фиг. 3. Ставится задача: опреде-



Фиг. 3.

лить форму и тесноту связи между продолжительностями горения слабой и сильной нагрузок. Форма связи, т. е. у-ие прогрессии, м. б. сочтена в порядке первого приближения линейной. Поэтому имеем:

$$y_x - \bar{y} = a(x - \bar{x}),$$

где x — продолжительность горения сильной нагрузки; \bar{x} — общая для всех серий средняя

продолжительность горения сильной нагрузки; y_x — средняя продолжительность горения слабой нагрузки, поставленная в зависимость от продолжительности x горения сильной нагрузки; y — общая для всех серий средняя продолжительность горения слабой нагрузки. Коэффициент a определится по способу наименьших квадратов:

$$a = \frac{\Sigma(y - \bar{y})(x - \bar{x})}{\Sigma(x - \bar{x})^2}.$$

Средние x и y оказываются равными: $x = 2524$ и $y = 1136$; $a = 0,243$. Т. о. искомое у-ие прогрессии принимает вид:

$$y_x - 1136 = 0,243(x - 2524)$$

или

$$y_x = 523 + 0,243x.$$

Мера тесноты связи между исследуемыми переменными, т. е. коэф. корреляции, определится из ф-лы (вывода ее здесь не даем):

$$r = \sqrt{\frac{\Sigma(y - \bar{y})^2 - \Sigma(y - y_x)^2}{\Sigma(y - \bar{y})^2}} = \frac{\Sigma(y - y_x)(x - \bar{x})}{\sqrt{\Sigma(y - \bar{y})^2 \cdot \Sigma(x - \bar{x})^2}} = 0,527.$$

Теснота связи, как видно, не особенно велика, что и усматривается из фиг. 3. Рассеяние отдельных измерений в данной диаграмме несравненно выше рассеяния, запечатленного в диаграмме фиг. 2, где коэф. корреляции был равен 0,992.

Лит.: Статистика, учебник для вузов, составленный бригадой Комкадемии под руководством В. И. Хотимского, М.—Л., 1932; Воярски и А. и другие, Теория математич. статистики, под ред. В. С. Истремского и В. И. Хотимского, 2 изд., М.—Л., 1931. Б. Ястремский.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, см. Кинематическая теория и Механика квантовая.

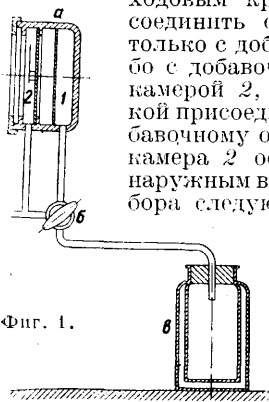
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, см. Счетные машины.

СТАТИСТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ, см. Балки простые, Система.

СТАТОСКОП, прибор, служащий для определения степени неизменности измеряемой величины; для определения абсолютных значений этой величины он, говоря вообще, не приспособлен. В авионавигации С. служат для облегчения летчику сохранения неизменным заданного авионавигационного элемента, и в связи с этим применяются С. высоты, скорости и курса. Последний получил особое название «указателя поворота» вследствие его комбинирования с относительным уклономером и в связи с этим расширения области его примене-

ния. В настоящее время наибольшее распространение получил С. высоты.

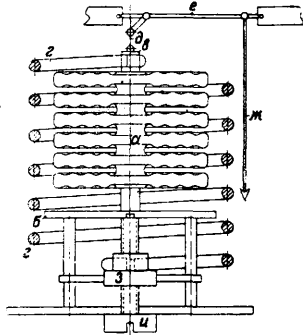
Вследствие сходства между схемами устройства С. скорости и высоты рассмотрим последний. Весьма чувствительный (заметное перемещение стрелки имеет место при разности давлений порядка одного или даже долей мм вод. ст.) манометр *a* (фиг. 1) снабжен трех-



Фиг. 1.

ходовым краном *b*, позволяющим соединить одну из камер 1 либо только с добавочным объемом *v* либо с добавочным объемом и второй камерой 2, и герметичной проводкой присоединяется камерой 1 к добавочному объему воздуха. Вторая камера 2 остается соединенной с наружным воздухом. Действие прибора следующее: пока высота не меняется, трехходовой кран ставится в такое положение, чтобы добавочный объем и обе камеры были соединены с атмосферой. В этом случае прибор не работает. При необходимости сохранения

высоты трехходовой кран поворачивается в такое положение, чтобы камера 1 прибора и добавочный объем воздуха, оставаясь соединенными, были бы герметично закрыты от доступа наружного воздуха, камера же 2 остается соединенной с наружным воздухом. Т. о. при изменении давления наружного воздуха вследствие изменения высоты воздуха, заключенный в закрытом добавочном объеме и камере 1, начнет расширяться или сжиматься, вызывая перемещение мембраны и стрелки манометра. При соединении добавочного объема воздуха к камере 1 вызывается следующими причинами. Свяжем угловое перемещение *a* стрелки с линейным перемещением *l* центра мембраны и пружины некр-рым коэф-том *k*, т. е. $a = kl$. Обозначим далее удельную силу упругой системы (пружины мембраны) f_0 , эффективную площадь мембраны *s*, разность давлений в камере Δp , тогда $l = \frac{s\Delta p}{f_0}$ или $a = \frac{ks\Delta p}{f_0}$. Т. к. в пер-



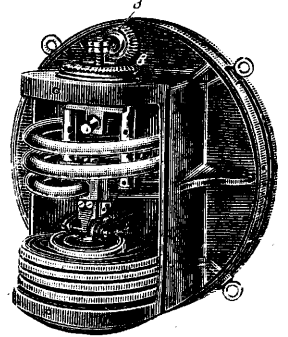
Фиг. 2.

вой камере мы имеем закрытый объем воздуха, то перемещение мембраны вызовет изменение закрытого объема и следовательно изменение давления в этом объеме, что нежелательно, т. к. действие данного прибора основано на измерении изменения давления наружного воздуха относительно некр-рого постоянного давления, полученного в закрытом объеме. Если это изменение давления обозначить $\Delta'p$, то его абсолютная величина выразится: $\Delta'p = p \left(1 - \frac{VT_1}{V_1T} \right)$, где *p* — абсолютное значение начального давления в закрытом объеме, *V* — первоначальная величина закрытого объема, $V_1 = V \pm \Delta V$ — изменившаяся величина закрытого объема, *T* — начальная абсолютная темп-ра

воздуха в закрытом объеме и T_1 — изменившаяся абсолютная темп-ра. Если считать, что абсолютная t° , *T*, закрытого объема воздуха остается неизменной, т. е. $T = T_1$, то $\Delta'p = p \left(1 - \frac{V}{V_1} \right)$.

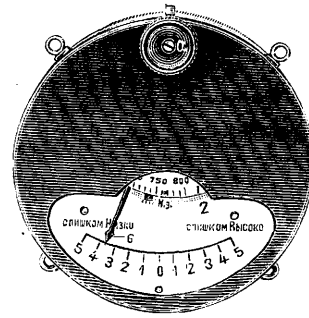
В данном случае показание прибора будет $a = \frac{ks(\Delta p - \Delta'p)}{f_0}$, т. е. величина $\Delta'p$ д. б. по возможности мала по отношению к величине Δp или, что то же самое, отношению $\frac{V}{V_1}$ д. б. по

возможности близко к единице. Последнее достигается подключением к камере прибора значительного добавочного объема по сравнению с изменением объема, происходящим вследствие перемещения мембраны. Изменение температуры закрытого объема также отражается на показаниях прибора, и так как t° наружного воздуха не остается постоянной, то добавочный объем обыкновенно изолируется от влияния t° (обыкновенно применяются термосы). Если обе камеры такого прибора соединить с динамической трубкой указателя скорости и затем на той



Фиг. 3А.

скорости, к-рую необходимо поддерживать постоянной, выключить камеру 1 с добавочным объемом, оставив камеру 2 соединенной с динамик. трубкой приемника, то он может работать в качестве статоскопа скорости. Т. к. с помощью данного прибора измерение отклонения от заданной высоты про-



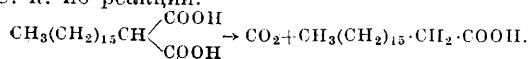
Фиг. 3Б.

изводится путем измерения отклонения от заданного давления, то шкала высот обыкновенно на них не наносится, так как одному и тому же изменению давления на различных высотах соответствуют различные изменения высоты. В большинстве случаев статоскопы данного типа имеют добавочный вентиль, с помощью к-рого закрытый объем воздуха при открытом вентиле может получать сообщение с наружным воздухом через капилляр. В этом случае они могут работать в качестве в а р и о м е т р о в, т. е. приборов, указывающих скорость изменения измеряемой величины. Более совершенный тип С. высоты строится на принципе высотомера с применением крутильных весов. Т. к. в данном случае требуется повышенные чувствительности обыкновенного шеститысячного высотомера примерно в 50 раз, то это достигается следующим способом: 1) уменьшением хода анероидной коробки путем применения набора из 4—5 коробок; 2) увеличением хода пружины (примерно в 10 раз) путем применения толстой спиральной пружины большого диаметра (5—8 см) и значительным уменьшением передачи на стрелку; 3) увеличением мощности прибора путем применения

коробок большого диаметра; 4) сохранением наименьшего хода коробок путем применения принципа крутильных весов. Принципиальная схема прибора изображена на фиг. 2; набор анерондных коробок *a* одним концом прикрепляется к станине *b*, другой свободный конец *c* соединяется с верхним концом пружины *g* и передается через тягу *d* и рычаг *e* движение на стрелку *ж*. Нижний конец пружины укреплен на гайке *з*, к-рая при вращении винта *и* сообщает ей большее или меньшее натяжение. Т. о. данный прибор имеет две шкалы—одну грубую, связанную с перемещением закрепленного в гайке конца пружины или, что то же, с углом поворота винта *и*, и другую точную, на к-рую указывает стрелка *ж*. Конструктивное выполнение механизма и шкалы С. фирмы Бамберг (Германия) изображены на фиг. 3А и 3Б. Изменение натяжения пружины производится кнопкой *a* через конич. зубчатки *б* и *в*. Шкала *г*, указывающая давление в мм Hg, связана с вращением винта. Отклонение от установленного на шкале *г* давления в ту или другую сторону указывается также в мм Hg. С., давая значительное удобство при необходимости сохранения измеряемой величины неизменной, неудобен для измерения элементов, меняющихся в значительных пределах вследствие необходимости при каждом измерении, превышающем диапазон его точной шкалы, произвести с ним нек-рые манипуляции. С. Ноздровский.

СТЕАРИНОВАЯ КИСЛОТА, $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{O}_2$, одна из наиболее важных высших жирных предельных кислот. В природе встречается: в виде цетилового эфира в спермацете, связанной с глицерино-фосфорной кислотой и холин-ом в лецитинах, в жире человека и т. д. Технические имеют значение лишь сложные эфиры С. к. и глицерина, находящиеся в растительных и животных жирах (в бараньем и бычачьем сале, в свином жире, в коровьем масле, в масле какао, в масле «Shea» и др. С. к. кристаллизуется в листочках с $t_{\text{пл.}}^{90} = 71-71,5^\circ$; $t_{\text{пл.}}^{80} = 71,5^\circ$, при 100 мм рт. ст. 291° , при 17 мм 238° , при 15 мм 232° , при 0,25 мм $158-160^\circ$; удельные веса С. к. для различных температур: $D_4^{20} = 0,9408$, $D_4^{60} = 0,8454$, $D_4^{70} = 0,8428$, $D_4^{80} = 0,8336$, $D_4^{105,8} = 0,8250$. Показатели преломления С. к. для желтой линии натрия *D* и для линий водорода α и β при различных температурах (по различным авторам): $n_D^{20} = 1,42924$, $n_D^{70} = 1,43664$, $n_D^{105,8} = 1,41910$, $n_D^{105,8} = 1,42663$, $n_D^{71} = 1,4325$, $n_D^{80} = 1,43003$. Молекулярная теплота сгорания $2711,8$ Cal. Смесь С. к. и пальмитиновой к-ты дает «твердый раствор», который разделить на составные части кристаллизацией из спирта не удается. В воде С. к. нерастворима, растворяется в 40 ч. холодного спирта, при 50° —в 1 ч. спирта (плотность спирта 0,794); 1 ч. бензола извлекает при 23° 0,22 ч. к-ты, 1 ч. сероуглерода—0,3 ч.; растворимость С. к. в бензине при 0° равна 0,4%.

Способы получения. С. к. может быть получена из цетилацетоуксусного эфира нагреванием с конц. спиртовым раствором едкого кали. При нагревании цетилмалоновой к-ты отщепляется молекула CO_2 и образуется С. к. по реакции:

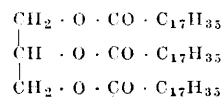


Способ этот имеет лишь теоретич. значение. Технический представляет интерес восстановле-

ние олеиновой (или элаидиновой) к-ты в стеариновую водородом в присутствии катализаторов. Катализатором обычно служит никель, медь при $280-300^\circ$ или коллоидный палладий. Существуют способы электролитического восстановления олеиновой к-ты в стеариновую: в спирто-солянокислом растворе (с катодом из никелевой проволоки в виде сетки) или в спиртово-сернокислом растворе (с платиновым катодом) и т. д. Методы электролитич. восстановления дают хорошие выходы С. к. при хорошо подобранном материале для катода. При получении С. к. в лабораторных условиях целесообразнее всего исходить из бараньего жира, к-рый омыляют раствором едкого кали ($1/3-1/4$ N KOH на 1 ч. жира); полученную смесь калиевых солей (мыло) разлагают соляной к-той и перекристаллизовывают выделившиеся к-ты несколько раз из спирта. Чрезвычайно удобно для получения С. к. масло «Shea» (растит. жир), к-рое из жирных предельных к-т содержит исключительно С. к. Содержащаяся в «Shea» масле непредельная олеиновая к-та (в виде глицерида) легко м. б. отделена от С. к. прессованием смеси, полученной после омыления (олеиновая к-та—жидкость). Из технич. стеарины смеси пальмитиновой и С. к. (см. Жиры и масла)—чистую С. к. можно выделить с л. обр. Горячий спиртовой раствор стеарина осаждается спиртовым же раствором 1 ч. уксуснокислого магния. При этом осаждается в виде белых листочков почти чистая стеариново-магневая соль $\text{Mg}(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{O}_2)_2$. Последняя разлагается нагреванием с соляной к-той, и полученная С. к. перекристаллизовывается из спирта. Количественное определение С. к. в смеси жирных к-т производится с л. обр.: 0,5 ÷ 1 г твердой смеси или 5 г жидкой смеси к-т растворяется в 100 см³ насыщенного при 0° спиртового раствора С. к. (плотность спирта 0,8183). Раствор оставляют на ночь в шкафу с ледяным охлаждением, затем фильтруют при 0° . Нерастворенный остаток промывают стеариновокислым раствором, сушат и взвешивают.

Химич. свойства С. к. При окислении азотной к-той С. к. дает glutаровую к-ту $\text{COOH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$; при окислении щелочным раствором перманганата получают к-ты: нормальная валериановая к-та, масляная, уксусная. При действии на С. к. брома и красной фосфора получается α -бромстеариновая к-та $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{BrO}_2$. При нагревании С. к. в токе водорода перегоняется частью неизменная С. к., частично же получают кетон стеарион $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{O}$, $\text{CO}(\text{C}_{17}\text{H}_{33})_2$, углеводороды ряда C_nH_{2n} , уксусная к-та, углекислота CO_2 и т. д.

С. к. образует со спиртами ряд сложных эфиров. Смешанные эфиры С. к. и других жирных к-т с глицерином имеют большое значение вследствие их распространения в природе. Во многих животных и растительных жирах встречается полный сложный эфир С. к. и глицерина, т. н. тристеарин



кристаллизующийся из эфира в призматич. столбиках с $t_{\text{пл.}}^{90} = 71,50^\circ$. Уд. вес $D_4^{20} = 0,8621$. Растворим в бензоле, хлороформе и горячем спирте, немного—в кипящем эфире и почти нерастворим в холодном спирте и эфире.

Цетиловый эфир стеариновой кислоты $(\text{C}_2\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4)_{16} \cdot \text{C}_{17}\text{H}_{35} \cdot \text{COO} \cdot \text{C}_{16}\text{H}_{33}$ ($t_{\text{пл.}}$ 55—60°) находится в спермацете в смеси с цетиловым спиртом пальмитиновой к-ты.

Чистая С. к. не имеет в технике значительного применения. Большое значение имеют щелочные соли С. к., к-рые вместе с щелочными солями пальмитиновой к-ты содержатся в мылах. Щелочные соли С. к. в воде растворимы; соли щелочноземельных и тяжелых металлов в воде нерастворимы (см. *Мыловарение*). Эфиры С. к. с гваяколом предложены в качестве лекарственных средств. Смесь стеариновой и пальмитиновой к-т—стеарин—применяют

в качестве материала для свечей (см. *Стеариновое производство*). Чистая С. к. для этой цели менее пригодна. При перегонке смеси жирных к-т остается так называемый стеариновый деготь (стеарин-гудрон), при повторной обработке перегретым паром (температура около 300°) переходящий в стеариновый пек. Стеариновый пек употребляется как материал для пропитки толя, изолировочного картона и т. д.

Лит.: Демьянов Н. Я. и Прянишников Н. Д., Жиры и воски. Химия и анализ, 3 изд., Москва—Ленинград, 1932; Meyer V. u. Jacobsen P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Aufl., Berlin—Leipzig, 1922. А. Панченко и А. Вемпе.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XXI т. Т. Э.

- Абетиновые кислоты** 333.
Авалит 261.
Автобусы 643.
Автоклавы 41.
Автомобиль водяной 693.
Агломерационные котлы 589.
Агломерация 586.
Адамсит 262.
Адаптация слуха 251.
Авант 330.
Айва 224.
Акароцид 330.
Акселератор 712.
Активность коллекторная 317.
Активность флотационная 317.
Актор 436.
Акустиметр 249.
Акцентор 437.
Аладуса 222.
Алеуритиновая кислота 334.
Ализарин 47.
Ализаринное масло 50.
Алифато-смолы 330.
Алов 330.
Альча 222.
Альбумин 38.
Аммиачная смола 329.
Амфиолит 262.
Ангар 827.
Анемометр 913.
Аниит 261.
Аномит 262.
Артикуляция 249.
Асафетида 329.
Астрофилит 261.
Аудиограммы 244.
Аудиометр 244.
Аэрологическая станция 914.
- Байдарка** 704, 706.
Баланс 23.
Балки распорные 726.
Баллон-зонд 914.
Бальза 78.
Бальзамы 330.
Барабанная перепонка 238.
Барилья 374.
Барки жгутовые 43.
Бассейн для плавания 679.
Бассейн искусственный 684.
Башня 835.
Вделлий 329.
Беговая дорожка 677.
Бель 56.
Бензиоотгонный аппарат 129.
Бензиоулавливательная система 130.
Бензол 329.
Бензиновая смола 330.
Бикарбонат 373.
Биогит 261.
Бленкор 675.
Бистр марганцевый 55.
Бланжа 55.
Бозенге 78.
Бокомбо 78.
Болометр 610.
Бомба фугасная 341, 343.
Бресса функция 584.
Брэттингум 37.
Бромное число 126.
 α -Бромстеариновая кислота 950.
Бронейбно-фугасные снаряды 338.
Бронейбные снаряды 338, 343.
Бульбспринклер 709.
Бупкер 454.
- Вакор** 675.
Вакуум-спектрограф 609.
Вакуум-педаль 41.
Вакуевит 261.
Вар 324.
Вариометр 948.
Варка канифоли 120.
Ватерлиния 724.
Вдавливание 153.
Вейки каскадные 9.
Велосипеды водяные 707.
Венгерка (слива) 222.
Вермикулит 261.
«Вест» 850.
Видиа 667.
Влаговсасывающая способность 90.
Влагоємкость 38.
Влагоподнимающая способность 93.
Влагопроницаемость 90.
Водоємкость 88.
Водопитатели 716.
Вермикулит 261.
Водооборудование пневматическое 626.
Водооборудование противопожарное 623.
Вокзальные перекрытия 829.
Волос мертвый 372.
Время наличия 251.
Высота тона 245.
Высотомер 948.
Выставочные здания 829.
Вытеснение тона 113.
ВЫшка (для прыжков) 680.
Выщелачиватели Чанкса 376.
Вязкость шлаков 812.
- Газопроницаемость** 94.
Галактоновая кислота 223.
Галиот 118, 325.
Гальбан 329.
Гамма мажорная натуральная 246.
Гамма минорная натуральная 246.
Гваяковая смола 330.
Гелиотрема 239.
Гелиограф 913.
Гитрограф 912.
Гидраты 393.
Гидролеусковит 262.
Гидрологические станции 901.
Гидрометрические створы 903, 907.
Гильбертит 262.
Гистерезис смачивания 313.
Глауберова соль 377.
Глинка английская 39.
Глицинин 578.
Глобулин 578.
Глутаровая кислота 950.
Глюкозидо-смолы 330.
Горизонтально-сверлильные станины 889.
Горох масличный 574.
Граната 338, 342.
Граната византийская 336.
Гребень 362.
Гребные станции 680.
Гриб домашней 445.
Громкость звука 247.
Грузовики паровые 637.
Губка корневая 445.
Губка сосновая 445.
- Даммар** 330.
Дамурит 261.
Дарс формула 84.
Деготь стеариновый 951.
Декстрин 37.
Делительные машины 654.
- Дендриты** 766.
Перевья семенные 443.
Десульфатация 388.
Десятичная шкала твердости Мосса 135.
Дефосфоризация 812.
Децибел 242.
Дидимит 262.
Дидримит 262.
Дизель 246.
Динитрофениламин 732.
Диссонанс 253.
Дифениламин 732.
Дифенилнитрозамин 732.
Диэтилдифениламин 732.
«Догнать» (порошок для наварки) 675.
Дождеграф 912.
Драконова кровь 330.
Дробилки плодовые 385.
Дробилки ягодные 385.
Дуайт-плойд 589.
Дублеты 618.
- Евстахиева труба** 239.
- Живца** 118.
Жмых соевый 580.
- Заварка** 16, 43.
Загустители 35.
Загустка альбуминовая 39.
Загустка камедная 38.
Загустки 35.
Задача Буссинеска 418.
Закон предпочтительного вымерзания 766.
Закрепитель ИТ 49.
Закрепление красителей 42.
Зал гимнастический 830.
Зал для физич. упражнений 639.
Заменители слюды 302.
Запаривание 42.
Запарка 43.
Зародыш пени 438.
Захватывание 745.
Звонка 25.
Здания выставочные 829.
Здания карманные 831.
Здания рычажные 829.
Здания спортивные 830.
Здания стальные 830.
Здания фабрично-заводские 823.
Зейбертит 261.
Зеркало 661.
- Ивнингит** 262.
Известь натронная 374.
Измельчительные машины 127.
Измерители шума 249.
Изопимаровые кислоты 333.
Изотермы смачивания 316.
Импеданс акустический 247.
Инвар 750.
Индигозол 52.
Индуктор 437.
Индукция химическая 435.
Индустрия машинная 469.
Инструмент 851.
Интернациональный англстрем 608.
Испаритель 129.
Испытание динамическое 165.
Испытание конусом 160.
Испытание надавливанием 162.
Испытание твердых материалов 160.

- Испытание утомлением 171.
Испытание шариком 135.
Истирание 145.
- Ка**
Каажущийся уд. в. 77.
Кааны 322.
Казеин растительный 578, 580.
Камедесмолы 329.
Камеди 37, 39.
Камешноугольная промышленность 520.
Камертон 750.
Каналы полукружные 239.
Канифоль 120, 127, 128, 324, 334.
Карболой 667.
Картель 342.
Катанол О, W 49.
Каустификация 381.
Кварт 246.
Квинта 246.
Кедр горный сибирский 440.
Кедр корейский 440.
Кедр сибирский 440.
Кеммерерит 261.
Кирза 21.
Кислото-смолы 330.
Кладь (пачка) 647.
Клейстер 36.
Клетки волосатые 240.
Клинер (лодка) 707.
Клинохлор 262.
Клинтонит 261.
Кожное явление 113.
Кожуховки северные 320.
Кокс 729.
Колесная мазь 335.
Колофеновые кислоты 334.
Колофеновые кислоты 333.
Коплак 321.
Консонанс 253.
Констант Т 50.
Контакты 312.
Концентрация атомная 173.
Кооксит 261.
Копайский бальзам 330.
Копал 330.
Копылья 726.
Коробоксельная машина 654.
Корочка подсыхания 180.
Коррозия 774.
Корти органы 240.
Корытце ценное 685.
Костная перегородка 239.
Костный лабиринт 238.
Косточковыбиватели 385.
Костылевки 322.
Котлы вятские 320.
Котлы красочварные 41.
Контракля 25.
Кофе соевое 581.
Коэффициент восстановления 167.
Коэффициент Ламэ 417, 432.
Коэффициент неоднородности 85.
Коэффициент пористости 76.
Коэффициент проницаемости 85.
Коэффициент протускания 611.
Коэффициент Пуассона 417.
Краевой угол 310.
Красочварна 41, 42.
Краско-смолы 330.
Крахмал 36.
Крахмал растворимый 36.
Крезот 324.
Крон желтый 55.
Круглое окно 238.
Круповейки 9.
Крыша купольная 833.
Крыша шатровая 833.
Ксантофиллит 261.
Кумен 334.
Купола 814.
Курок спусковой 728.
- Л**
Лабиринт 239.
Лабиринт перепончатый 240.
Ладан 329.
Лазурь берлинская 55.
Лако-смолы 330.
Ланинг 21.
Леблана способ 375.
Легковые автомобили 642.
Легумелин 518.
Лейкофиллит 262.
Леймана серия 617.
Ленидоллит 261.
Лепидомслан 261.
Лепидоморфит 262.
Ливароль 47.
Ликвация 765.
- Лимфа** 239.
Линия «последние» 592.
Линия растворимости 768.
Линия резонансная 618.
Липаза 579.
Людка-амфибия 695.
Людка прогулочная 706.
Людка рыбацья моторная 701.
Людки академические 707.
Людки гоночные 707.
Людки резиновые 707.
Людки учебные 707.
Людочка 668.
Лушительные машины 647.
Лыжи водяные 707.
Лыча 222.
- Магнитный спад** 114.
Мазь колесная 335.
Манеры 23.
Маниан 224.
Мануфактура 462.
Маргарит 261.
Маргародит 262.
«Марки почернения» 610.
Масло-смолы 329.
Мастикс 330.
Мачты 835.
Машиностроение 536.
Машины ягучовые 43.
Мезитилен 394.
Мельницы красочтерные 42.
Мембрана основная 239.
Мембрана поддверная 240.
Мембрана текториальная 240.
Места для игр 678.
Металл сверхтвердый 666.
Метасерцит 262.
Мирабель 223.
Мирабилит 377.
Мирра 329.
Молот 238.
Монополия 480.
Мора круг 433.
Морс 390.
Морсование 389.
Музыкальные интервалы 245.
Мультиплеты 618.
Мусковит 262.
Мыло канифольное 127, 130.
Мылоотделитель 131.
Мыльная пленка 77.
- Набивка** 15.
Найтовы 726.
Наювальня 238.
Наленка 19, 31.
Намазочный состав 650.
Намасливание 314.
Наatron 374.
Нафта сланцевая 216.
Нашатыйник 43.
Нашатыйный аппарат 43.
Нефтяная промышленность 513.
Нитродифенилнитрозамин 732.
- Обертон** субъективные 259.
Область захватывания 752.
Овальное окно 238.
Оглобля 726.
Онтава 246.
Октогидрофетен 335.
Окуляр Рамсдена 606.
Олибанум 329.
Омброграф 912.
Омоложение лугов 72.
Онкосин 262.
Ониофиллит 262.
Оператор Лапласа 418.
Опонакс 329.
Оптическая плотность 610.
Оранжевый 830.
Осмос пневый 119, 127.
ОСТ 844.
Отсольник 131.
- Падение ультраактивности** 102.
Паллеты 59.
Парагонит 262.
Часть редуционная 50.
Часть сернистая восстановительная 50.
Пастеризация 385.
Пашена серия 617.
Пек 324.
Пек стеариновый 952.
Пексообразующие вещества 324.
Пенини 262.
Перекрытия вокзальные 829.
- Перилимфатическая область** 238.
Периметр смачивания 310, 311.
Перлит 768.
Перротина 32.
Пертианкс 753.
Перуанский бальзам 330.
Печатание волокнистых материалов 44.
Печатание заварное 46.
Печатание запарное 46.
Печатание с перерывами 29.
Печатание шелка 45.
Печатание шерсти 45.
Печатные краски 35, 36, 40.
Печатные машины для тканей 20.
Печи револьверные 375.
Печи слесарские 320.
Печи содовые 375.
Пинофиллит 262.
Пимарабиетиновая кислота 333.
Пимаровая кислота 333.
Пинабиетиновая кислота 333.
Пинолия 334.
Плава сырой содовой 376.
Пластинки шумановские 609.
Пластинки Э. К. 387.
Плнты 817.
Плюшка 809.
Победит 667.
Поверхности гидрофильные 313.
Поверхности гидрофобные 315.
Погашение света 610.
Подбрюшники (брусля) 726.
Подкладка черная 20.
Подкладка чистая 22.
Подмочка 31.
Подсмола 321.
Показатель погашения света 611.
Показатель поглощения света 611.
Показатель удельного поглощения 611.
Полувитравка 16.
Полугичка 706.
Полурезерв 16.
Полутон 246.
Порог осзания 243.
Порог ощущения давления 243.
Порог различия изменения высоты тонов 245.
Порог различия измененной силы звука 246.
Порог слышимости 242.
Пором-самолет 908.
Поры 75.
Пост расходный 903.
Пост уклонный 904.
Приспособление 852.
Провода биметаллические 116.
Провода железные 116.
Проводимость костная 239.
Проводка 15.
Проводка волокнистых материалов 42.
Промывные машины 43.
Промышленность основная химическая 545.
Прессы напорные 23.
Промышленность деревообрабатывающая 556.
Промышленность кожевенно-обувная 562.
Промышленность легкая 559.
Промышленность лесная 556.
Промышленность огнеупорная 552.
Промышленность пище-вкусовая 563.
Промышленность текстильная 559.
Промышленность цементная 551.
Профиль 903.
Прыжок воды 586.
Псевдокумол 394.
Психрометр Асмана 912.
Пузыри подкожные 765.
Пузыри сегрегационные 765.
Пузыри сферидиные 765.
Пузыри сотовые 765.
Пьезокварц 749.
- Радиометр** 610.
Радиочастота 117.
Разведка анемометрическая 913.
Разность поляриностей 311.
Раклист 24.
Рагли 24.
Раковина усадочная 765.
Рама 814.
Рама пространственные 814.
Рама простые и сложные 814.

- Рама сновальные 358.
 Раппорт 16.
 Расклат 25.
 Раскисление стали 812.
 Расцветка 16, 56.
 Рашига кольца 213.
 Реагенты флотационные 312.
 Реакции индуктивные 435.
 Реакции самондуктивные 438.
 Реакции пепные индуктивные 438.
 Ребондимер 167.
 Резерв 56.
 Резервирование 56.
 Резонансные частоты 758.
 Ренклод 223.
 Репиднализ 807.
 Реторты польские 321.
 Ригель 832.
 Ридберга постоянная 617.
 Рисунки трафленый 23.
 Розетка твердости 143.
 Роман (дерев. брус) 730.
 Ронгалит 47, 50.
 Росноепит 262.
 Рубильная машина 647.
 Рыбина 725.
 Рыночные здания 829.
 Рядок 362.
- Саган 330.
 Самовейки 9.
 Сандарак 330.
 Саниновые кислоты 333.
 Сверильные станки вертикальные 875.
 Сверильные станки радиальные 883.
 Сверильный пресс 873, 881.
 Сегрегация дендритная 766.
 Секста большая 246.
 Секста малая 246.
 Секунда большая 246.
 Сегтима малая 246.
 Сера 118.
 Серацит 262.
 Серия 617.
 Серяна 124.
 Сигнальный аппарат (водяной) 711.
 Сила флотационная 312.
 Сильвиновые кислоты 333.
 Сильхром 788.
 Синерзис 36.
 Синхронизация 759.
 Ситцепечатные валы 22.
 Скалестая часть 238.
 Скванизны гетеропорозные 99.
 Скванизны изопорозные 99.
 Скванизность приведенная 80.
 Скинпидар бальзамный 119.
 Скинпидар древесный 119.
 Скинпидар живичный 119, 320.
 Скинпидар котельный 125.
 Скинпидар лимонный 323.
 Скинпидар паровой 124, 320.
 Скинпидар пексовый 324.
 Скинпидар печной 125, 323.
 Скинпидар певный 119, 125.
 Скинпидар серный 119, 120.
 Скинпидар сухоперегонный 320.
 Скинпидар терпентинный 320.
 Скинпидар щелочной 124.
 Скинпидар экстракционный 320.
 Скиф 707.
 Склады 826.
 Склерометр 137.
 Склероскоп 168.
 Скруббер 130.
 Слайт 707.
 Сланец фушинский 218.
 Сланцы кровельные 216.
 Слейтера формула 84.
 Слепые поры 75.
 Слиззи бактериальные 235.
 Слиззи настоящие 224.
 Слиззи растительные 37.
 Слиззи целлюлозные 224.
 Слитки стальные 765.
 Слух абсолютный 254.
 Слуховой нерв 238.
 Слуховой проход 239.
 Слюда жемчужная 261.
 Смазка гидродинамическая 304.
 Смазка граничная 306.
 Смазки 304.
 Смазыватели 312.
 Смола 319.
 Смола искусственная 326, 331.
 Смола котельная 324.
- Смола перегорелая 325.
 Смола печная 324.
 Смола ретортная 324.
 Смола сосновая 323.
 Смоло-скипидарное производство 319.
 Смолье-подсочка 118.
 Смолыные масла 323.
 Снабжение теплой водой 632.
 Снаряды бронебойно-фугасные 336.
 Снаряды бронебойные 338, 343.
 Снаряды дымные 346.
 Снаряды зажигательные 346.
 Снаряды зенитной артиллерии 347.
 Снаряды невращающиеся 347.
 Снаряды ракетные 347.
 Снаряды реактивные 347.
 Снаряды светящие 345.
 Снаряды сетевые 347.
 Снаряды учебные 347.
 Снаряды химические 345.
 Снегомер 355, 912.
 Сода двууглекислая 373.
 Сода кальцинированная 372.
 Сода каустическая 372.
 Сода кристаллическая 373.
 Сода леблановская 374.
 Сода очищенная 373.
 Сода полуторная 374.
 Сода специальная 373.
 Сода тяжелая 373.
 Содовое производство 374.
 Соевая мука 579.
 Соевое молоко 579.
 Сок стерильный 385.
 Соленоид двойной 392.
 Соли красильные 54.
 Соли нейтральные 391.
 Солод ржаной ДК 392.
 Соломка 647.
 Соломоукладочная машина 649.
 Соль анилиновая 53.
 Соль солюионная 51.
 Сольваты 393.
 Сольеел способ 375.
 Сооружения бетонные 403.
 Сооружения гидротехнические 404.
 Сооружения плоские 833.
 Сосна горная 440.
 Сосна кондовая 442.
 Сосна мяндовая 442.
 Сосна обыкновенная 440.
 Сосна пицундская 440.
 Сосна эльдарская 440.
 Спекание предварительное 668.
 Спекательные машины 591.
 Спектр вибрационно-ротационный 622.
 Спектр чисторотационный 622.
 Спектральные нормалы 608.
 Спектрогелиоскоп 597.
 Спектрофотометр 604, 612.
 Спирали Брежа 213.
 Спичечный автомат 652.
 Сплав сверхлегкий 658.
 Среднее ухо 239.
 Стабилизация смешанная 758.
 Сталь быстрорежущая 778.
 Сталь ванадиевая 790.
 Сталь вольфрамовая 785, 786, 791.
 Сталь высокохромистая 778.
 Сталь инструментальная 777.
 Сталь кремнистая 795.
 Сталь кремнемарганцовистая 785, 786.
 Сталь меднокремнистая 798.
 Сталь молибденовая 785, 786, 792.
 Сталь нержавеющей 779, 787.
 Сталь никелевая 789.
 Сталь хромистая 784, 785, 786.
 Сталь хромованадиевая 783, 785, 786.
 Сталь хромомеднокремнистая 798.
 Сталь хромомолибденовая 783.
 Сталь хромоникелевая 785, 786, 790.
 Стандарт скруббера 213.
 Стандартные таблицы 841.
 Станки зуботоральные 857.
 Станки токарные многорезцовые 858.
 Станки токарные обдирочные 858.
 Станки токарные револьверные 858.
 Станнирование 44.
 Станция пилотная 914.
 Станция аэрологическая 914.
 Створ гидрометрический 903.
 Стеароп 950.
- Стеллажи 682.
 Стеллит 667.
 Степень недостижимости 314.
 Степень неплотности 76.
 Степень плотности 76.
 Стержни 813.
 Стерлингит 262.
 Стиранс 330.
 Стланец недровый 440.
 Стрела упорная 728.
 Стремя 238.
 Строение пылеобразное 75.
 Строение уха 238.
 Строительные материалы 550.
 Строительные материалы новые 554.
 Структура губкообразная 75.
 Структура древеснообразная 75.
 Структура пенная 77.
 Структура порообразная 75.
 Структура сырообразная 75.
 Струны стальные 726.
 Суда гребные 705.
 Суно 21.
 Сульфат 377.
 Сульфатация 385.
 Сульфатометр 387.
 Сульфуриметр 81.
 Сушилки кустромские 320.
- Твердость 133.
 Твердость абсолютная 152.
 Творог соевый 578.
 Театр 830.
 Теялора система 567.
 Теория больших пластических деформаций 434.
 Теория упругости 414.
 Тешлицы 830.
 Теплота смачивания 310.
 Термическая характеристика смачивания 311.
 Термограф 912.
 Термометр радиационный 914.
 Термонатрий 374.
 Термопары 610.
 Термофон 244.
 Термы спектральные 618.
 Терн 222.
 Терновник 223.
 Терпослива 222.
 Терпентин 120.
 Терпентинное масло 119.
 Терцаги формула 86.
 Терция большая 246.
 Терция малая 246.
 Тилла 103.
 Толнак 729.
 Толкмита функция 584.
 Толуанский бальзам 330.
 Томасовская мука 473.
 Томасовский процесс 473.
 Тон разностный 252.
 Тоны комбинационные 252.
 Тоны субъективные 241.
 То-фу 580.
 Трагант 37, 39.
 Трагант искусственный 36.
 Трамплин 680.
 Трахеи 103.
 Трахенды 103.
 Трубуны 689.
 Тринитродифениламин 733.
 Триплеты 618.
 Тристеарин 950.
 Трона 374.
 Трубки сварные 348.
 Трубки ударные 348.
 Турбина активная 471.
 Турбина радиальная 471.
 Турбина реактивная 471.
- Уатта машина 471.
 Увариватель канифоли 130.
 Угол смачивания 310.
 Ударные трубки 348.
 Улитка уха 239.
 Улиточный ход 239.
 Упаковочная машина 657.
 Урао 374.
 Уреаза 579.
 Уровень ощущения 242.
 Ушная раковина 238.
- Фабрика 464.
 Фабрично-заводские здания 823.
 Фасонки 821.
 Фенгит 262.
 Феноло-смолы 330.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Фенолы 324.
Фермы плоские 814.
Фермы пространственные 814.
Фермы стропильные 820.
Феррит 767.
Флоккула 596.
Фонометры 249.
Фотоионизация 620.
Фофан 706.
Фигура давления 266.
Фигура удара 266.
Фильтры 42.
Фильтры Э. К. 386.
Флогопит 262.
Фугасная бомба 343.
Фунсит 262.
Фульгуратор 592.
Футбольное поле 675.

Хлорит 262.
Ход барабанный 240.
Ход вестибулярный 240.
Ход преддверный 240.
Хромовый желтый 55.

Царапание 135.
Цветная металлургия 532.
Цедлика 41.
Цементит 768.

Цетиловый эфир стеариновой кислоты 950.
Цимен 334.
Цинвальдит 262.
Цирк 830.

Челнок охотничий 707.
Черная металлургия 526.
Числа волновые 617.
Числа твердости 156.
Чистота спектра 602.
Чувствительность слуха 242.

Шамуа 55.
«Шапка» 389.
Шасси (деревянный ящик) 19.
Шасси (подушка) 32.
Шеллак 329.
Шестерня раппортная 23.
Шильде аппарат 648.
Шихта 588.
Шлак кислый 808.
Шлак основной 808.
Шпуглярник 357, 365.
Шрапнель 338, 341.
Шрот 580.

Щелок красный 376.
Щелок содовый 376.

Щелчки 31.
Щепальные машины 647.

Эвтектоид 769.
Эйри функции 419.
Экспансит 78.
Экспеллер 580.
Экстрактор 129, 131.
Экстракты 390.
Экстракционный аппарат 129.
Электровейка 14.
Электропромышленность 542.
Элемент Солевея 380.
Элеми 330.
Эливар 150.
Элинг 681.
Эллахерит 262.
Эндолимфа 240.
Энзим протеолитический 579.
Энзимо-смолы 330.
Эстеро-смолы 330.
Этикетировочнозадвигная машина 656.
Эффект бинауральный 255.

Ябло (дубовый шар) 728.
Янтарь 330.
Ятрышник 224.