

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

---

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А.Н., БЕРНШТЕЙН-КОГАН С.В., ВЕЙС А.Л., ВИЛЬЯМС В.Р.,  
ВОЛЬФОН М. Б., ГЕНДЛЕР Е. С., ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н.,  
ИОФФЕ А.Ф., ИПАТЬЕВ В.Н., КАГАН В. Ф., КАЛИННИКОВ И.А.,  
КЕРЖЕНЦЕВ П. М., КИРПИЧЕВ М. В., КРЖИЖАНОВСКИЙ Г.М.,  
КРИЦМАН Л. Н., КУЗЬМИНСКИЙ К. С., КУЙБЫШЕВ В. В.,  
ЛАПІРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В.,  
МАРТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ОСАДЧИЙ П. С., ПАЛЬ-  
ЧИНСКИЙ П. И., СВЕРДЛОВ В. М., ХРЕННИКОВ С. А., ЧАР-  
НОВСКИЙ Н. Ф., ШАТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ЭССЕН А. М.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ШЕСТОЙ  
ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ



---

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ♦ 1929

Издание осуществляется Акционерным Обществом «Советская Энциклопедия» при Коммунистической Академии ЦИК СССР, пайщиками которого состоят: Государственное Издательство РСФСР, Государственное Медицинское Издательство РСФСР, Издательство Коммунистической Академии, Издательство «Вопросы Труда», Издательство «Работник Просвещения», Издательство Н. К. Рабоче-Крестьянской Инспекции СССР, Издательство «Известия ЦИК СССР», Издательство «Правда и Беднота», Акционерное Общество «Международная Книга», Государственный Банк СССР, Торгово-Промышленный Банк СССР, Электробанк, Внешторгбанк СССР, Мосполиграф, Госстрах СССР, Центробумтрест, Центросоюз, Госпромцветмет, Всесоюзный Текстильный Синдикат, Авильтрест, Азнефть, Резинотрест, Сахаротрест, Орудийно-Арсенальный Трест. Председатель Правления Н. Н. Накоряков. Члены: О. Ю. Шмидт, И. Е. Гершензон, А. П. Спунде, Л. И. Строгин.

Редакционная работа по VI тому ТЭ закончена 15 марта 1929 г.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.  
Адрес конторы Акционерного Об-ва: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография «Мосполиграф», Москва, Трехпрудный пер., д. 9.  
Главлит А 18 561. Тираж 21 000 экз.

## РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

### РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор — инж. **Л. К. Мартенс.** | Пом. Гл. Редактора — инж. **А. Л. Вейс.**  
 Зам. Гл. Редактора — проф. **М. Б. Вольфсон.** | Зав. Издат. Частью — **К. С. Кузьминский.**

### РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

Авиация, воздухоплавание. <b>Юрьев Б. Н.,</b> проф.	Железнодорожное дело. <b>Шухов В. В.,</b> проф.	Резиновое производство. <b>Лурье М. А.,</b> инж.
Автомобильное дело, авиац. и автомобильные двигатели. Двигатели внутрен. сгорания. <b>Брилинг Н. Р.,</b> проф.	<b>Энгельгардт Ю. В.,</b> проф.	Сельское хозяйство, с.-х. машины и орудия. <b>Вильямс В. Р.,</b> проф.
<b>Гитлис В. Ю.,</b> проф.	Кожевенное дело. <b>Поварнин Г. Г.,</b> проф.	Сопроотивление материалов. <b>Худяков П. К.,</b> проф.
<b>Мартенс Л. К.,</b> инж.	Красящие вещества, крашение и ситцепечатание. <b>Порай-Кошиц А. Е.,</b> проф.	Текстильное дело и технология волокнистых веществ. <b>Линде В. В.,</b> проф.
Архитектура, строительное дело, городское благоустройство, коммунальное хоз-во. <b>Долгов А. Н.,</b> проф.	Лесоводство. <b>Кобранов Н. П.,</b> проф.	Теплотехника, термодинамика, энергетика. <b>Кирпичев М. В.,</b> проф.
<b>Щусев А. В.,</b> акад. архит.	Математика. <b>Каган В. Ф.,</b> проф.	<b>Рамзин Л. К.,</b> проф.
<b>Запорожец И. К.,</b> архит.	Материаловедение. <b>Флоренский П. А.,</b> проф.	Техника освещения. <b>Лапиров-Скобло М. Я.,</b> инж.
<b>Красин Г. Б.,</b> инж.	Металлургия черных и цветных металлов. <b>Павлов М. А.,</b> проф.	Технология и производство взрывчатых веществ. <b>Ипатьев В. Н.,</b> акад.
Астрономия. <b>Михайлов А. А.,</b> проф.	<b>Евангулов М. Г.,</b> проф.	Технология дерева. <b>Дешевой М. А.,</b> проф.
Бумажное производство. <b>Жеребов Л. П.,</b> проф.	Механика прикладная и теория механизмов. <b>Малышев А. П.,</b> проф.	<b>Квятковский М. Ф.,</b> проф.
Военная и морская техника, судостроение. <b>Власев Н. И.</b>	<b>Радциг А. А.,</b> проф.	Технология и обработка металлов. <b>Чарновский Н. Ф.,</b> проф.
<b>Михайлов В. С.,</b> инж.	Механика строительная и графостатика. <b>Прокофьев И. П.,</b> проф.	Технология строительных материалов. <b>Эвальд В. В.,</b> проф.
<b>Фишман Я. М.</b>	Механика теоретическая. <b>Некрасов А. И.,</b> проф.	<b>Лахтин Н. К.,</b> проф.
Геодезия (высшая и низшая). <b>Орлов П. М.,</b> проф.	Мосты. <b>Передерий Г. П.,</b> проф.	Технология углеводов, винокурение, пивоварение. <b>Тищенко И. А.,</b> проф.
<b>Кочулов П. Ф.,</b> проф.	Механика строительная и графостатика. <b>Прокофьев И. П.,</b> проф.	Физика. <b>Иоффе А. Ф.,</b> акад.
Гидротехника, гидравлика. <b>Эссен А. М.,</b> инж.	Мукомольное дело, мельницы и элеваторы. <b>Пакуто М. М.,</b> проф.	<b>Лебединский В. К.,</b> проф.
Детали машин и подъемные механизмы. <b>Холмогоров И. М.,</b> проф.	Организация производства, стандартизация. <b>Керженцев П. М.</b>	<b>Шени С. Д.,</b> инж.
<b>Сидоров А. И.,</b> проф.	<b>Шпильрейн И. Н.,</b> проф.	Химия (органическая, неорганическая, физическая химия и химич. технология). <b>Бах А. Н.,</b> акад.
Добыв. промышл., горное дело. <b>Губкин И. М.,</b> акад.	<b>Бурдянский И. М.,</b> инж.	Холодильное дело. <b>Рязанцев А. В.,</b> проф.
<b>Пальчинский П. И.,</b> проф.	<b>Ноа Ф. Г.,</b> инж.	Экономика. <b>Вольфсон М. Б.,</b> проф.
а) Геология и минералогия. <b>Федоровский Н. М.,</b> проф.	<b>Высочанский Н. Г.,</b> инж.	<b>Гинзбург А. М.</b>
б) Драгоценные камни. <b>Ферман А. Е.,</b> акад.	Паровые котлы и машины. Металлические изделия. <b>Саттель Э. А.,</b> инж.	Электротехника. <b>Осадчий П. С.,</b> проф.
в) Каменный уголь. <b>Терпигоров А. М.,</b> проф.	Полиграф. промышленность. <b>Вольфсон М. Б.,</b> проф.	<b>Юрьев М. Ю.,</b> проф.
г) Нефть. <b>Губкин И. М.,</b> акад.	<b>Михайлов С. М.</b>	<b>Шпильрейн Я. Н.,</b> проф.
д) Руда металлическая. <b>Таубе Е. А.,</b> проф.	Промышленная гигиена и техника безопасности. <b>Каплун С. И.,</b> проф.	<b>Шенфер К. И.,</b> проф.
е) Силикатн. промышленность. <b>Швецов Б. С.,</b> проф.	Радиотехника. <b>Баженов В. И.,</b> проф.	<b>Кулебакин В. С.,</b> проф.
ж) Торф. <b>Радченко И. И.</b>		
Дороги и дорожное строительство. <b>Крынин Д. П.,</b> проф.		

Соредакторы: **Беркенгейм Б. М.,** проф.; **Медведев С. С.;** **Серебренников М. Г.;** **Попов А. С.,** проф.; **Смирнов Н. Н.,** проф.; **Лебедев С. Ф.;** **Белькиц Л. Д.,** инж.; **Вавилов С. И.,** проф.; **Эстрин С. Г.,** инж.; **Соколов Н. В.,** инж.

Научные сотрудники: **Ельцина Н. М.,** канд. хим.; **Знаменский А. А.,** инж.; **Мельников И. И.;** **Мушенко И. Н.,** инж.; **Павлушков Л. С.,** инж.; **Ракицкий Н. П.;** **Таубман С. И.,** инж.; **Третлер А. А.,** инж.; **Шпиринк Б. Э.,** инж.; **Эвальд К. А.,** инж.

Пом. зав. Изд. Частью: **Маркус В. А.;** Зав. Иллюстр. отд.: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Худ.-Технич. отделом: **Варшавский Л. Р.;** Зав. комплектованием: **Сеник А. М.;** Тех. Ред.: **Волконский С. Н.,** **Гришинский А. С.,** **Гришинский В. С.,** **Никаноров В. М.,** **Татарinov Б. Н.;** Пом. Тех. Ред.: **Лоховиц А. Б.,** **Чернов Е. А.;** Техническая Редакция при типографии: **Малкин А. Д.,** **Ротштейн Н. А.,** **Татиев Д. П.;** Зав. Корректорской: **Колынковский Д. П.**

# 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).
тμ	миллимикрон (0,001 μ).
μμ	микромикрон (0,000001 μ).
км <sup>2</sup>	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадратные декаметры).
м <sup>2</sup>	квадратные метры.
м <sup>3</sup>	кубические метры.
дм <sup>3</sup>	» дециметры.
см <sup>3</sup>	» сантиметры.
мм <sup>3</sup>	» миллиметры.
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).
к	караты (200 мг).
кл	килолитры (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	тонномеры.
кгм	килограммометры.
т/м <sup>2</sup>	тонны на кв. метр.
кг/см <sup>2</sup>	килограммы на кв. сантиметр.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистравые тонны.

## 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.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.

ch	гиперболическ. косинус.
th	» тангенс.
∅	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
∑	сумма.
∫	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный дифференциал.
d	частный »

## III. Международные символы.

### а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
MV	мегавольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	» малая.
Hp	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.

### б) Величины.

t°	температура обыкнов.
T°	» абсолютная.
t° <sub>кип.</sub>	температура кипения.
t° <sub>пл.</sub>	» плавления.
t° <sub>заст.</sub>	» застывания.
t° <sub>отв.</sub>	» отвердевания.
t° <sub>крит.</sub>	» 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.
P	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).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ρ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H <sub>Br</sub>	твердость по Бринелю.
A <sub>c1</sub> , A <sub>c2</sub> , A <sub>c3</sub>	} критич. точки
A <sub>r1</sub> , A <sub>r2</sub> , A <sub>r3</sub>	
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
D <sub>t1</sub>	уд. в. при t <sub>1</sub> ° по отношению к воде при t <sub>2</sub> °.
[α]	угол вращения плоскости поляризации.
C <sub>H</sub>	[H <sup>+</sup> ] концентрация водородных ионов.
pH; P <sub>H</sub>	водородн. показатель.

## IV. Основные сокращения.

фт.—	футы.
дм.—	дюймы.
об/м.—	обороты в минуту.
п-вс.—	пудоверсты.
п-фт.—	пудофуты.
фт/ск.—	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.
°Вé—	градусы Бомера.
°Э—	градусы Энглера.
°К—	градусы Кельвина.
t°—	температура по 100°-ной шкале (C).
t°P.—	температура по Реомюру.
t°Ф.—	температура по Фаренгейту.
В	в табличных заголовках: °C или °II., °P., °Ф.
ab—с	(в библиографии при начальном годе ссылки на журнал).
абс. ед.—	абсолютная единица.
ат. в.—	атомный вес.
AufI.—	AufIage.
V.—	Vand, Bände.

v.—volume, volumes.  
 вкл.—включительно.  
 выс.—высота.  
 гг.—годы, города.  
 гл. обр.—главным образом.  
 д.—деревня, долгота.  
 д. б.—должно быть.  
 ж. д.—железная дорога.  
 з.—европ.—западно-европейский.  
 з-д—завод.  
 изд.—издание.  
 ин-т—институт.  
 Jg.—Jahrgang.  
 кпд—коэффициент полезного действия.  
 к-рый—который.  
 к-та—кислота.  
 Лг.—Lieferung, Lieferungen.  
 м—мета (хим.).  
 м. б.—может быть.  
 м. г.—минувшего года.  
 меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.  
 мн-к—многоугольник.  
 мол. в.—молекулярный вес.  
 нек-рый—некоторый.  
 о—орто (хим.).  
 об-во—общество.

о-в—остров.  
 n—пара (хим.).  
 p.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).  
 промышл.—промышленность.  
 проф.—профессор.  
 SK—зегеровские конуса.  
 С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.  
 с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.  
 стр.—страницы.  
 т., тт.—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.—Урочное Положение.  
 u. ff.—und folgende.  
 ф-я—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.  
 эдс—электродвижущая сила.  
 эфф.—эффективный.  
 Ан. П.—английский патент.  
 Ам. П.—американский »  
 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.  
 БМЭ—Большая медицинская энциклопедия, Москва.  
 БСЭ—Большая советская энциклопедия, Москва.  
 «ВВ»—Военный вестник, Москва.  
 «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 об-ва, Ленинград.  
 «ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.  
 «ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.  
 «ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. проф. В. И. Гриневецкого и К. В. Кирша, Москва.  
 «ИТПТ»—Известия текстильной промышленности и торговли, Москва.  
 «МС»—Минеральное сырье и его переработка, 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 промышленность, Москва.  
 Спр. ТЭ—Справочник физических, химических и технологических величин.  
 «СТ»—Санитарная техника, Москва.  
 «СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.  
 «ТД»—Торфяное дело, Москва.  
 «ТигТБП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.  
 «Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнич. ин-та, Москва.  
 «Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного ин-та, Москва.  
 «Труды НИУ»—Труды Научного ин-та по удобрениям, Москва.  
 «Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамич. ин-та, Москва.  
 ТЭ—Техническая энциклопедия, Москва.  
 «УФН»—Успехи физических наук, Москва.  
 «ХД»—Хлопковое дело, 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.  
 «B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.  
 Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co, Köln a/R.  
 «Ch. Ind.»—Die chemische Industrie, Berlin.  
 «Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.  
 «Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.  
 «CR»—Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.  
 DIN—Deutsche Industrie-Normen.  
 «Dingl.»—Dinglers polytechnisches Journal, Berlin.  
 «EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.  
 «EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.  
 «EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.  
 «ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.  
 «GC»—Génie Civil, Paris.  
 Handb. Ing.—Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. Willmann, Th. Landsberg, E. Sonne, in 5 Teilen, 1910—25, Leipzig.  
 «I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.  
 I. G.—I. G. (Interessengemeinschaft) Farbenindustrie 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.  
 «Lieb. Ann.»—Liebig's Annalen der Chemie, Berlin.  
 «Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.  
 «M. Sc.»—Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville, Paris.  
 «MuM»—Wochenschrift für die gesamte Mülerei und Mühlenbau-Industrie, München.  
 NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.  
 «PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.  
 «RGE»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.  
 «RM»—Revue de Métallurgie, Paris.  
 «Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.  
 «St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.  
 Ullm. Enc.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1915—23.  
 «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 Motorluftschiffahrt, München.

---

В шестом томе ТЭ помещены: 825 иллюстраций в тексте и 14 вкладок к статьям: «Грибы домовые» — 1, «Двигатели Дизеля» — 1 (двойная), «Дендритное строение» — 1, «Деформация» — 2 (в красках), «Деформация металлов» — 2, «Деформация пластическая» — 2, «Дирижабль» — 3, «Диспечерская система» — 1, «Диффракция» — 1.

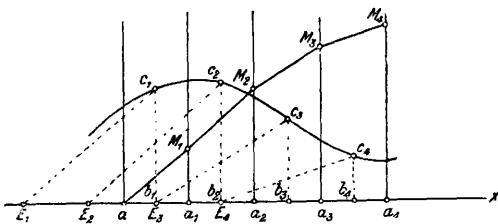
**ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ** применяются для быстрого, удобного и наглядного решения теоретич. вопросов и наглядного изображения результатов этих решений, а также для замены вычислений при решении практич. вопросов в *графической статике*, (см.), *механике прикладной* (см.), *механике теоретической* (см.) (в приложениях и развитии векторного анализа, см. *Векторное исчисление*), в номографии и в целом ряде социально-экономических наук.

Лит.: Wittenbauer F., Graphische Dynamik, Berlin, 1923. См. также лит. в соответствующих статьях.

**ГРАФИЧЕСКОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ.** В случае, когда требуется найти интеграл  $F(X) =$

$= \int_a^x f(x) dx$  и для  $f(x)$  дан график, вместо

вычисления  $F(X)$  для разных значений  $X$  (см. *Вычисления приближенные*) гораздо проще построить график функции  $F(X)$ , который позволит с достаточной точностью находить значения этой ф-ии для различных значений аргумента (см. фиг.). Для кривой  $y=f(x)$



строим ординаты в точках соответствующих абсциссам  $a, a_1 = a + h, a_2 = a + 2h, a_3 = a + 3h, \dots$ , а также (пунктиром) проводим ординаты в серединах этих промежутков,  $b_1 = a + \frac{h}{2}, b_2 = a + \frac{3h}{2}, b_3 = a + \frac{5h}{2}, \dots$  Затем выбираем единицу масштаба для площадей — отрезок  $l$  — и откладываем его влево от точек  $b_1, b_2, b_3, \dots$  до точек  $E_1, E_2, E_3, \dots$  (на фиг.  $l=2h$ ). Соединяем (пунктиром)  $E_1$  с вершиной  $c_1$  ординаты точки  $b_1$  и из  $a$  проводим прямую параллельно  $E_1c_1$  до пересечения в точке  $M_1$  с ординатой, соответствующей  $a_1$ . Отрезок  $aM_1$  изображает приблизительно течение интегральной кривой между  $a$  и  $a+h$ . Далее, соединяем  $E_2$  с  $c_2$  и проводим

$M_1M_2 \parallel E_2c_2$  до пересечения с ординатой при  $a_2$ ; проводим прямую  $E_3c_3$  и параллельно ей отрезок  $M_2M_3$ , и т. д. Все течение кривой  $y=f(x)$  приблизительно изобразится ломаной  $aM_1M_2M_3\dots$  В самом деле, по ф-ле трапеций (см. *Вычисления приближенные*) имеем:  $F(h) \cong \frac{h}{2}(y_0 + y_1)$ ; из подобия треугольников  $aa_1M_1$  и  $E_1b_1c_1$  следует:  $\frac{a_1M_1}{aa_1} = \frac{b_1c_1}{E_1b_1}$ .

Но  $E_1b_1 = 1, b_1c_1 \cong \frac{y_0 + y_1}{2}$ ,  $aa_1 = h$ , следовательно,  $a_1M_1 \cong \frac{h}{2}(y_0 + y_1) \cong F(h)$ . Точно так же можно доказать, что

$$a_2M_2 \cong \frac{h}{2}(y_0 + y_1) + \frac{h}{2}(y_1 + y_2) \cong \int_0^{2h} f(x) dx = F(2h).$$

Лит.: Крылов А., Лекции о приближенных вычислениях, СПб, 1911. В. Степанов.

**ГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.** Графическ. способам отдают предпочтение, когда требуется определить перемещения целого ряда точек, напр., прогибы всех узлов фермы. В отдельных случаях и для нахождения перемещения одной точки графические приемы могут дать наиболее простое, а иногда и единственное решение, именно, когда аналитич. решение сопряжено с интегрированием сложно интегрируемых или неинтегрируемых ф-ий. Г. о. п. применяется как для систем сплошных (балки, арки, рамы), так и для систем шарнирностержневых (фермы). И в том и в другом случае предполагается, как это вообще принято в теории сооружений, что перемещения являются величинами весьма малыми по сравнению с общими размерами тела; поэтому для тел гибких (проволока, кабель и т. п.) излагаемые ниже приемы неприменимы.

Построение перемещений в сплошных системах. В сплошных системах пренебрегают влиянием продольной и поперечной силы на деформации и строят перемещения, учитывая только изгибающий момент. Из теории известно выражение кривизны изгиба:  $\frac{1}{\rho} = -\frac{M}{EI}$ , где  $M$  — изгибающий момент в сечении,  $E$  — модуль упругости первого рода,  $I$  — момент инерции.

сечения и  $\rho$ —радиус кривизны, для которого дифференциальная геометрия дает ур-ие:

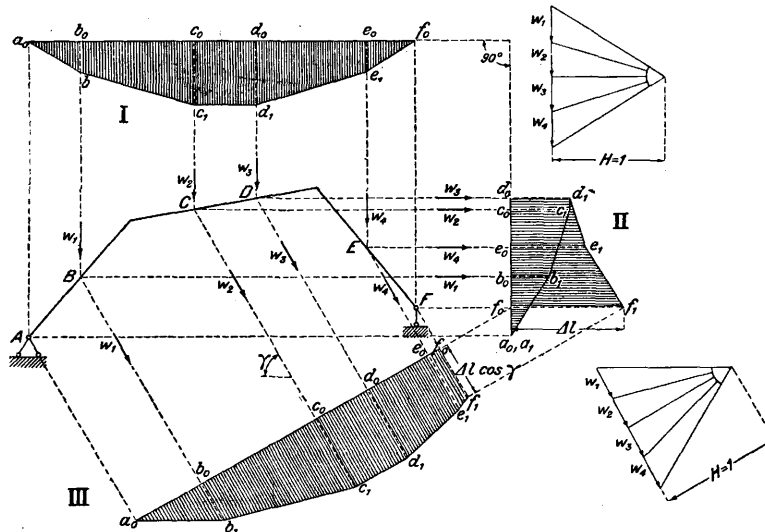
$$\frac{1}{\rho} = \frac{y''}{[1 + (y')^2]^{\frac{3}{2}}}$$

Пренебрегая в знаменателе величиной  $(y')^2$  в виду ее малости по сравнению с единицей, получаем дифференциальное выражение упругой линии в следующем виде:

$$y'' = -\frac{M}{EI}$$

Из сопоставления этого ур-ия с ур-ием веревочной кривой (см. *Веревочный многоугольник*)  $Hy'' = -z$ , где  $H$ —полюсное расстояние,  $y$ —ордината кривой и  $z$ —ордината эпюры распределений нагрузки, заключаем, что упругая линия может быть построена как веревочная кривая, при условии, что за нагрузку будет взята условная распределенная нагрузка  $w = \frac{M}{EI}$ , а полюсное расстояние  $H$  будет принято равным единице. Построение это вполне аналогично построению эпюры моментов от действительной нагрузки и производится след. образ. За нагрузку принимают эпюру значений  $w = \frac{M}{EI}$  и делят на возможно большее число частей. Площади каждой такой части, равные  $\frac{M}{EI} \cdot \Delta s$ ,

влении (III). При построении перемещений в направлении, перпендикулярном плоскости качения подвижной опоры, замыкающая определяется тем, что в упругой линии точки, соответствующие опорам, не имеют в искомом направлении перемещений, следовательно, замыкающей будет прямая, соединяющая точки, полученные путем снесения на веревочную кривую опор. При определении перемещений в направлении подвижности правой опоры, т. е. в направлении, перпендикулярном предыдущему, замыкающая определяется из условия, что перемещение неподвижной опоры  $A$  равно нулю, а поворот сечения бруса на этой опоре, т. е. угол наклона первого луча веревочного м-ка к замыкающей, равен углу поворота, определенному построением (I). Исходя из этих соображений, построение перемещений в этом направлении ведут след. образом: упругие грузы  $W$  направляют параллельно направлению подвижности правой опоры и строят для них веревочный м-к, стороны которого проводятся в направлении, перпендикулярном соответствующим сторонам м-ка (I). Затем через точку  $a_0$ , к-рая соответствует неподвижной опоре  $A$ , проводят замыкающую под углом в  $90^\circ$  к замыкающей м-ка в построении (I). Отрезки относительно этой замыкающей  $a_0-a_1, b_0-b_1, c_0-c_1, \dots$  будут равны перемещениям точек  $A, B, C, \dots$ , а отрезком  $\Delta l = f_0-f_1$  определится величина перемещения подвижной опоры  $F$ . Для нахождения перемещений в косом направлении условные силы  $W$  ведут параллельно этому направлению и строят веревочный м-к при том же полюсном расстоянии  $H$ , как и в построениях (I) и (II). Положение же замыкающей определится тем, что в указанном направлении перемещение левой опоры равно нулю, а правой—проекция на это направление полной величины перемещения правой опоры, т. е.  $\Delta l \cos \gamma$ .



Фиг. 1.

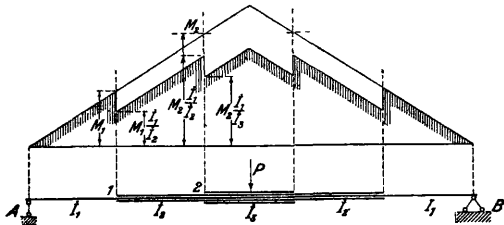
заменяют равными им по величине сосредоточенными силами  $W$ , приложенными в ц. т. этих площадей. Затем эти условные силы  $W$  сносят на ось бруса, направляют их параллельно искомым перемещениям и строят для них веревочную кривую при полюсном расстоянии, равном единице в масштабе силового многоугольника. Ординаты построенной таким образом упругой линии измеряются относительно некоторой замыкающей, способы построения к-рой видны из следующего примера (фиг. 1), в котором для бруса ломаного очертания построены перемещения в трех направлениях: перпендикулярно плоскости подвижности опоры (I), параллельно этой плоскости (II) и в косом на-

Если для рассматриваемой системы момент инерции является величиной постоянной, то величина условной нагрузки  $w = \frac{M}{EI}$  прямо пропорциональна ординатам эпюры  $M$ . В этом случае за нагрузку можно принять площадь эпюры моментов, но так как упругие грузы в этом случае увеличатся в  $EI$  раз, то для получения перемещений по-прежнему в масштабе чертежа надо и полюсное расстояние взять соответственно увеличенным в  $EI$  раз.

Если сечение балки изменяется так (фиг. 2), что в отдельных участках (1-м, 2-м, 3-м и т. д.) моменты инерции  $I_1, I_2, I_3$  остаются постоянными, то за условную нагрузку целесообразно принять значения нагрузок,



равных  $\frac{M_1}{I_1} I_0$ ,  $\frac{M_2}{I_2} I_0$ ,  $\frac{M_3}{I_3} I_0$ , и т. д., а полное расстояние  $H$  взять равным  $1 \cdot EI_0$ , где  $I_0$ —произвольно взятое значение момента инерции (на фиг. 2 принято  $I_0 = I_1$ ). В предыдущем изложении предполагалось, что перемещения д. б. построены в масштабе чертежа, но т. к. перемещения — величины



Фиг. 2.

весьма малые, то практически их приходится строить в значительно увеличенном масштабе. Для чертежа, построенного в масштабе  $\frac{1}{k}$  натуральной величины и при требуемом увеличении перемещений в  $m$  раз против натуральной величины, общее увеличение перемещений против масштаба чертежа будет в  $mk$  раз, что достигается путем уменьшения на столько же раз полного расстояния, т. е., в том случае, когда за условную нагрузку принята эпюра моментов, полное расстояние  $H$  принимается равным  $1 \cdot \frac{EI}{mk}$ .

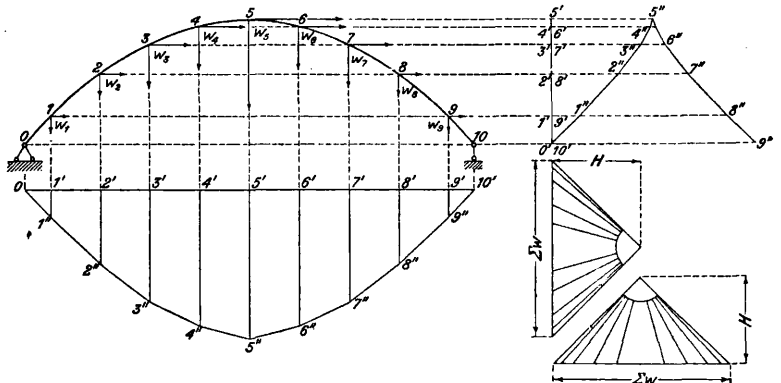
Изложенные приемы применимы и для построения перемещений в кривых стержнях (брусках малой кривизны) в тех случаях, когда возможно пренебречь влиянием на деформации нормальной и поперечной сил (см. Арки). Пример такого построения горизонтальных и вертикальных перемещений для кривого бруса переменного сечения дан на фиг. 3. За упругие грузы в этом построении взяты величины  $M \frac{I_0}{I} \Delta s$ , а полное расстояние  $H$  принято равным  $1 \cdot EI_0$ , где  $M$ —среднее значение момента в данном участке  $\Delta s$ ,  $I$ —среднее значение момента инерции для этого участка и  $I_0$ —некий произвольно выбранный момент инерции.

Построение перемещений в статически неопределимых системах. После того как найдены лишние неизвестные и построена эпюра моментов, построение перемещений в статически неопределимых системах не отличается от такового для систем статически определимых. На фиг. 4 показано построение прогибов для неразрезной балки постоянного сечения, заделанной на левом конце и с консолью на правом. За условную нагрузку принята эпюра моментов, построенная при помощи фокусных то-

чек (см. Балки неразрезные); полюс выбран так, чтобы первый луч был горизонтальным; направление этого луча будет служить замыкающей, так как ось бруса в месте заделки остается горизонтальной. Построенная упругая линия пересечет эту замыкающую под всеми опорными точками.

Перемещения в фермах. Для нахождения перемещений в фермах выделяют из состава фермы непрерывный шарнирно-стержневой зигзаг, проходящий через опоры и через те узлы, перемещения которых требуется определить (фиг. 5). Образование прогибов в фермах отличается от таковых в системах сплошных тем, что в последних каждому элементу  $ds$  оси изгибаемого бруса соответствует угловая деформация, равная  $\frac{M}{EI} \cdot ds$ . Эта угловая деформация принимается, при построении перемещений, за элементарный упругий груз  $W$ , а вся условная нагрузка в целом представляется в виде эпюры сплошной распределенной нагрузки  $\frac{M}{EI}$ . В фермах же, согласно принятой схеме

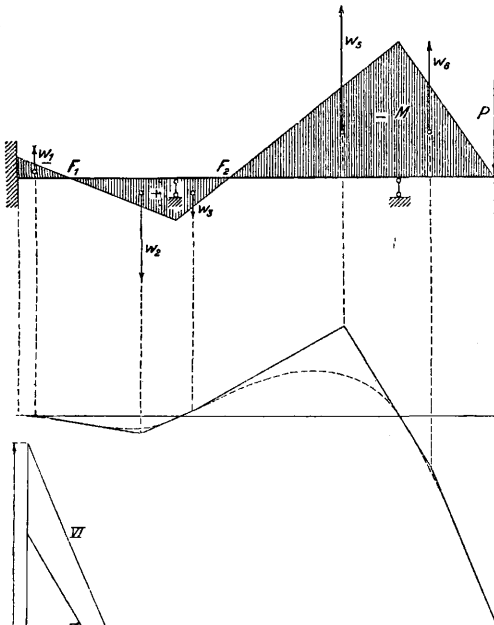
расчета их как шарнирно-стержневых систем, изгибающий момент в стержнях равен нулю, стержни, составляющие ферму, остаются прямыми, и угловые деформации  $\Delta\theta$  имеются только в узлах системы. Следовательно, перемещения выделенного из состава фермы зигзага (фиг. 5) зависят от сосредоточенных угловых деформаций—углов  $\theta$  между его сторонами и от удлинений его сторон  $S$ . Перемещения, вызванные угловыми деформациями в узлах, на основании рассуждений, аналогичных сделанным по отношению к сплошным системам, могут быть построены, как веревочный многоугольник для сосредоточенных упругих грузов  $W_k$ , равных угловым деформациям  $\Delta\theta_k$  в узлах шарнирной цепи. Величины этих последних определяются из условия деформации всей фермы; способы определения их указаны ниже. Перемещения, получающиеся в зигзаге шарнирной цепи в результате удлинения ее сторон, м. б. также получены при помощи веревочного мн-ка путем выражения



Фиг. 3.

их через упругие грузы  $W$ . Действительно, перемещения, вызываемые удлинением какого-нибудь стержня  $S_k$  на величину  $\Delta S_k$ , могут быть представлены как сумма двух

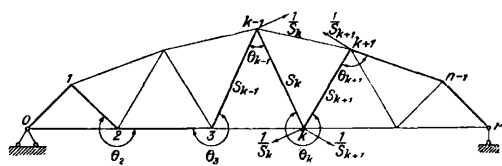
перемещений (фиг. 6): 1) перемещения любой точки зигзага правее узла  $k$  на величину  $\Delta S_k$ , в результате чего правый концевой шарнир цепи сместится также на величину  $\Delta S_k$ ,



Фиг. 4.

и 2) перемещений всех точек цепи как жесткого целого до совмещения правого концевой узла с направлением плоскости подвижности. Первое из этих перемещений по рассматриваемому направлению для всех правых точек определяется величиной  $\Delta S_k \cdot \sin \alpha_k$ . Второе для всех точек цепи определяется формулой:  $\Delta \theta'_0 \cdot x = \frac{\Delta S_k \cdot \sin \alpha_k}{l} \cdot x$ , где  $\Delta \theta'_0$  — поворот цепи вокруг левого опорного шарнира;  $x$  — расстояние рассматриваемой точки относительно левого опорного шарнира. Легко видеть, что сумма этих перемещений может быть получена как результат действия пары сил, приложенных к

шарнирам  $k-1$  и  $k$  цепи, т. е. по концам стержня  $S_k$ , по направлению искомого перемещения и равных каждая:  $W = \frac{\Delta S_k}{S_k} \cdot \text{tg } \alpha_k$ . Момент этой пары:  $\frac{\Delta S_k}{S_k} \cdot \text{tg } \alpha_k \cdot S_k \cdot \cos \alpha_k = \Delta S_k \cdot \sin \alpha_k$ , т. е. равен перемещению всех правых точек цепи. Вызываемая же ее действием фик-



Фиг. 5.

тивная опорная реакция на левом конце  $\frac{\Delta S_k \cdot \sin \alpha_k}{l} = \Delta \theta'_0$ , т. е. равна углу поворота цепи как одного жесткого целого вокруг левого шарнира. Выбор направления сил пары делается в зависимости от вида перемещения, вызываемого удлинением  $\Delta S_k$  стороны  $S_k$ . Если это удлинение вызывает перемещение всех правых точек цепи книзу,

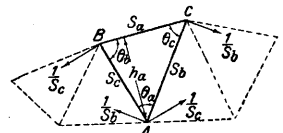
то паре дается направление положительного момента, т. е. по ходу часовой стрелки; если же все удлинение таково, что смещение правых точек происходит вверх, то паре сил дается направление, вращающее против хода часовой стрелки. Т. о., упругий груз  $W$  в узле  $k$  при положительном значении углов  $\alpha$  и удлинении сторон  $S_k$  и  $S_{k+1}$ , будет определяться выражением вида:

$$W_k = \Delta \theta_k - \frac{\Delta S_k}{S_k} \cdot \text{tg } \alpha_k + \frac{\Delta S_{k+1}}{S_{k+1}} \cdot \text{tg } \alpha_{k+1}.$$

Первый член правой части учитывает влияние на перемещение угловой деформации  $\Delta \theta_k$  шарнирной цепи, а второй и третий — влияние линейных деформаций сторон зигзага. Если стержни зигзага горизонтальны, то тангенсы углов наклона стержня к горизонту обращаются в нуль, второй и третий член в выражении упругого груза пропадают, и вычисление упругого груза упрощается. Первый член выражения упругого груза, т. е. угловую деформацию  $\Delta \theta$ , можно подсчитать или исходя из аналитич. приемов определения деформаций или из геометрич. соображений. Первый способ, наиболее общий и пригодный для любой фермы, заключается в нахождении углового перемещения по следующей формуле (Мора)

$$\Delta \theta_k = \sum \frac{N' \cdot N}{E \cdot \omega} \cdot S,$$

где  $\omega$  обозначает площадь сечения стержня,  $S$  — длину стержня,  $N$  — значение усилия в элементе фермы от данной нагрузки (первое состояние),  $N'$  — значение усилия в элементе фермы от единичной нагрузки второго состояния. Т. к. искомое перемещение представляет собой относительный угол поворота между двумя стержнями фермы, то за систему сил второго состояния принимаются две пары, равные единице, противоположные по знаку, приложенные к этим стержням  $S_k$  и  $S_{k+1}$ . Следовательно, величины этих сил соответственно равны  $\frac{1}{S_k}$  и  $\frac{1}{S_{k+1}}$ ; направление их берется таковым, чтобы угол получал положительное приращение.



Фиг. 7.

Если ферма состоит из простых тр-ков, то приращение любого угла тр-ка легко определяется по следующим ф-лам (фиг. 7). Для определения деформации угла тр-ка  $\theta_a$  прикладываем к сторонам его  $S_b$  и  $S_c$  по паре с силами  $\frac{1}{S_b}$  и  $\frac{1}{S_c}$ . Тогда усилия от этих пар в сторонах тр-ка будут:

$$N'_a = \frac{1}{h_a}; \quad N'_c = -\frac{1}{h_a} \cdot \cos \theta_b; \quad N'_b = -\frac{1}{h_a} \cdot \cos \theta_c.$$

Т. о., деформация угла  $\Delta\theta_a$  представится в следующем виде:

$$\Delta\theta_a = \frac{\Delta S_a}{h_a} - \frac{\Delta S_c}{h_a} \cdot \cos \theta_b - \frac{\Delta S_b}{h_a} \cdot \cos \theta_c.$$

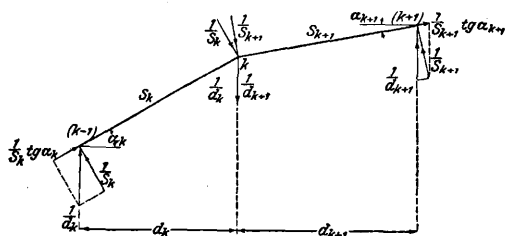
Заменяя в этом выражении величины  $h_a$  через равные им величины  $h_a = S_c \sin \theta_b$ ;  $h_a = S_b \sin \theta_c$ ;  $S_a = h_a (\text{ctg } \theta_c + \text{ctg } \theta_b)$  и сделав приведение, получим:

$$\Delta\theta_a = \left( \frac{\Delta S_a}{S_a} - \frac{\Delta S_c}{S_c} \right) \text{ctg } \theta_b + \left( \frac{\Delta S_a}{S_a} - \frac{\Delta S_b}{S_b} \right) \text{ctg } \theta_c.$$

Так как относит. удлинение  $\frac{\Delta S}{S} = \frac{N}{E \cdot \omega} = \frac{n}{E}$ , где  $n$ —нормальное напряжение, то предыдущее равенство м. б. выражено так:

$$E \Delta\theta_a = (n_a - n_c) \text{ctg } \theta_b + (n_a - n_b) \text{ctg } \theta_c.$$

Вообще же, если угол  $\theta_k$ , образуемый шарнирной цепью, складается из нескольких



Фиг. 8.

углов тр-ков, входящих в состав фермы, то величина упругого груза  $W_k$ , зависящего от деформации  $\Delta\theta_k$ , м. б. вычислена по ф-ле:

$$W_k = \Delta\theta_k = \frac{1}{E} \sum [(n_a - n_c) \text{ctg } \theta_b + (n_a - n_b) \text{ctg } \theta_c].$$

Если производится вычисление упругих грузов  $W$  в зависимости от угловых деформаций  $\Delta\theta$  цепи и удлинений  $\Delta S$  стержней цепи, т. е. по формуле:

$$W_k = \Delta\theta_k - \frac{\Delta S_k}{S_k} \text{tg } \alpha_k + \frac{\Delta S_{k+1}}{S_{k+1}} \text{tg } \alpha_{k+1},$$

то при этом учете парам сил, определяющим 2-е состояние нагружения, надо дать направление искомого перемещения (фиг. 8), т. е. приложить к сторонам цепи пары с силами

$$\frac{1}{d_k} = \frac{1}{S_k \cos \alpha_k} \quad \text{и} \quad \frac{1}{d_{k+1}} = \frac{1}{S_{k+1} \cos \alpha_{k+1}}.$$

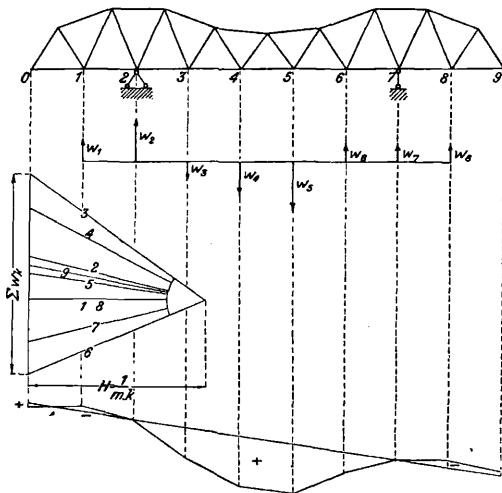
Эти силы, будучи разложены по направлениям, перпендикулярным к стержням цепи, и по направлению стержней цепи, приведутся: 1) к парам с силами  $\frac{1}{S_k}$  и  $\frac{1}{S_{k+1}}$ , определяющим влияние деформации угла  $\Delta\theta_k$  на величину упругого груза и 2) к продольным силам:  $\frac{1}{S_k} \text{tg } \alpha_k$  и  $\frac{1}{S_{k+1}} \text{tg } \alpha_{k+1}$ , определяющим влияние деформаций сторон  $\Delta S_k$  и  $\Delta S_{k+1}$  на величину упругого груза. Переходя

к напряжениям, можно пользоваться следующим выражением для упругого груза  $W_k$ :

$$E W_k = E \Delta\theta_k \pm n_{k-1} \text{tg } \alpha_{k-1, k} \pm n_{k+1} \text{tg } \alpha_{k, k+1}.$$

Для примера последовательности построения на фиг. 9 показано построение прогибов нижнего пояса консольной фермы. В виду того, что все элементы зигзага горизонтальны, второй и третий члены в выражении упругих грузов отпадают. Чтобы получить прогибы, увеличенные в  $k$  раз против натуральной величины при масштабе чертежа в  $\frac{1}{m}$ ,

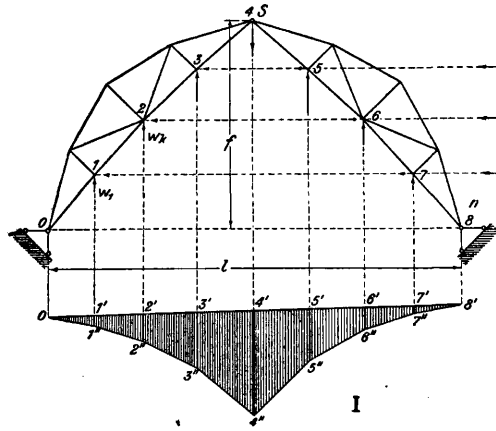
полное расстояние взято равным  $H = \frac{1}{mk}$  (в масштабе упругих грузов). На построенный для упругих грузов веревочный мн-к снесены опорные точки и проведена замыкающая прямая, относительно которой измеряются прогибы узлов системы. Иногда для упрощения расчетов упругие грузы  $W$  вычисляют только по деформациям поясов, т. е. пренебрегая деформацией решетки. Этот прием, однако, влечет за собой довольно значительную погрешность в конечных величинах прогибов. Графическое определение м. б. также применено для построения горизонтальных составляющих перемещений узлов, подобно тому как это было показано для сплошных систем. К такому построению приходится, напр., прибегать при нахождении перемещения в трехшарнирных арках (фиг. 10). В этих системах нельзя непосредственно определить искажение угла в шарнире  $S$  арки по выведенным выше ф-лам; нахождение его делается на основании следующих соображений. Горизонтальное перемещение правой опоры, равное нулю, вследствие неподвижности обеих опор арки, м. б. рассматриваемо как сумма двух перемещений: 1) перемещения в результате искажения всех углов, кроме угла в шарнире  $S$ , и удлинения всех сторон зигзага и 2) перемещения в результате искажения угла в



Фиг. 9.

шарнире. Обозначая первое из этих перемещений через  $\Delta l$ , получим  $\Delta l + f \cdot \Delta\theta_s = 0$ , где  $f$ —расстояние шарнира  $S$  от линии перемещений. Величина перемещения  $\Delta l$  складывается, как указано выше, из перемещения

$\Delta l'$ , вызываемого деформациями углов  $\Delta\theta$  цепи, и перемещения  $\Delta l''$ , вызываемого деформациями  $\Delta S$  стержней цепи. Первое из них может быть определено путем построения веревочного мн-ка (фиг. 10, II) для горизонтального направления упругих грузов



Фиг. 10.

$W_k = \Delta\theta_k$ , второе м. б. вычислено по формуле  $\Delta l'' = \sum_0^n \Delta S_k \cos \alpha_k$ , где  $\Delta S_k$ —удли-

нение стороны цепи, а  $\alpha_k$ —угол наклона ее к линии перемещения. Таким образом, для определения абсолютной величины деформации угла при шарнире  $S$  мы будем иметь:

$$\Delta\theta_s = \frac{1}{f} (\Delta l' + \sum_0^n \Delta S_k \cos \alpha_k).$$

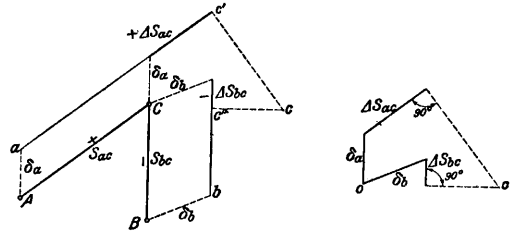
Когда определена величина  $\Delta\theta_s$ , построение линии прогиба арочной фермы делается путем построения веревочного мн-ка для упругих грузов  $W = \Delta\theta$ , включая в число их и упругий груз  $W_s = \Delta\theta_s$ . На фиг. 10, I, показано построение этого многоугольника с полюсным расстоянием  $H' = 1$ .

Диаграммы Виллио. При построении перемещений методом упругих грузов получаются не действительные перемещения, а их составляющие по заданному направлению. Если требуется найти действительное перемещение узлов, то следует построить перемещения в двух направлениях и найти их геометрические суммы. Кроме такого приема, можно прибегнуть к особому методу, носящему название диаграммы Виллио, дающему в одном построении полные перемещения всех узлов фермы. Построение это основано на следующих соображениях. Геометрическая схема деформированного состояния фермы определяется тем, что образующие эту ферму треугольники составлены из стержней, получивших под влиянием нагрузки то или иное приращение длины. Однако, получить схему деформированного состояния фермы путем непосредственного геометрич. построения тр-ков по их деформированным сторонам практически нельзя, т. к. приращения длин стержней—величины весьма малые, в масштабе фермы выражающиеся ничтожными отрезками, и, следовательно, точность такого построения была бы

весьма малой. Взамен этого в диаграмме Виллио приращения длин и перемещения узлов строятся на особом чертеже отдельно от чертежа фермы и в значительно увеличенном масштабе. Построение это основано на следующих соображениях. Предположим

(фиг. 11), что мы имеем шарнир  $C$ , связанный стержнями  $AC$  и  $BC$  с шарнирами  $A$  и  $B$ . Требуется найти перемещение  $\delta_c$  шарнира  $C$  в результате того, что шарниры  $A$  и  $B$  получили перемещения  $\delta_a$  и  $\delta_b$ , равные  $A-a$  и  $B-b$ , а стержни  $AC$  и  $BC$  получили приращения длин, равные  $\Delta S_{ac}$  и  $-\Delta S_{bc}$ . Если бы рассматриваемые стержни не были связаны с шарниром  $C$  и перемещались параллельно самим себе, то в результате перемещений шарниров  $A$  и  $B$  и удлинений стержней  $AC$  и  $BC$  точка  $C$  стержня  $AC$  переместилась бы в точку  $c'$ , а точка  $C$  стержня  $BC$ —в точку  $c''$ . Но т. к. эти точки

связаны шарниром  $C$ , то вращением стержней  $AC$  и  $BC$ , длиной  $S_{ac} + \Delta S_{ac}$  и  $S_{bc} - \Delta S_{bc}$ , вокруг точек  $a$  и  $b$  надо совместить точки  $c'$  и  $c''$  и найти истинное положение шарнира  $c$  и, следовательно, его перемещение  $C-c$ . Дуги окружности при построении перемещений от вращения можно заменять перпендикулярами к радиусам вращения, в виду того что приращения  $\Delta S_{ac}$  и  $\Delta S_{bc}$ —величины весьма малые по сравнению с длинами  $S_{ac}$  и  $S_{bc}$ . Само же построение можно отделить от чертежа стержней и сделать в стороне.



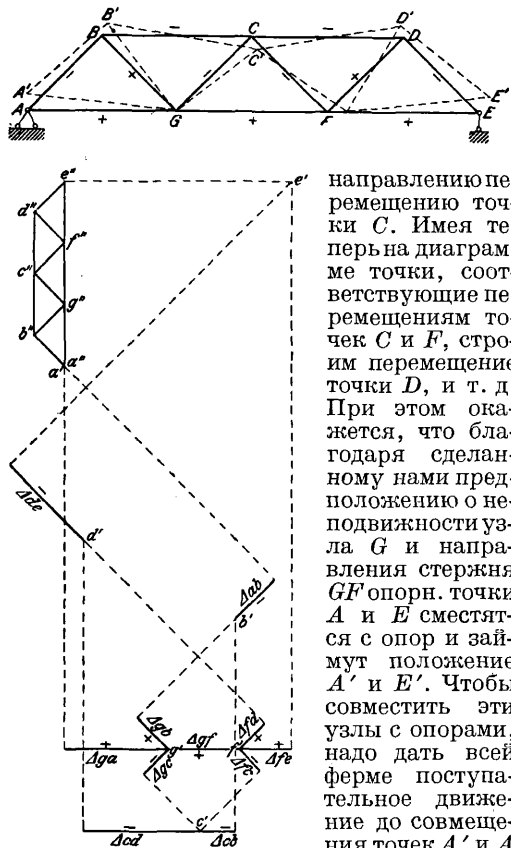
Фиг. 11.

Пользуясь этим приемом, построение диаграммы Виллио ведут в следующем порядке (фиг. 12). Предварительно подсчитывают приращение длин стержней под влиянием усилий в них и температурных изменений по формуле:

$$\Delta S_k = \frac{N_k}{E \omega_k} \cdot S_k + \alpha \cdot t \cdot S_k,$$

где  $N_k$ —усилие в элементе  $k$ ,  $\omega_k$ —сечение элемента,  $S_k$ —длина элемента,  $t$ —приращение темп-ры и  $\alpha$ —коэфф. расширения. Затем, чтобы диаграмма получилась более компактной, предполагают первоначально, что один из узлов, ближайших к середине, напр., узел  $G$ , неподвижен, а направление одного из элементов, выходящих из этого узла,

например элемента  $GF$ , предполагают постоянными. Затем строим перемещение точки  $F$ , откладывая отрезок  $\Delta S_{gf} = g'f'$  параллельно  $GF$ . Зная теперь перемещение точки  $G$ , принятое равным нулю, и точки  $F$ , равное  $g'f'$ , строим перемещение точки  $C$ , для чего из  $f'$  откладываем отрезок  $\Delta S_{fc}$ , равный и параллельный приращению длины стержня  $FC$ , и из точки  $g'$  отрезок  $\Delta S_{gc}$ , равный и параллельный приращению длины стержня  $GC$ . Из концов этих отрезков восстанавливаем перпендикуляры, точка пересечения которых  $c'$  определит отрезок  $g'c'$ , равный по величине и



Фиг. 12.

направлению перемещению точки  $C$ . Имея теперь на диаграмме точки, соответствующие перемещениям точек  $C$  и  $F$ , строим перемещение точки  $D$ , и т. д. При этом окажется, что благодаря сделанному нами предположению о неподвижности узла  $G$  и направления стержня  $GF$  опоры точки  $A$  и  $E$  сместятся с опор и займут положение  $A'$  и  $E'$ . Чтобы совместить эти узлы с опорами, надо дать всей ферме поступательное движение до совмещения точек  $A'$  и  $A$  и вращательное движение до совмещения точки  $E'$  с плоскостью подвижности правой опоры. Истинные перемещения узлов при этом окажутся равными геометрической сумме перемещений, найденных в предположении неподвижности узла  $G$ , и перемещений от поступательного и вращательного движений фермы в целом. Эти геометрические суммы можно построить следующим образом. Из точки  $e'$  проводим прямую, параллельную направлению возможного перемещения узла  $E$ , т. е. горизонтальную прямую, и из точки  $a'$  проводим прямую, перпендикулярную этой прямой; точку пересечения этих двух прямых обозначаем через  $e''$ . На отрезке  $a'e''$  строим фигуру, подобную чертежу фермы, но повернутую на  $90^\circ$ , и обозначаем узлы теми же буквами, что и на чертеже фермы, но с двумя значками.

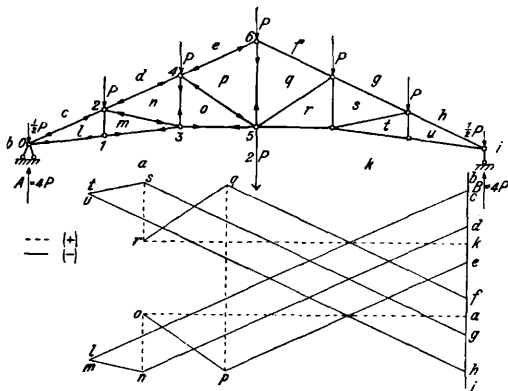
Отрезки между двумя одинаковыми бук-

вами и будут равны по величине и направлению действительным перемещениям соответствующих узлов, при чем направление этого перемещения будет от точки с двойным значком к точке с одиночным значком. Построение Виллио, обладая тем преимуществом, что сразу в одном построении получаются полные перемещения узлов, все же сравнительно реже применяется в русской практике, чем метод упругих грузов. Объясняется это тем, что в этом способе неизбежно накопление чертежных ошибок и результаты могут получиться с значительными погрешностями. Во Франции, однако, применяют преимущественно диаграмму Виллио.

Лит.: Прокофьев Н. П., Теория сооружений, ч. 3, Москва, 1928; Симинский Р. К., Строительная механика, ч. 2, Киев, 1927; Тимошенко С. П., Курс статики сооружений, ч. 1, изд. 2, Л., 1926; Мюллер-Бреслау Г., Графическая статика сооружений, т. 2, пер. с нем., СПб. 1910—13; Müller-Breslau H., Die Grafische Statik d. Baukonstruktionen, B. 4, Leipzig, 1922; Pirlet J., Kompendium d. Statik d. Baukonstruktionen, B. 2, T. 1, Berlin, 1921; Land, Kinematische Theorie d. Statik bestimmt. Träger, «Ztschr. d. Oesterr. Ing.- u. Archit.-Ver.», Wien, 1888, p. 11, 162; Mohr, Beitrag z. Theorie d. Fachwerks, «Zeitschrift d. Archit.- u. Ing.-Ver. zu Hannover», 1875, p. 605; Williot, Notations pratiques sur la statique graphique, Publication. scientif. industrielles, P., 1877. Н. Шапов.

**ГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ**

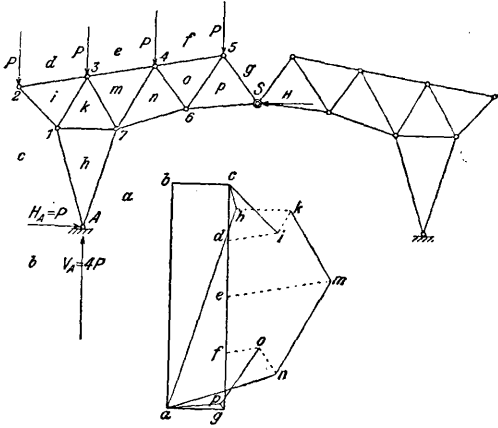
в механических системах (фермах) основано на методах разложения равнодействующей на два или три направления, не пересекающиеся в одной точке. Наиболее распространен прием определения усилий путем построения диаграмм Кремона-Максвелла. Этот прием определения усилий основан на том, что если система находится в равновесии, то каждый из ее узлов находится в равновесии под действием усилий стержней, сходящихся в этом узле, и нагрузки, приложенной в нем. Это условие равновесия позволяет путем построения силового многоугольника для каждого узла определить равнодействующую нагрузки и известных усилий стержней, сходящихся в этом узле, и разложить ее на два новых неизвестных усилия стержней, примыкающих к этому узлу. Так как силы, пересекающиеся в одной



Фиг. 1.

точке (узле), могут быть разложены только по двум новым заданным направлениям, то отсюда вытекает, что последовательность перехода в системе от узла к узлу при определении усилий связана условием, чтобы в том

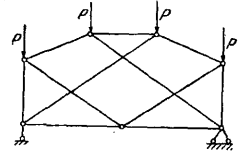
узле, в к-ром делается разложение сил, было не более двух неизвестных усилий стержней. Из этого же условия вытекает, что определение усилий надо начинать с рассмотрения тех узлов, в которых сходятся только 2 стержня. Особенность построения диаграммы Крестона-Максвелла заключается в том, что указанное выше разложение усилий в узлах проводится на одном плане сил. При построении диаграммы придерживаются следующего порядка: 1) многоугольники, образованные стержнями системы и нагрузками, обозначают буквами или цифрами, что облегчает порядок построения; 2) строят силовой мн-к внешних нагрузок, в том числе и опорных реакций, строго придерживаясь



Фиг. 2.

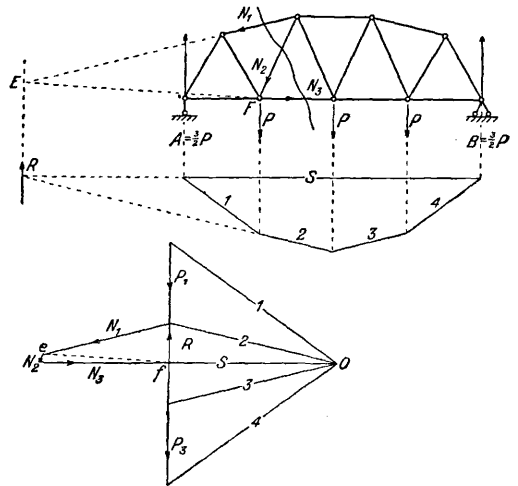
порядка положения их по контуру системы; 3) переходят к разложению нагрузок и усилий по отдельным узлам, производя это разложение в том же порядке обхода каждого узла, в каком производилось построение силового мн-ка внешних нагрузок. Построение диаграммы усилий начинают с узлов, в которых сходятся только 2 стержня, и последовательно переходят к узлам, в к-рых остается не более 2 неизвестных усилий в стержнях. На фиг. 1 построение плана сил (диаграммы) для простой стропильной фермы начато с узла 0, затем последовательно сделан переход к узлам 1, 2, 3, 4, 6 и 5. Сама диаграмма усилий представляет объединение силовых мн-ков усилий в каждом узле, стороны к-рых параллельны стержням системы, сходящимся в этом узле. Стороны этих мн-ков, ограничиваемые буквами или цифрами, между к-рыми лежит стержень в системе, определяют собой величину усилия этого стержня в масштабе силового мн-ка. Знак усилия определяется направлением течения усилий в силовом мн-ке в порядке его замыкания с отнесением этого направления на стержень системы; если это направление на стержне системы будет направлено к узлу, то усилие стержня будет сжимающим, если оно направлено от узла, — растягивающим. Большое преимущество определения усилий при помощи диаграммы заключается в том, что она в конечном результате, т. е. в результате построения ее для всей системы, должна замкнуться без разрыва. Это свойство служит проверкой правильности са-

мого построения и определения усилий. Так как графич. построение мн-ков не является абсолютно точным и в конечном результате разрыв диаграммы всегда имеет место, то построение считается выполненным удовлетворительно, если разрыв не превосходит 1% величины усилий.



Фиг. 3.

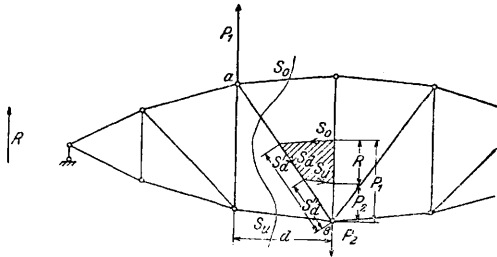
На фиг. 2 показано построение диаграммы Крестона для трехшарнирной арочной фермы, при чем построение приходится вести от двух узлов А и 2, в виду невозможности последовательного перехода через узлы 1, 7 и 3. Если система такова, что в ней нет узлов с 2 стержнями (фиг. 3), от к-рых можно было бы начать построение диаграммы, или если в процессе последовательного разложения пришлось бы столкнуться с узлами, в к-рых более двух неизвестных усилий, то возможность построения диаграммы Крестона обеспечивается тем, что усилие одного из стержней, входящих в узел, препятствующий дальнейшему построению, определяется аналитически, принимается как бы за внешнюю силу и в таком виде вводится в силовой мн-к. Способ Кульмана в принципе основан на разложении равнодействующей R (фиг. 4) внешних сил на три направления, пересекимые разрезом. Величина и направление равнодействующей определяются силовым мн-ком; точка приложения ее определяется пересечением крайних сторон вервочного мн-ка, соответствующих рассматриваемому разрезу (фиг. 4, стороны 2 и 3). Полученная из этих построений равнодействующая R разлагается на три направления  $N_1$ ,  $N_2$  и  $N_3$  пересеченных стержней. Это разложение



Фиг. 4.

делается, как известно, при помощи вспомогательного направления ef и проводится обычно на силовом мн-ке. Этот прием удобоприменим в тех случаях, когда нагрузка расположена только справа от разреза; в этом случае слева от разреза будет иметь место только опорная реакция фермы, точка приложения которой известна. Циммерман

провел такое же определение усилий, пересекаям разрезом (фиг. 5), без определения точки приложения равнодействующей  $R$ , заменив ее действие на ферму двумя силами  $P_1$  и  $P_2$ , параллельными  $R$  и приложенными по концам пересекемого раскоса в точках  $a$  и  $b$ . Если моменты силы  $R$ , или,



Фиг. 5.

что то же, момент внешних сил, лежащих слева или справа от разреза относительно концов раскоса  $a$  и  $b$ , будут  $M_a$  и  $M_b$ , а  $d$ —расстояние между силами  $P_1$  и  $P_2$ , то величины этих сил определяются так:

$$P_1 = \frac{M_a}{d} \quad \text{и} \quad P_2 = \frac{M_b}{d}.$$

Сила  $P_1$  уравнивается усилиями  $S_0$  и  $S'_a$ , величины которых определяются простым разложением силы  $P_1$  по тр-ку. Сила  $P_2$  уравнивается усилиями  $S'_b$  и  $S_u$ , которые м. б. определены так же разложением по тр-ку. Т. о., простым разложением определяются усилия  $S_0$  и  $S_u$ ; что касается усилия  $S_b$ , то оно, очевидно, определяется разностью усилий  $S'_a - S'_b$ . Все эти построения могут быть сделаны на чертеже самой фермы, как это показано на фиг. 5.

Лит.: Велихов П. А., Краткий курс стрит. механики, М., 1927; Кирпичев В. Л., Основание графич. статик, Л., 1924; Прокофьев И. П., Теория сооружений, ч. 1, М., 1926; Проскуряков Л. Д., Стрит. механика, ч. 1, М.—Л., 1925; Тимошенко С. П., Курс статик сооружений, ч. 1, Л., 1927; Симинский Р. К., Стрит. механика, Киев, 1919; Счипанп С., Die graph. Statik, Zürich, 1886; Стемпла L., Le figure reciproche nella statica grafica, Milano, 1872; Maxwell C. J., On Reciprocal Figures a. Diagrams of Forces, «Philos. Mag.», L., 1864; Фöрпл А., Vorlesungen über technische Mechanik, В. 2, Lpz.—В., 1926; Müller-Breslau H., Die graphische Statik der Baukonstruktionen, Leipzig, 1922—27. И. Прокофьев.

### ГРЕБЕНКА, см. Резьбы.

**ГРЕБНЕЧЕСАЛЬНАЯ МАШИНА**, одна из сложных и ответственных машин прядильного производства, имеющая назначение прочесывать гребнями ленту волокна, которая получается с кардных или вытяжных машин, отсортировывая короткие волокна и выпуская чесаную ленту с определенной длиной волокна. См. *Кардное производство и Прядение*.

**ГРЕБНИ** головные изготовляют из рога, целлюлоида, эбонита, слоновой кости и различных пластичных масс.

**Г. Роговые гребни.** Сырьем для роговых Г. служат рога крупного скота. Наиболее ценны для производства бычьи и полубычьи рога; употребляются и коровьи рога, но только больших и средних размеров. Последние идут на полуфабричные Г. (в ы р у б к а Г. кустарным способом). Из бычьих и полубычьих рогов вырабатываются т. н. механические Г. Перед пуском в производство,

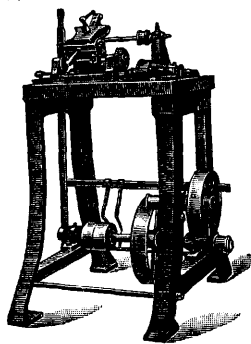
как правило, стержень из рога должен быть удален. Для этого пользуются вывариванием рога, а затем выколачивают стержень, ударяя толстой частью рога о кусок дерева (ч у р б а н). Выбитый стержень идет на клееваренные з-ды. Освобожденный от стержня рог разрезается на куски размером 5—10 см. При выделке кустарного и полуфабричного Г. рог в дальнейшую обработку поступает целиком, и отпиливается лишь конец. Нарезанные куски рога, т. н. ш т у к и, поступают в правильный цех к мастеру—«правиле», работающему обычно с помощью подростка—«грелки». Оборудование—горн с чугунным котлом для горячей воды, емкостью в 40—50 л, и колода. Штуки кладут в котел с горячей водой, где они за 20—30 мин. размячуются. Тогда помощью деревянной палки с заостренным концом их вылавливают из котла и держат 1—2 мин. над горячими углями горна. Размячанный кусок рога передается правиле, к-рый, разрезает штуку ножом вдоль, очищает ее от неровностей и затем распрямляет в деревянных клещах. Полурастравленная штука опять разогревается на углях и закладывается в колоду. Колода выполняет роль и пресса и холодильника. Обыкновенно она выдалбливается из нижней части ствола березы, длиной в 4—4,5 м. В колоде свободно вращается железный винт, заканчивающийся колесом в 1,25—1,40 м в диаметре. В колоде помещены гладко пригнанные куски березы или пальмы, называющиеся с ы р ь я м и. Между этими сырьями выпрямляются и охлаждаются штуки, получая в дальнейшем название п л а ш е к. Плашки для полуфабричного Г. поступают в обрезку для удаления неровностей и придания им первоначальной формы Г. Твердые обрезки от плашек идут на производство синькали. Плашки для фабричного Г. делаются из рога, растравленного целиком, прессуются в гидравлич. прессе под давлением в 300 atm, а затем уже разрезаются на части соответственно размерам Г. и поступают в гребенной цех. Оборудованием цеха служат жернова (глухие шкивы 50 × 15 см с наклепанным на них карборундовым полотном № 5 или 6), ручные зубки и механические самозубки, вострилки (небольшие 7-см колесики с поперечными острыми нарезками), пемзирочные болваны и лощильные болваны. Плашки «заводят» на жернове, вращающемся со скоростью 900—1000 об/м. Заводка заключается в выравнивании плоских частей плашки и в значительном заострении всех четырех сторон ее (главным образом, двух, где будут зубья). С жернова плашка поступает на зубку, сначала редкую, а затем частую, и после этого получает уже название г р е б е ш к а. Зубка производится на тонких колесиках—п и л к а х, работающих от привода на небольшом валике, имеющем деления для каждого зуба. Механический Г. для частой зубки, поступает на самозубку, автоматически нарезающую зубья, после чего подтирают все шероховатости от зубки. Затем на вострилках, редкой и частой, зубья гребня заостряются и переходят в скобление и глажение. Эти

две стадии производства происходят вручную и выполняются обычно подростками. Инструментом служат острые пожи, к-рыми соскабливают все мельчайшие неровности и царапинки. Получающаяся при этом роговая стружка, пыль и мука служат хорошим удобрением в с. х. и садоводстве. После глажения Г. поступает в пемзировку. Пемзирочные болваны (войлочные круги) вращаются с той же быстротой, что и жернова. Под болванами находятся деревянные корыта с разведенным в воде порошком пемзы. Г. опускают в раствор пемзы, и вращающийся войлочный круг делает поверхность Г. окончательно ровной и гладкой. Загрязненный пемзой гребень промывается сильной струей воды механич. насоса и сушится (10—15 минут) завернутый в джутовые полотна. Завершается выработка Г. передачей его для полировки на вращающиеся со скоростью 1 200 об/мин. лошальные болваны (круги из белого материала—бязи, ситца), смазанные по ребру составом из стеарина или парафина, гарного масла и песка.

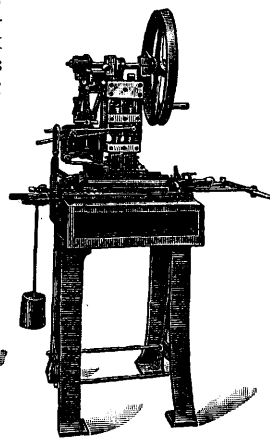
**II. Целлюлоидные гребни.** Производство этих Г. расчленяется на следующие стадии: резка целлюлоида, дублировка, фрезировка или клейка ободка, спецовка, шлифовка, мойка, гнутые и лакировка. Резка целлюлоида на пластинки производится на особом приборе, называемом дробилкой; этим прибором можно отрезать куски любой величины. Дублировка целлюлоида (пластинок) производится на дублерке, ручным или механич. способом, при чем за один раз можно отдублировать 2—3 пластинки, а из каждой пластинки получаются два Г. После этого происходит фрезировка ободка, к-рая производится на горизонтальном фрезере, если желательно получить французский ободок; при необходимости получить накладной ободок работа несколько осложняется, т. к. сначала необходимо изготовить на фрезере тонкую целлюлоидную полосу, а потом наклеить ее на Г. Спецовка Г. заключается в том, что на фрезерах отделяются зубья. Крайний зуб отбрасывается, а ребрышки Г. также фрезерируются. Это делается для того, чтобы легче было потом шлифовать Г. Шлифовка Г.—одна из самых сложных стадий процесса. Она производится на особом шлифовальном станке, состоящем из вала, на котором надеются суконные круги. Вал приводится в движение механич. силой. Под кругами находятся корыта с водой, в к-рой разведен пемзовый порошок. Затем Г. льют, а также подвергают нагреванию в особых ваннах с горячей водой и гнутую на колодках. Этот процесс весьма сложен, т. к. необходимо тщательно следить за тем, чтобы не покривились зубья Г. Для того чтобы их пригнать, сравнять, пригнуть крайние зубья и т. д., необходима сноровка. Последняя стадия—лакировка, придание Г. внешнего блеска. Лакировка производится на особых аппаратах путем обмакивания Г. в 100%-ную уксусную кислоту. Этот процесс весьма вреден вследствие вдыхания уксусных паров и опасен в пожарном отношении, т. к. целлюлоид легко воспламеняется, а между тем Г. после мойки приходится про-

сушивать на сильно натопленной печи. В течение всего процесса производства целлюлоид приходится нагревать два раза для размягчения. Первое нагревание происходит во время дублировки. У самой дублерки расположен столик, на котором лежит нагревательная плита, которая обычно нагревается электричеством. Пластинки целлюлоида нагреваются до тех пор, пока они не станут мягкими, и после этого их кладут под дублирочные ножи. Второй раз Г. нагревают после мойки, перед тем как класть их на колодку для гнутья. Это дает возможность придать Г. желательную форму. Производство целлюлоидных Г. в последнее время сильно расширяется. Этому способствует налаживающаяся выработка местного целлюлоида вместо ввозимого из-за границы. **Н. Билых.**

**III. Эбонитовые гребни** изготовляются из сорта роговой резины, обладающей наибольшей механич. прочностью. По назначению и размерам эбонитовые Г. можно разделить на карманные (90—140 мм длиной), туалетные (160—230 мм) и частые (обычно двусторонние); по способу изготовления различают гребни прорезные и дублированные. Прорезные эбонитовые Г. дороже, но изящнее. При изготовлении эбонитовых Г. эбонитовая смесь, пропущенная на каландре, дублируется на столах тяжелым валом до требуемой толщины. Полученная пластинка обкладывается с обеих сторон оловянной фольгой как для получения гладкой поверхности эбонитовых Г., так и для предохранения от действия кислорода во время вулканизации. Затем пластинка разрезается на куски соответственной величины и поступает на пресс, где и отштамповывается заготовка. Заготовки прорезных эбонитовых гребней составлены из отдельных болванок, заготовки же дублированных эбонитовых гребней состоят из двойных болванок:



Фиг. 1.



Фиг. 2.

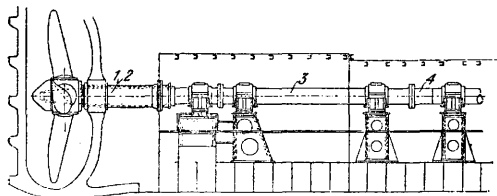
зубья одного эбонитового Г. расположены между зубьями другого. Отштампованные заготовки с фольгой вулканизируются в котлах, будучи помещены в воду. Разделение зубьев прорезного эбонитового гребня происходит на особых прорезных станках (фиг. 1), где эбонитовый гребень установленный в особом зажиме, подвигается периодически к дисковой пиле, подвигаясь в промежутке на расстояние, точно равное шири-



не зуба. Г. о. изготавливаются как эбонитовые Г. с зубьями одной и той же ширины, так и редко-частые. Дублировка состоит в просекании особыми долотьями промежутка между зубьями двойной заготовки, предварительно подогретой для размягчения. Производительность 1 рабочего на дублировочных станках (фиг. 2) в 20 раз больше, чем на прорезке. Дублировка требует дополнительной операции — подгибания крайнего, широкого зуба. Обработка поверхности эбонитовых Г. состоит из точки и пемзовки спинки и краев, заточки зубьев, шлифовки и полировки. Производство заканчивается браковкой и штемпелевкой. Эбонитовые Г., наравне с целлюлоидными, гигиеничнее роговых, т. к. совершенно не имеют пор; перед целлюлоидными они имеют преимущество невоспламеняемости.

*Лит.: Dittmar R., Die Technologie d. Kautschuks, p. 556, Wien, 1915; Regler A., Hartgummi u. Hartgummi-Ersatz, p. 29, B., 1914. Л. Горбунов.*

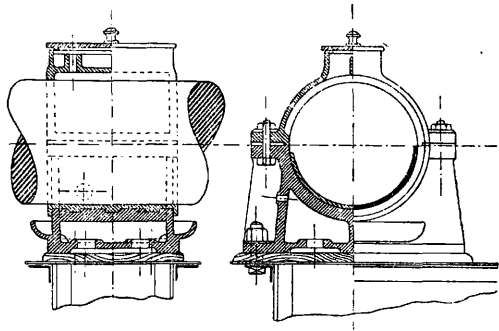
**ГРЕБНОЙ ВАЛ**, вал, непосредственно несущий на себе движитель судна (гребной винт или гребное колесо). Передача вращения от главной машины судна (паровой поршневой машины, двигателя Дизеля, паровой турбины) движителю осуществляется при помощи нескольких соединенных между собой валов, совокупность к-рых называется



Фиг. 1.

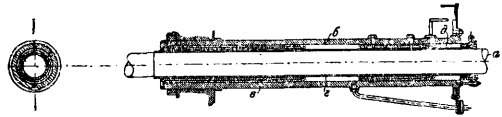
линией вала. Фиг. 1 дает расположение отдельных частей, составляющих линию вала (для винтового судна): 1—гребной вал; 2—дейдвудный вал (в одновинтовых судах гребной вал является в то же время и дейдвудным); 3—промежуточный вал; таких валов может быть несколько, называют их также коридорными, по месту их расположения; 4—упорный вал; кроме того, к линии вала относится коленчатый вал поршневой машины, не показанной на фиг.; в турбинных установках без передачи коленчатый вал заменяется валом турбины, а в турбинных установках с передачей—валом, несущим большую шестерню. Кроме перечисленных, необходимыми принадлежностями линии вала являются: 1) сальник дейдвудного вала, устраиваемый в месте прохода дейдвудного вала через переборку и препятствующий прониканию забортной воды вдоль дейдвудного вала внутрь судна; 2) опорные подшипники (фиг. 2), служащие для поддержания собственного веса валов и в то же время являющиеся направляющими опорами при передаче упорному подшипнику осевого давления, развиваемого винтом; каждый промежуточный вал обычно покоится на двух опорных подшипниках; 3) упорный подшипник, прочно соединенный при помощи особого фундамента с корпусом судна и служащий для передачи судну осевого усилия, развиваемого винтом и сообщающего

судну движение. Линия валов должна представлять собою правильную прямую линию, т. к. всякий излом этой линии (угол между двумя жестко соединенными друг с другом валами) при вращении валопровода будет вызывать нагревание и износ подшипников.



Фиг. 2.

На фиг. 3, представляющей Г. в. (который в то же время является и дейдвудным) одновинтового судна: а—Г. в.; б—чугунная дейдвудная труба, один конец к-рой крепится к переборке судна, а другой—к ахтерштевню судна; в—бакаутные вкладыши, служащие подшипниками, на которых лежит дейдвудный вал; г—бронзовая облицовка (непрерывная); д—дейдвудный сальник. Если облицовка не сделана непрерывной, то вал, лишенный металлической облицовки, часто защищают от действия морской воды специальной облицовкой из резины. Из характерных деталей линии вала необходимо отметить еще упорный подшипник. До появления подшипника системы Мичеля (Michell) упорными подшипниками исключительно служили или подшипники со скобами системы Модслея (фиг. 4) или (для малых судов) подшипники с кольцевыми выточками, состоящие из двух половин. В подшипниках этих систем удельное давление допускается в пределах от 3 до 6 кг/см<sup>2</sup>, и вал

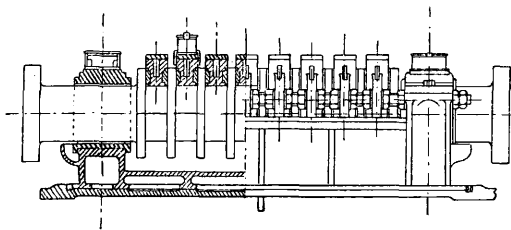


Фиг. 3.

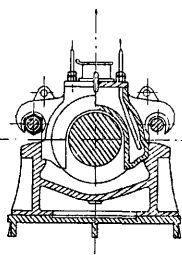
имеет несколько упорных колец. Разработанный Мичелем, на основании новой теории смазки, подшипник дал возможность поднять удельное давление до 25 кг/см<sup>2</sup>, вследствие чего оказалось возможным ставить на валу только одно кольцо; конструкция подшипника весьма компактна. Сущность устройства, которое допускает такие высокие удельные давления, состоит в следующем (фиг. 5): между подшипником *L* и упорным кольцом *R* имеются упорные подушки *z*, которые опираются лишь в одной точке на болты *a*. Когда кольцо начинает вращаться, то смазочное масло, приходя в движение, отодвигает подушки и удерживает их в наклонном положении по отношению к кольцу, при чем наружные концы подушек отодвигаются от упорного кольца дальше,

чем внутренние. В образующиеся между кольцом и подушками клинообразные пространства непрерывно поступают все новые

где  $P$ —диам. винта в мм, а  $c$ —коэфф., равный 144, если бронзовая облицовка вала непрерывная, и 100, если облицовка не является непрерывной.



Фиг. 4.



количества смазки, и, таким образом, трущиеся металлические поверхности нигде не соприкасаются.

Конструкция и расчет. При определении прочих размеров валов коммерч. судов приходится пользоваться теми ф-лами и нормами, которые дают классификационные общества. В СССР наряду с правилами «Регистра Союза ССР» применяются правила Англ. Ллойда, Герм. Ллойда и Бюро Веритас. Размеры валов, определенные по правилам этих об-в, довольно близко подходят друг к другу. Для расчета по правилам Англ. Ллойда служат следующие ф-лы. Промежуточные валы для судов с паровой поршневой машиной:

Диаметр упорного вала в районе между упорными кольцами должен быть не меньше  $1,05 d$ ; от упорных колец к муфте диаметр упорного вала м. б. сведен путем постепенного перехода к диам., равному  $d$ . Диам. дейдвудного вала (не несущего винт)—не меньше  $1,05 d$ . Если вал подвержен действию морской воды, то его диаметр д. б. не меньше  $1,075 d$ . Для судов с паровыми турбинами диаметр промежуточных валов должен быть вычислен по следующей формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{D^2 \cdot S \cdot WP \cdot 14,22}{c(r+2)}}$$

где  $d$ —диам. промежуточного вала в мм,  $D$ —диам. цилиндра низкого давления в мм,  $S$ —ход поршня в мм,  $WP$ —рабочее давление в котлах в кг/см<sup>2</sup>,  $r$ —отношение площади

где  $S$ —максимальное число  $HP$  на валу, развиваемых турбиной,  $R$ —число об/м.,  $R$ —коэффициент, для океанских судов равный 64, для речных и озерных—58. Диам. вала при турбинах с зубчатой передачей д. б. не меньше  $1,05d$ — $1,1d$ , в зависимости от числа и расположения малых шестерен. Для судов с дизелями диаметр промежуточного вала д. б. не меньше  $d = c \sqrt[3]{D^2 \cdot S}$  мм, где  $D$ —диаметр цилиндра в мм,  $S$ —ход поршня в мм,  $c$ —коэфф., к-рый берется из табл. 2

Табл. 2.—Значения коэффициента  $c$  (суда с дизелями).

Число цилиндров	$A = 0,0025$	$A = 0,0050$	$A = 0,0100$
Двухтактные простого действия:			
2 . . . . .	0,305	0,317	0,336
3 . . . . .	0,346	0,363	0,385
4 . . . . .	0,364	0,380	0,396
5 . . . . .	0,380	0,391	0,404
6 . . . . .	0,398	0,408	0,412
Четырехтактные простого действия:			
4 . . . . .	0,300	0,312	0,327
6 . . . . .	0,338	0,355	0,370
8 . . . . .	0,357	0,366	0,376
10 . . . . .	0,376	0,382	0,389
12 . . . . .	0,394	0,398	0,404

путем интерполирования в зависимости от величины коэфф-та  $A$ , вычисляемого по ф-ле:

$$A \cdot W \cdot d_w^2 \cdot R^2 = D^2 \cdot S \cdot 5760,$$

где  $W$ —полный вес махового колеса в кг,  $d_w$ —диам. махового колеса в мм,  $R$ —число об/м.,  $D$ —диам. цилиндра в мм,  $S$ —ход поршня в мм. Если ход поршня не меньше 1,2 и не больше 1,6 диам. цилиндра, то вместо выражения  $\sqrt[3]{D^2 \cdot S}$  м. б. взято выражение  $0,735D + 0,273S$ . Вычисление диаметра коленчатого вала дизелей производится по следующей ф-ле, при условии, что максимальное давление в цилиндре не выше 35 кг/см<sup>2</sup>:

$$d_k = \sqrt[3]{D^2 (A \cdot S + B \cdot h)},$$

где  $D$ —диаметр цилиндра в мм,  $S$ —ход поршня в мм, и  $h$ —расстояние в мм между внутренними кромками подшипников,

поршня цилиндра низкого давления к площади поршня цилиндра высокого давления,  $c$ —коэффициент, даваемый табл. 1.

Табл. 1.—Значения коэффициента  $c$  (паровая поршневая машина компаунд тройного и четверного расширения).

Распределение колен	Значения коэфф-та $c$	
	для океанских судов	для речных и озерных судов
2 колена под 90° . . . . .	1 900	2 100
2 » » 180° . . . . .	1 350	1 500
3 » » 120° . . . . .	2 150	2 400
4 колена уравнивающей машины . . . . .	2 150	2 400
4 колена под 90° . . . . .	2 100	2 300

Диаметр коленчатого вала д. б. не меньше  $1,05 d$ ; диам. Г. в.—не меньше, чем  $d + \frac{P}{c}$ ,

на которых лежит колено вала. Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  берутся из табл. 3.

Табл. 3.—Значения  $A$  и  $B$  для коленчатого вала дизелей.

Четырехтактные дизели простого действия	Двухтактные дизели простого действия	Значения коэфф-тов	
		$A$	$B$
4- или 6-цилиндр. . . . .	2- или 3-цилиндр. . . . .	0,089	0,056
8-цилиндр. . . . .	4-цилиндр. . . . .	0,099	0,054
10- или 12-цилиндр. . . . .	5- или 6-цилиндр. . . . .	0,111	0,052
16-цилиндр. . . . .	8-цилиндр. . . . .	0,131	0,050

Вышеприведенные формулы дают минимальные, требуемые Англ. Ллойдом, размеры валов. Для судов военного флота, где конструктор не стеснен предписаниями страховых обществ, размеры валов определяются по обычным формулам сопротивления материалов. Коленчатый вал, подвергающийся одновременному действию изгиба и кручения, рассчитывается по формуле Сен-Венана (Saint-Venant):

$$R_{изг.} \geq \frac{1}{W} (0,35 M_{изг.} + 0,65 \sqrt{M_{изг.}^2 + M_{кр.}^2}),$$

где  $R_{изг.}$  — допускаемое напряжение на изгиб,  $W$  — момент сопротивления,  $M_{изг.}$  и  $M_{кр.}$  — соответственно изгибающий и крутящий моменты. Вместо формулы Сен-Венана, построенной на теории прочности, предполагающей, что причина разрушения тел кроется в величине наибольшей деформаций сжатия или растяжения, применяется в Англии и входит в употребление в других странах ф-ла:

$$R_{изг.} \geq \frac{1}{W} \sqrt{M_{изг.}^2 + M_{кр.}^2}.$$

Эта формула построена на допущении, что причиной разрушения являются возникающие в теле наибольшие деформации сдвига. Очень часто расчет ведется по формулам, учитывающим только касательные напряжения, а именно:

$$d = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_t}{R_t}} \text{ см}, \quad (1)$$

$$d = 1,72 \sqrt[3]{\frac{M_t}{R_t} \cdot \frac{1}{1 - (d_1/d)^4}} \text{ см}, \quad (2)$$

$$M_t = 71 620 \frac{N}{n} \text{ кгсм}, \quad (3)$$

где  $d$  — диаметр вала,  $d_1$  — внутренний диам. вала, если вал пустотелый,  $M_t$  — крутящий момент,  $N$  — число индикаторных  $HP$  машины,  $n$  — число об/м.,  $R_t$  — допускаемое напряжение на сдвиг, которое берется в следующих пределах: 240–320 кг/см<sup>2</sup> (для товарных и пассажирских судов), 350–400 кг/см<sup>2</sup> (для военных судов тяжелой постройки), 400–480 кг/см<sup>2</sup> (для военных судов легкой постройки), 480–580 кг/см<sup>2</sup> (для миноносцев). Расчет промежуточных валов, работающих гл. обр. на скручивание, производится по указанным выше ф-лам (1), (2), (3).

В случае турбинной установки под  $N$  понимается число эффективных  $HP$ , передаваемых валом.  $R_t$  берется на 10–15% больше, чем в коленчатых валах; при турбинных установках  $R_t$  берется: 420–450 кг/см<sup>2</sup> (для

коммерческих судов), 500–650 кг/см<sup>2</sup> (для броненосцев и крейсеров) и 750–850 кг/см<sup>2</sup> (для миноносцев). Очень большое влияние на прочность валов имеют крутильные колебания, возникающие в валопроводе при работе машины. В случае резонанса, т. е. совпадения периода собственных колебаний валопровода с периодом действующих сил, в валах могут получиться опасные напряжения, вызывающие их поломку. Определение числа собственных колебаний валопровода и сравнение его с числом оборотов машины дают возможность определить, насколько близко лежат эти пределы. В случае их совпадения, чтобы избежать резонанса, приходится или менять число оборотов машины или изменять размеры валопровода. Крутильные колебания, возникающие в валопроводах, опасны еще и в том отношении, что вал, закручиваясь то в одном то в другом направлении, периодически меняет напряжение, что в конечном результате при соответствующих значениях напряжения может вызвать явление «усталости» материала и повести к поломке (см. *Вибрации*).

Г. в. отковываются из болванок, отличных из сименс-мартеновской стали. Чтобы обеспечить поковку от следов усадочных раковин, вес болванки, предназначенной для вала, определяют с таким расчетом, чтобы ее прибыльная часть, составляющая 30–40% от общего веса, осталась неиспользованной; это относится к случаю, когда стальная болванка отливается обычным способом. Если же при отливке болванки будут приняты особые меры для уменьшения размеров усадочной раковины (подогрев прибыльной части, отливка с насадкой, выложенной огнеупорным кирпичом, прессование жидкой стали), то в таком случае размеры неиспользованной прибыльной части болванки соответственно уменьшаются. Размер болванки в поперечном сечении должен быть таков, чтобы была обеспечена надлежащая проковка вала; считается достаточным, если площадь сечения откованного вала составляет не более 20% от площади поперечного сечения выбранной болванки. Большие судовые Г. в. отковываются под гидравлич. или парогидравлич. прессами, при чем мощность пресса в 3 000 т достаточна для проковки самых больших валов. Колена в коленчатых валах располагают в поковке сначала в одной плоскости; надлежащее их взаимное расположение под разными углами, согласно чертежу, достигается путем скручивания в нагретом состоянии соединительных между отдельными коленами частей вала. Валы обрабатываются резанием на станках со всех сторон; припуск на обработку зависит от размеров вала и колеблется от 5 до 30 мм на сторону. Судовые гребные валы изготавливаются из стали качества обыкновенной углеродистой с временным сопротивлением на разрыв в 40–50 кг/мм<sup>2</sup>. В некоторых случаях коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания (например, дизелей) предпочитают делать из специальной стали — никелевой или хромоникелевой, т. к. эти сорта стали являются более стойкими при работе изделия, когда возможны удары и вибрации. По отковке валы простой

углеродистой стали подвергают отжигу, при чем  $t^{\circ}$  нагрева должна соответствовать содержанию углерода в стали; валы из специальных сортов стали подвергаются также по отковке соответствующей составу стали термической обработке. Пробы для испытания качества металла отбирают от концов вала после отжига или окончательной термич. обработки; от малых валов (весом до 10 т) пробы берут с одного конца; от валов весом свыше 10 т пробы берут с двух концов. Облицовка дейдвудного вала отливаются из бронзы состава: красной меди 86%, олова 10% и цинка 4%. Облицовка насаживается на вал нагретой или под прессом и должна удерживаться трением; крепление ее к валу винтами или гужонами не допускается.

Лит.: Мадисов В. П., Морские паровые машины, вып. 3. СПб, 1904; Погродин А., Курс паровой механики, ч. 2, СПб, 1913; Ситон А. Е., Руководство к проектированию судовых машин и котлов, т. 1, перевод с англ., 2 изд., СПб, 1906; Тимошенко С. П., К вопросу о явлениях резонанса в валах, «Известия С.-Петербургского политехнического института», СПб, 1905; Bauer G., Der Schiffsmaschinenbau, В. 1, Мch., 1923. В. 2, München, 1927; Lloyd's Register of Shipping Rules and Regulations, London, 1923; Bureau Veritas, Règlement pour la construction et la classification des navires en acier, P., 1927; Germanischer Lloyd, Vorschriften für Klassifikation u. Bau von flusseisernen Seeschiffen. В. 1926; Frahm H., Neue Untersuchungen über die dynamischen Vorgänge in die Wellenleitungen von Schiffsmaschinen, «Mitteilungen über Forschungsarbeiten», В. 1902. Н. 6. р. 33. Б. Горбунов и И. Воскресенский.

**ГРЕБНОЙ ВИНТ**, аппарат для создания в жидкой среде (воде, воздухе) силы тяги, служащей для передвижения в этой среде судов, имеющий в качестве опорных поверхностей поверхности, близкие к винтовым. О применении Г. в. в авиации см. *Воздушный винт*. Водяные Г. в. выполняются, начиная от мелких лодочных, диаметром в 0,25 м, до больших паровых, диаметром ~ 6 м. Материалом для изготовления лопастей водяных винтов служат чугун, сталь и специальные бронзы (марганцовистая, фосфористая, Рюбеля и др.). В связи с форсированием легких двигателей, применяемых на легких водяных судах, число оборотов Г. в. достигает в настоящее время до 2500 об/м. В некоторых случаях Г. в. делают с поворотными лопастями, наклон которых можно менять во время работы. Такие винты иногда применяют на подводных лодках, а также на мелких судах, не имеющих реверсивного приспособления для заднего хода; в последнем случае поворотом лопастей шаг винта меняется на обратный. Для подводных лодок поворотные лопасти Г. в. выгодны тем, что при подводном и надводном плаваниях используются различные мощности моторов: в первом случае—электромоторы (менее мощных), а во втором—дизелей (более мощных); изменением наклона лопастей можно приспособляться к тому или иному режиму хода подводной лодки и лучше использовать работу винтов.

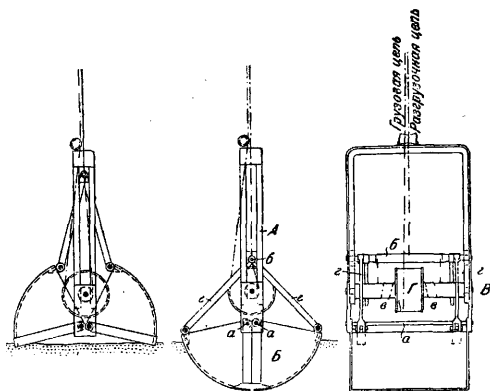
При расчете водяного винта необходимо учитывать влияние корпуса судна, сказывающееся в уменьшении скорости жидкости в плоскости винта; это явление называется попутным потоком (см. *Движители судовые*). Для проверки теоретических выкладок, а также для получения опытных данных, над Г. в. производятся эксперимен-

тальные исследования, к-рые можно разделить на опыты с моделями и опыты в натуре. Исследование моделей водяных винтов производят в опытных бассейнах (гидроканалах), при чем винты испытываются как изолированными, так и в присутствии корпуса судна.

Лит.: По воздушным Г. в. см. *Воздушный винт*. По водяным винтам см. *Движители судовые*.

**ГРЕБНЫЕ СУДА**, см. *Суда гребные*.  
**ГРЕЖА**, грежь, см. *Шелк, Коконотомашне*.

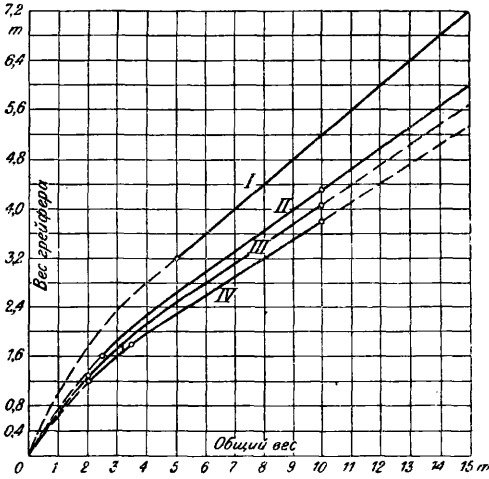
**ГРЕЙФЕР**, с х в а т, —подвешиваемый к подъемному крану автоматически действующий черпак для сыпучих, зернистых и кусковых материалов. Главные виды Г.—двухцепные и одноцепные. На фиг. 1 схематически представлен д в у х ц е п н ы й Г. с ковшами для сыпучих или кусковых тел. К станине А из углового железа подвешены на осях а ковши Б. В станине вращается ось В с посаженными на ней большим барабаном Г, на к-рый навивается грузовая (подъемная) цепь, и двумя барабанами в поменьше с навитыми в обратном направлении цепями, другие концы к-рых прикреплены к поперечине б. Поперечина движется вниз и вверх в станине и сдвигает или раздвигает 4 рычага 2,



Фиг. 1.

прикрепленные к ковшам. К этой поперечине прикреплена разгрузочная цепь. Г. с раскрытыми ковшами опускается на материал, в к-рый ковши врезаются своими заостренными кромками. Натягивая грузовую цепь, приводят в движение большой барабан Г и через его посредство—малые барабаны; при этом наматываемые на них цепи тянут вниз поперечину, к-рая двигает рычаги и сближает ковши; последние сгребают и захватывают материал. Продолжая натягивать грузовую цепь после полного смыкания ковшей, поднимают Г. и после поворота крана опускают его до требуемой высоты. Затем опускают грузовую и натягивают разгрузочную цепь, поперечина поднимается, и ковши раскрываются, при чем грузовая цепь наматывается на большой барабан. Для того чтобы грейфер не поднимался ненаполненным ранее полного закрытия ковшей, необходимо, чтобы момент силы замыкающих рычагов по отношению к оси вращения ковшей был больше момента сопротивления замыканию относительно той же оси. С другой стороны, замыкающая сила пропорциональна силе тяги; чем глубже ковши проникают

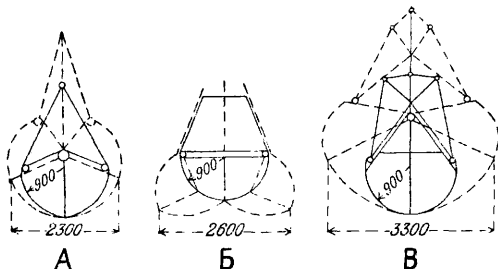
в материал, тем труднее они закрываются, тем больше, следовательно, д. б. сила тяги.



Фиг. 2.

Замыкающую силу увеличивают в  $m$  раз, заставляя цепи переходить через блоки с общей степенью передачи  $m$ ; вместе с тем увеличивается трение, и кпд грейфера падает. Величина  $m$  колеблется между 2-3 для зерна и 6-8 для угля; для руды  $m$  еще больше. Фиг. 2 дает вес пустого грейфера как функцию веса брутто для разных материалов: I—тяжелая руда, II—легкая руда и крупный уголь, III—средний уголь, IV—мелкий уголь. Вместо цепей применяют иногда канаты, и часто, во избежание их скручивания, по два каната—для замыкания и для разгрузки.

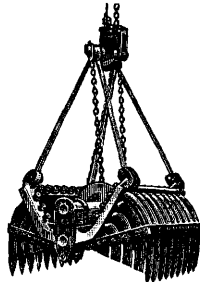
Главные требования, предъявляемые к работе грейфера: 1) глубокое проникание в материал, 2) сгребание материала в кучу и 3) захват материала в возможно большем количестве. Выполнение первого требования достигается заострением кромок ковшей и формой (поперечного сечения) последних в виде кругового сектора с осью вращения в центре круга (фиг. 3, А). Второе и третье требования удовлетворяются более широким размахом ковшей, что



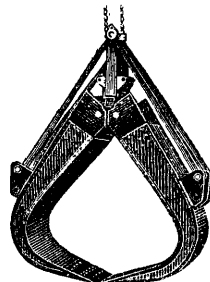
Фиг. 3.

достигается размещением оси вращения ковша по бокам оси симметрии грейфера. Чтобы соединить в одно преимущества конструкций по фиг. 3, А и 3, Б, стали помещать

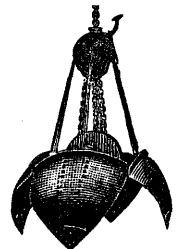
ось вращения на оси симметрии, но выше ковшей (фиг. 3, В). Все Г., представленные на фиг. 3 (размеры даны в мм), одинаковой емкости при различном размахе ковшей. Чтобы увеличить размах, применяют иногда коленчатые рычаги. Необходимо, кроме того, чтобы щеки ковшей плотно смыкались и в то же время не раздавливали материала (например, угля) при смыкании; с этой целью кромки щек часто перекрывают друг друга. Что касается внешней формы Г., то она очень разнообразна и зависит от материала, для которого Г. предназначены; на фиг. 4 показаны некоторые формы их: а—вилы с различным расстоянием между зубцами для земли, глины, гравия, камней, шлака и т. п., б—для круглого леса, в—для работы над гравием и т. п. материалом в узких цилиндрических пространствах; кроме того, имеются специальные ковши для зерна, тины, приспособленные для вытаскивания камней из-под воды и пр. На фиг. 5 показан совершенно закрытый ковш с окошками для исследования морских животных и растений: содержимое остается в естественном состоянии внутри ковша до разгрузки Г. Современные Г. для кирпичей забирают около 160 кирпичей; двое рабочих могут погрузить в час 30 000 кирпичей против обычных 2 000. Недостатки двухцепного Г.: он не приспособлен для крана с одним барабаном; дорог вследствие множества передач; замыкающая



Фиг. 4, а.



Фиг. 4, б.

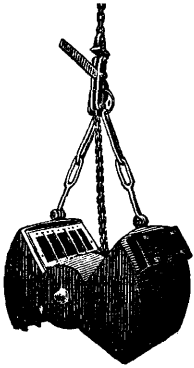


Фиг. 4, в.

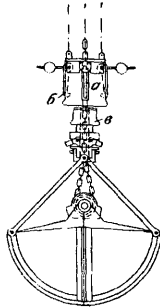
сила зависит от веса грейфера—он может подняться до наполнения ковшей.

Первые два недостатка отсутствуют в одноцепном Г. Особенности его работы состоят в том, что для разгрузки ковша головка Г. задерживается специальным приспособлением, и ковши раскрываются под действием собственной тяжести или при помощи особого механизма. Замыкание происходит, как в двухцепном Г. На фиг. 6 показан один из типов одноцепного Г. Прикрепленная к крану ловушка а имеет 4 крючка б, вращающихся на осях и опускающихся вниз под действием грузов. В головке в движется верхняя часть коробки г (фиг. 7, А), к которой прикреплены на шарнирах коленчатые рычаги д-е; внутри г движется трубка ж с бортами. Когда цепь поднимает закрытый Г. с грузом, трубка ж поднимается верхней частью Г., и борта ее подпирают колена д рычагов, так что цепь проходит между ними свободно. Подвигаясь дальше, трубка ж упирается в крышку головки в, к-рая своими скошенными бортами раздвигает крючки б и попадает в ловушку а. При опускании цепи головка в

остается висеть на крючках, и ковши под действием собственной тяжести раскрываются. После полного раскрытия ковшей, когда цепь не имеет больше никакого натяжения, трубка ж опускается и упирается в верхнюю кромку коробки г, а освобожденные рычаги



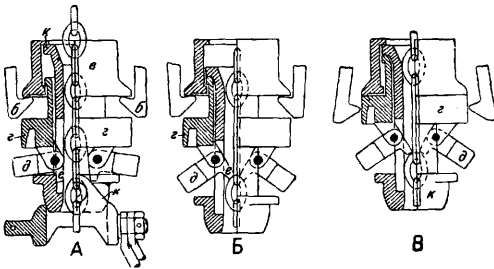
Фиг. 5.



Фиг. 6.

под действием более тяжелых колес *д* поворачиваются так, что колена *е* попадают в звено цепи и задерживают ее (фиг. 7, Б). Затем поднимают Г., а вместе с ним и коробку *г*; последняя внешними бортами раздвигает крючки и освобождает всю головку *в* из ловушки (фиг. 7, В). Тогда Г. с раскрытыми ковшами опускают на материал. При ослаблении цепи коробка *г* опускается, колена *д* рычагов упираются в борта трубки *ж* и поворачиваются, освобождая цепь, а при последующем натяжении цепи ковши смыкаются. Одноцепный Г. неприменим для разгрузки судов с узкими люками, так как Г. опускается на материал с раскрытыми ковшами; он неприменим также в тех случаях, когда приходится часто менять высоту, с которой ковши опорожняются; механизм его стоит дорого; головка Г. слишком тяжела; замыкающая сила так же, как в двухцепном Г., зависит от веса.

Последний недостаток отсутствует в моторном Г., в котором при замыкании ковши приводятся в движение электромотором. Этот тип грейфера не нашел широкого распространения вследствие трудности



Фиг. 7.

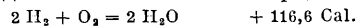
проводки, опасности повреждения ее, особенно на судах, а также больших размеров и веса мотора: при небольших передачах для сильного замыкания требуется мотор мощностью 20 ÷ 100 HP, большие же передачи осложняют механизм и требуют много времени для смыкания ковшей.

В Америке для разгрузки пароходов с рудой применяют колонные Г. К укосине крана, имеющей форму коромысла, на колонне подвешен Г., к-рый движется вверх и вниз между направляющими вместе с вращающейся вокруг вертикальной оси колонной; в горизонтальном направлении Г. перемещается вместе со всем разгрузочным аппаратом по передвижному мосту. Два гидравлич. или электрич. мотора (один—для приведения в движение ковшей, а другой—для вращения колонны) вместе с машинистом помещаются внутри колонны. Ковши м. б. выдвинуты в сторону. Иногда ковши снабжены скребками для сгребания материала. Колонные Г. строятся больших размеров: до 6,4 м размаха ковшей и до 17 т полезного груза, с моторами для подъема в 300 HP, для ковшей в 100 HP, а для вращения колонны в 35 HP. Производительность в час доходит до 1 100 т. Установка из 4 таких Г. может разгрузить пароход с грузом в 40 000 т в течение 12—13 часов (см. также *Краны*).

Лит.: Aumund H., Hebe- und Förderanlagen, 2 Aufl., B. 2, В., 1926; Hanfstengel G., Die Förderung v. Massengütern, 3 Aufl., B. 2, T. 2, В., 1926; Bethmann H., Die Hebezeuge, 7 Auflage, Brschw., 1923. **С. Гурвич.**

**ГРЕМУЧАЯ РТУТЬ**, см. *Взрывчатые вещества*.

**ГРЕМУЧИЙ ГАЗ**, смесь кислорода и водорода, к-рая при нагревании (700°) или при действии электрической искры загорается с сильным взрывом и превращается в воду. Сила взрыва наибольшая, если на 2 объема водорода взять 1 объем кислорода по ф-ле:



Темп-ра пламени Г. г. ок. 2 000°. Пламенем Г. г. пользуются для паяния и резки тугоплавких металлов и для автогенной сварки. Получают пламя Г. г. при помощи т. н.



крана Даниеля (см. фиг.), состоящего из двух вложенных одна в другую трубок; в наружную вводят водород, во внутреннюю—кислород, регулируя приток газов так, чтобы получалось спокойное ровное пламя. Термином гремячий газ, часто называют газ рудничный (см.).

**ГРЕНА**, см. *Шелк*.

**ГРЕНАДИН**, легкая платяная материя, имеющая в большинстве случаев газовое построение ткани. В отношении внешнего оформления ткани вырабатывается: полосками, в клетку и с орнаментальными рисунками различного рода. Для производства Г. применяется шелк, шерсть и хлопчатобумажн. пряжа. За последнее время широкое распространение получил хл.-бумажн. сорт Г., вырабатываемый из тонкой мерсеризованной основы и хл.-бум. утка. «Унион-гренадин» вырабатывается из хлопчатобумажной основы от № 2/80 до № 2/100 и ангорского утка от № 14 до № 18, при плотностях основы от 36 до 40 ниток и утка от 32 до 40 прокидок на дюйм. См. *Ткани*.

**ГРЕНИНГА ТАБЛИЦА** показывает крепость паров, выделяющихся из водноспиртовых растворов при температуре их кипения. См. *Спр. ТЭ*.

Лит.: Шиллинг К., Спирт, ч. 2—Руководство по ректификации, Рига, 1912.

**ГРЕФФЕ СПОСОБ** вычисления корней алгебраич. ур-ий основан на следующих рассуждениях. Пусть ур-ие  $n$ -й степени имеет действительные и неравные по абсолютной величине корни; строим последовательно ур-ия, корнями которых будут 2-е, 4-е, 8-е и т. д. степени корней первоначального уравнения; в полученных т. о. последовательных уравнениях наименьший по абсолютной величине корень будет представлять все меньшую часть предыдущего. Если полученное после достаточного ряда таких преобразований уравнение имеет вид

$$x^n + b_1 x^{n-1} + b_2 x^{n-2} + \dots + b_{n-1} x + b_n = 0$$

и его корни (все положительные) в убывающем порядке суть  $x_1 > x_2 > \dots > x_n$ , то из ф-лы  $x_1 + x_2 + \dots + x_n = -b_1$  имеем:  $x_1 \cong -b_1$ , т. к. все последующие слагаемые малы сравнительно с первым; далее, по той же причине  $x_1 \cdot x_2 \cong b_2$ ,  $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cong -b_3$ , ..., откуда

$$x_2 \cong -\frac{b_2}{b_1}, x_3 \cong -\frac{b_3}{b_2}, \dots$$

Извлекая из найденных значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  корень соответствующей степени, найдем корни заданного ур-ия.

Построение уравнения, корни к-рого суть квадраты данного, ведется в след. порядке. Пусть  $g(x)$ —левая часть данного ур-ия:

$$g(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-1} x + a_n \quad (1)$$

Строим выражение

$$(-1)^n g(-x) = x^n - a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} - \dots + (-1)^{n-1} a_{n-1} x + (-1)^n a_n \quad (2)$$

Произведение выражений (1) и (2) состоит из множителей  $(x - x_i) \cdot (x + x_i) = x^2 - x_i^2$ , где  $i = 1, 2, \dots, n$ . Заменяя в произведении  $x^2$  через  $z$  и приравнявая нулю, получаем исконое уравнение  $n$ -й степени относительно  $z$  с корнями  $x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2$ . Коэффициенты нового ур-ия вычисляются по схеме:

	1	$a_1$	$a_2$	$a_3 \dots$	
	1	$-a_1$	$a_2$	$-a_3 \dots$	
	1	$-a_1^2$	$+a_2^2$	$-a_3^2$	(A)
		$+2a_2$	$-2a_1 a_3$	$+2a_2 a_4$	
			$+2a_1$	$-2a_1 a_5$	
				$+2a_6$	
	1	$b_1$	$b_2$	$b_3 \dots$	

Суммы столбцов 1,  $b_1, b_2, b_3, \dots$  суть коэффициенты нового ур-ия. Так как число цифр в коэф-тах при повторении очень быстро возрастает, то (ведя, напр., вычисления при помощи логарифмич. таблиц) округляем результаты, оставляя одну цифру до запятой, число значащих цифр, даваемое таблицей, и

1-я степень	. . .	1	8	10	2
		1	-64	100	-4
			+20	-32	
2-я	»	1	-44	+68	-4
		1	-1,936 · 10 <sup>3</sup>	4,624 · 10 <sup>3</sup>	-1,6 · 10 <sup>4</sup>
			+0,136 · 10 <sup>3</sup>	-0,352 · 10 <sup>3</sup>	
4-я	»	1	-1,800 · 10 <sup>4</sup>	4,272 · 10 <sup>4</sup>	-1,6 · 10 <sup>4</sup>
		1	-3,240 · 10 <sup>4</sup>	1,823 · 10 <sup>7</sup>	-2,56 · 10 <sup>7</sup>
			0,009 · 10 <sup>4</sup>	-0,004 · 10 <sup>7</sup>	
8-я	»	1	-3,231 · 10 <sup>8</sup>	1,819 · 10 <sup>7</sup>	-2,56 · 10 <sup>8</sup>

умножаем на соответственную степень 10 (так, в данном ниже примере вместо 1936

берем 1,936 · 10<sup>3</sup>). После нескольких раз применения описанного процесса удвоен. произведения будут исчезающе малы сравнительно с квадратами; тогда останавливаем процесс, вычисляем корни последнего ур-ия по вышеприведенным формулам, извлекаем корень соответственной степени и получаем абсолютные величины корней исходного уравнения; знак этих корней определится подстановкой в ур-ие.

**Пример вычисления.** Дано уравнение  $x^3 + 8x^2 + 10x + 2 = 0$ . Для вычисления его корней находим коэффициенты новых ур-ий по схеме (A): останавливаемся на 8-ой степени, далее удвоенные произведения не окажут влияния на 4-ю цифру. Корни исходн. ур-ия будут равны по абсолютной величине:

$$|x_1| = \sqrt[8]{3,231 \cdot 10^8} = 6,512; |x_2| = \sqrt[8]{\frac{1,819 \cdot 10^7}{3,231 \cdot 10^8}} = 1,241; |x_3| = \sqrt[8]{\frac{2,56 \cdot 10^3}{1,819 \cdot 10^7}} = 0,2476.$$

Т. к. данное ур-ие не может иметь положительных корней, то перед всеми значениями падо взять знак  $-$ ; контроль: сумма корней дает  $-8,0006 \cong -8,0000$ .

Случай мнимых корней представляет некоторые затруднения; например, если входит одна пара мнимых сопряженных корней, занимающая по модулю 2-е и 3-е место, так что  $x_2 = g(\cos \varphi + i \sin \varphi)$ ;  $x_3 = g(\cos \varphi - i \sin \varphi)$ , то после, например, преобразования, примененного к 8-м степеням, получим:

$$x_1 = \sqrt[8]{-b_1}, g = \sqrt[8]{-b_2}, \dots,$$

т. е. модуль мнимого корня определен; для определения  $\varphi$  воспользуемся равенством:

$$x_1 + 2g \cos \varphi + x_4 + \dots = -a_1.$$

Если мнимых корней более одной пары, расчет еще более затрудняется. При всем том метод Греффе практически должен быть признан лучшим способом приближенного разыскания корней алгебраических ур-ий.

*Лит.:* Млодзевский Б., Решение численных уравнений, Москва, 1924; Крылов А. Лекции о приближенных вычислениях, СИБ, 1911; Runge C. u. K ö n i g H., Vorlesungen über numerisches Rechnen, Grundlehren d. mathem. Wissensch. usw., B. 11, Berlin, 1924. **В. Степанов.**

**ГРИБЫ ДОМОВЫЕ**, грибы растущие на деревянных частях строений и производящие разрушение древесины. Число этих грибов довольно велико, однако, вред, причиняемый большинством их, незначителен; в практике приходится считаться с тремя видами Г. д.: настоящим грибом домовым—*Merulius lacrymans*, белым—*Poria variegata* Pers. и плесчатым—*Coniophora cerebella*. Указанные грибы вызывают одинаковое разрушение древесины, и определить, каким грибом вызвано данное разрушение, можно только на основании вида плодовых тел или г р и б н и ц ы, почти всегда имеющих на разрушенной древесине. *Merulius lacrymans* (вкл. лист, фиг. 1) встречается на древесине чаще всего в виде мицелия. Кроме мицелия, гриб образует еще различной величины тяжи, или шнуры, имеющие иногда значительную длину и достигающие толщины карандаша. При благоприятн. условиях гриб, помимо мицелия и шнуров, образует плодовые тела. На складчатой поверхности

плодового тела образуются в громадном количестве споры гриба. Эти споры настолько мелкие, что в одном мм<sup>3</sup> их может поместиться до 4 млн.

Г. д. *Poria varogaria* Pers., довольно часто встречающийся в домах, также образует на древесине мицелий, шнуры и плодовое тело. Мицелий и шнуры этого гриба, в отличие от *Merulius*, имеют обычно белую окраску; шнуры этого гриба, кроме того, более тонки, чем шнуры *Merulius*, и почти всегда круглы и пушисты. Легче всего, однако, *Poria varogaria* может быть отличен от *Merulius* по своему плодовому телу.

Г. д. *Coniophora cerebella* встречается также в виде мицелия, шнуров и грибицы; имеет, в отличие от двух предыдущих грибов, желтую грибицу, в старости становящуюся коричневой; шнуры, образуемые этим грибом, очень тонкие, разветвленные, коричневые. Плодовое тело гриба *Coniophora cerebella* (вкл. лист., фиг. 2) несколько сходно с плодовым телом *Merulius lascymans*; оно имеет вид мягких перепонок желтоватокоричневого цвета с гладкой или слегка бугорчатой верхней поверхностью.

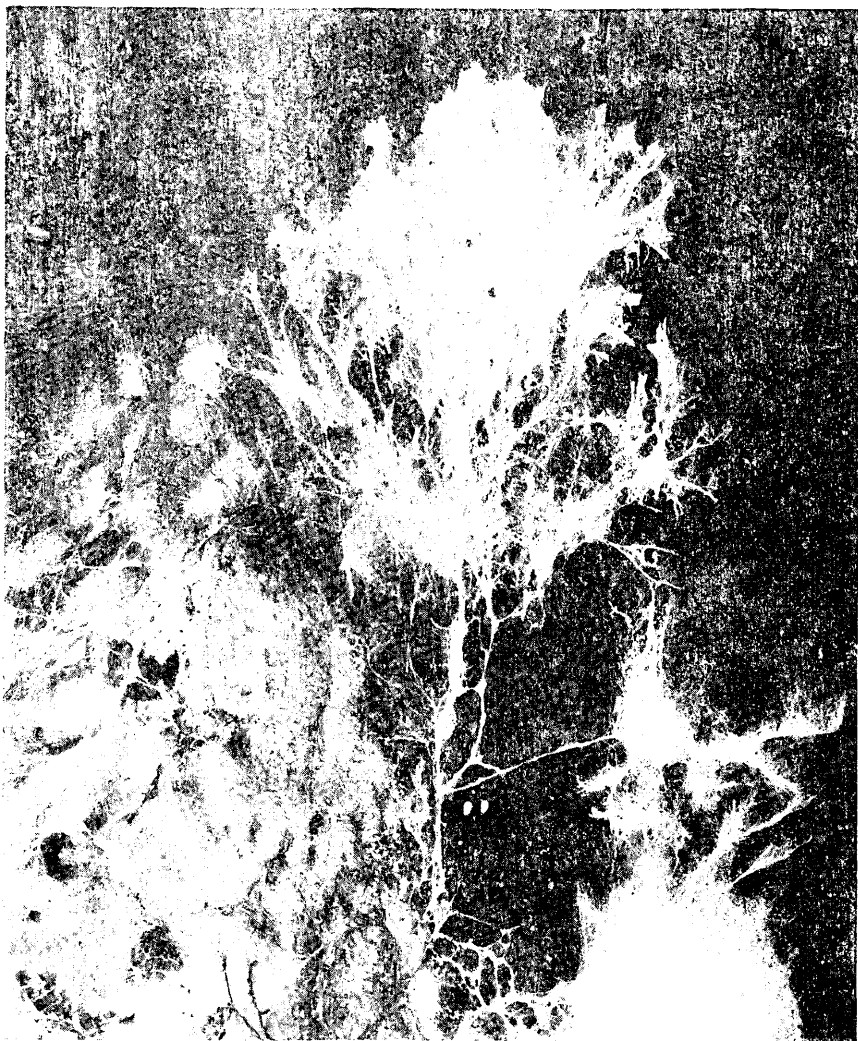
Определение вида Г. д. в том случае, если имеются плодовые тела, не представляет большой трудности, но т. к. указанные грибы часто встречаются в домах только в бесплодной форме—в виде пленок и шнуров, то определение их представляет большие затруднения; между тем, практика требует, чтобы определение было произведено и в том случае, когда гриб встречается в бесплодной стадии. Для определения Г. д. в бесплодной стадии имеется несколько способов, но наиболее простым из них является способ, основанный на микроскопическом и макроскопич. виде шнуров и грибиц.

Заражение древесины Г. д. может произойти или спорами, которые легко переносятся воздухом, животными или насекомыми, или же грибицей, в случае соприкосновения здоровой древесины с древесиной зараженной. Если на здоровую древесину попадет спора Г. д., то она при благоприятных условиях начинает прорастать и образует гифы, к-рая, удлиняясь и разветвляясь, проникает в клетки древесины. В дальнейшем гриб, питаясь за счет древесины, начинает постепенно ее разрушать. Процесс разрушения древесины заключается в том, что гриб при помощи ферментов растворяет межклеточное вещество и клеточные стенки древесины, благодаря чему стенки разъединяются друг от друга и утончаются, а сама древесина теряет значительную часть своего веса, становится бурой и от прикосновения легко превращается в порошок. В разрушенной древесине, кроме того, появляются трещины, и она легко разделяется на отдельные кубики. Грибы *Merulius lascymans* и *Poria varogaria* разрушают гл. образом хвойные породы; из лиственных пород—дуб, грецкий орех, красное дерево и нек-рые другие этими грибами разрушаются слабо. *Coniophora cerebella* является грибом менее разборчивым и может одинаково разрушать как хвойные, так и листвен. породы, в том числе и дуб.

Для своего развития Г. д. требуют определенное количество влажности, тепла, света и

воздуха. Исследованиями Илькевича выяснилось, что Г. д. *Merulius lascymans* требует для своего развития от 20 до 60% влажности и что на древесине, содержащей влагу выше и ниже этих пределов, он не развивается. По отношению к другим Г. д. пределы влажности не исследовались, но нужно думать, что влажность для их развития необходима примерно такая же, как и для *Merulius*. Г. д., подобно другим грибам и вообще растениям, могут развиваться в определенных рамках  $t^{\circ}$  (высокие и низкие  $t^{\circ}$  действуют на них губительно). Г. д. *Merulius lascymans* лучше всего развивается при  $t^{\circ}$  в 22—25 $^{\circ}$ ; что же касается вышей и низшей  $t^{\circ}$ , при к-рых этот гриб погибает, то на основании произведенных опытов можно считать, что  $t^{\circ}$  в 40—45 $^{\circ}$  убивает гриб во всех его стадиях; темп-ра ниже —5 $^{\circ}$  убивает грибицу на поверхности дерева; грибица же, заключающаяся в дереве, может выносить безвредно  $t^{\circ}$  до —37 $^{\circ}$ . Как и всякое растение, Г. д. нуждается в воздухе, хотя потребность его в воздухе невелика. Лучше всего Г. д. развивается в неподвижном, сыром воздухе; движущийся же сухой воздух вызывает засыхание и отмирание мицелия гриба, в особенности молодого. Свет не имеет большого значения для развития Г. д.; они могут развиваться как в полной темноте, так и на свету, однако плодовые тела *Merulius* для своего развития требуют небольшого количества света. По исследованиям Илькевича, развитию Г. д. не вредят даже прямые солнечные лучи. Теоретически и практически важным вопросом биологии Г. д. является вопрос о жизнеспособности их спор и грибицы. По этому вопросу в литературе существуют крайне противоречивые мнения. Так, относительно спор одни авторы считают, что они могут сохранять свою жизнеспособность в течение нескольких месяцев (3—17 месяцев, согласно Мецу и Моллеру); другие авторы считают, что споры могут сохранять жизнеспособность в течение многих лет (до 10 лет, согласно Илькевичу). Что касается грибицы, то, по мнению одних авторов, в сухом воздухе она гибнет уже через 5 м. (Ростовцев), а в древесине—спустя 14 дней (Маленкович); по мнению же некоторых авторов, грибица, в особенности находящаяся в древесине, может сохранять свою жизнеспособность в течение многих лет (Мец, Гартиг, Баумгартен). В жилых помещениях благоприятные условия для развития Г. д. встречаются гл. образом в нижних частях здания, в подвальных помещениях, в комнатах, где более всего может развиваться сырость (уборные, ванны, кухни), и поэтому появление Г. д. обычно начинается в этих местах. Заражение построек Г. д. происходит или заносом спор через животных и человека или через употребление на постройку зараженного материала. Необычайно сильное распространение Г. д. в городах за последнее время м. б. отчасти объяснено еще тем, что во время топливного кризиса 1920—23 гг. для топки употреблялось зараженное дерево из разрушенных Г. д. строений, благодаря чему зараза переносилась из дома в дом. Появление Г. д. в домах может быть обнаружено благодаря





Мицелий Г. д. *Merulius lacrymans*.



Плодовое тело Г. д. *Coniophora cerebella*.

следующим признакам: половые доски начинают коробиться и прогибаться, в особенности около печей и сырых стен, затем по щелям и около сырых стен появляются плески мицелия и плодовые тела гриба. Скорость разрушения Г. д. построек зависит от вида гриба и от тех условий, при которых он развивается. Наиболее быстрое и сильное разрушение древесины производит грибом *Merulius lacugmans*.

Г. д., в особенности же *Merulius lacugmans*, представляя большую экономич. опасность, заставили уже давно обратиться на себя внимание. Все существующие меры борьбы с Г. д. можно разделить на две группы: меры предупредительные и меры лечебные. Меры предупредительные сводятся главн. обр. 1) к выбору дерева для построек, 2) к предупредительным мерам при производстве построек и 3) к правильной эксплуатации постройки. Все деревянные части здания должны быть устроены таким образом, чтобы дерево не могло получать влагу от фундамента и т. п. Те части здания, в которых по необходимости сосредоточивается сырость (ванны, уборные), должны быть устроены так, чтобы находящееся в них дерево не могло пропитаться водой. Особенное внимание надо уделять устройству полов, потолков и подполья, чтобы при помощи вентиляции можно было избежать в них влажности и застаивания воздуха. Все деревянные части, находящиеся в силу конструктивных устройств в неблагоприятных условиях (напр., концы балок, заделываемых в стену), д. б. пропитаны или тщательно промазаны специальными антисептиками. Всякое вновь выстроенное или отремонтированное здание необходимо осматривать через каждые 1—2 г. весной или осенью. В случае обнаружения и установления домовых грибов надлежит немедленно принимать меры по обезвреживанию их. Из мер борьбы большую роль играют меры механические, заключающиеся в удалении зараженных частей дерева и в уничтожении гриба. Все зараженные грибами деревянные части необходимо немедленно удалить из постройки и даже сжечь, во избежание переноса заразы в другие здания. В случае появления *Merulius*, обладающего по сравнению с другими Г. д. наибольшей заразительностью, удалению подлежат не только сильно разрушенные части, но и на вид вполне здоровые и прочные, если на них замечается грибница или плодовые тела грибов. Ограничиться в этом случае соскабливанием гриба нельзя, так как весьма вероятно, что грибница уже проникла вглубь древесины. Прозащитывание частей дерева антисептиками также не вполне гарантирует гибель гриба, так как при внешней промазке антисептики не проникают в глубокие слои древесины, благодаря чему не будет убита грибница, находящаяся внутри дерева. Такая промазка имеет значение лишь в тех случаях, когда мицелий еще не распространился глубоко. Энергичная сушка помещения вместе с промазкой каким-либо активным антисептиком может дать в этом случае удовлетворительный результат, при чем такие части оставляют на месте лишь тогда, если обмазка их

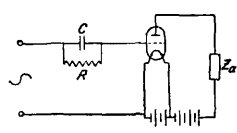
антисептиком м. б. произведена глубоко и полностью, т. е. будут промазаны все их боковые поверхности. В целях предосторожности требуется, чтобы находящиеся рядом с зараженными здоровые части дерева были также тщательно промазаны антисептиком. После удаления зараженных деревянных частей необходимо тщательно осмотреть каменные и другие части здания и если на них будут найдены грибницы или шнуры грибов их нужно соскоблить с поверхности и места эти покрыть антисептиком. Кроме стен, необходимо также обратить внимание на земляную подсыпку подвалов и смазку полов и в местах заражения заменить их новыми. После удаления зараженных деревянных частей, подстилки и т. п. полезно произвести (если это технически возможно) дезинфекцию помещения парами формалина и затем уже, после тщательного проветривания и просушивания помещения, приступить к ремонту. Для замены поврежденных деревянных частей новыми необходимо брать здоровый сухой лес. Дерево, взятое для замены, д. б. хорошо промазано антисептиком и хорошо высушено. Существующие сейчас антисептики, применяемые для борьбы с Г. д., можно подразделить на два больших класса, а именно: антисептики, растворимые в воде, и антисептики, имеющие свойства нерастворимых в воде масел. И те и другие имеют свои недостатки и преимущества, а также своих сторонников и противников. В качестве преимуществ антисептиков, растворимых в воде, помимо удобства обращения с ними, указывают на их якобы более глубокое проникновение в поверхностные слои древесины. Что же касается маслянистых антисептиков, то наиболее ценным их свойством является способность давать водонепроницаемую пленку при достаточно тщательном промазывании поверхности дерева. Можно считать, что для борьбы с Г. д. пригодны как те, так и другие антисептики, при чем в тех случаях, когда промазанное антисептиками дерево находится в условиях, благоприятных для выщелачивания, растворимые в воде антисептики, конечно, неприменимы. Однако, в условиях борьбы с Г. д., когда антисептик намазывается на поверхность лишь тонким слоем и масса его оказывается совершенно незначительной по сравнению со всей массой древесины, к антисептику приходится предъявлять весьма строгие требования в смысле его антисептич. свойств. Из растворимых в воде антисептиков в сравнительно слабых растворах здесь м. б. применимы лишь такие активные вещества, как, напр., сулема, но и то крепость «рабочего» раствора ее для борьбы с Г. д. исчисляется в целом проценте, тогда как для обычных дезинфекционных и санитарных целей оказываются вполне достаточными растворы ее крепостью в 0,001—0,0001. Более слабые антисептики, хотя бы и хорошо зарекомендовавшие себя на практике, при более глубокой пропитке дерева в целях его консервирования должны применяться уже в очень крепких растворах. Из растворимых в воде солей на первом месте по антисептичности следует поставить сулему, а также смеси ее

с фтористым натрием в 2%-ном растворе; однако, ее нельзя рекомендовать для широкого применения в виду очень сильной ядовитости, и во всяком случае применяться она может лишь под наблюдением соответствующих медицинских или научных учреждений. Из менее ядовитых и достаточно безопасных в употреблении средств можно указать на медный купорос в 10—20%-ном растворе. Фтористый натрий в насыщенном растворе, в особенности с примесью некоторых минеральных или органических антисептиков, предпочтительнее. Из числа маслянистых антисептиков можно рекомендовать карболинеум и креозотовое масло, к-рые, отличающаяся большой ядовитостью в отношении Г. д., обладают в то же время следующими ценными свойствами: слабый выщелачиваемо-стью (под влиянием воды) и небольшой испаряемостью. Настоящий карболинеум стоит несколько дороже креозота, но отличается от него тем, что не имеет свойственного креозоту фенольного запаха, не всегда удобного для жилого помещения. Очень сильными антисептич. свойствами обладает также черная карболка, но ее очень резкий креозольный запах препятствует в данных случаях ее применению в жилых помещениях. Весьма простая техника применения указанных антисептиков для промазки заключается в том, что обрабатываемую поверхность покрывают при помощи кисти нагретым до 60—70° антисептиком (ок. 150 г на 1 м<sup>2</sup>); когда поверхность станет на вид сухой, ее промазывают таким же образом второй раз, а если нужно, то и третий раз.

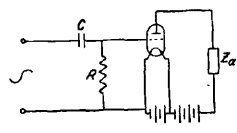
Лит.: Баумгартен К. Ф., Домовой гриб (*Merulius lacrymans*) и практические советы для борьбы с ним. СИБ. 1900; Ванин С. П., Домовые грибы и меры борьбы с ними. Л., 1927; его же. Таблицы для определения домовых грибов. Материалы по микологии и фитопатологии. вып. 2. Л., 1926; его же. Гниль дерева, ее причины и меры борьбы. М., 1928; Ильиневич К. Я., Грибы—разрушители деревянных частей строения. т. 1, Москва, 1912; Макринов П. А., Домовой гриб *Merulius lacrymans*, его распознавание и средства борьбы. П., 1920; Уткин М. С., Вредители древесины из мира грибов и насекомых. М., 1927; Mez C., Der Hausschwamm, Dresden, 1908; Möller A., Hausschwamm Forschungen, H. 1—8, Jena, 1907—1925; Partig R., Der echte Hausschwamm, 2 Aufl., R., 1902.

С. Ванин.

**ГРИДЛИК**, сопротивление обычно очень большой величины, употребляемое в комбинации с сеточным конденсатором и включаемое непосредственно или иным путем между катодом и сеткой электронной лампы. Существуют две различные по виду схемы Г.: 1) схема (фиг. 1), в которой сопротивление утечки  $R$  включается параллельно сеточному конденсатору  $C$ ; 2) схема (фиг. 2), в которой



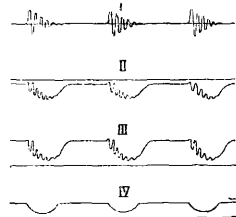
Фиг. 1.



Фиг. 2.

сопротивление утечки  $R$  включается между сеткой и нитью лампы, т. е. параллельно комбинации из сеточного конденсатора и сопротивления нагрузки  $Z$  (контур или катушка самоиндукции). По действию эти схемы в общем аналогичны; во второй схеме сопротивление утечки сетки определяется

собственно сопротивлением утечки  $R$  плюс сопротивление нагрузки  $Z$ ; сопротивление  $Z$  по сравнению с  $R$  обычно мало. Г. впервые нашел применение во Франции еще в 1915 году (усилитель 3-Тер) для увеличения чувствительности детекторной лампы. В настоящее время гридлик применяется в схемах с электронными лампами и выполняет след. функции.



Фиг. 3.

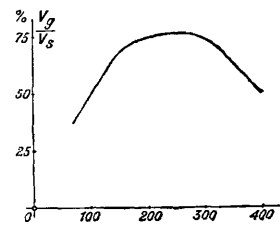
При детектировании (в радиоприеме) Г. действует «накопительным» образом (кумулятивно). При получении сигнала цепью сетки детекторной лампы, накапливающийся (под влиянием возрастающего тока сетки) на сеточном конденсаторе заряд вызывает нарастание потенциала на конденсаторе согласно ур-нию:

$$V = V_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{CR_0}} \right),$$

где  $CR_0$ —постоянная времени цепи сетки,  $R_0 = \frac{RR_g}{R_g + R}$ ,  $R$ —сопротивление утечки, а  $R_g$ —сопротивление между сеткой и нитью лампы. Полярность этого заряда такова, что сетка лампы получает отрицательный потенциал относительно нити. При прекращении действия сигнала заряды стекают через сопротивление утечки  $R$  (а также  $R_g$ ), и потенциал на конденсаторе спадает согласно уравнению

$$V = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{CR_0}}.$$

На фиг. 3 показаны осциллограммы, снятые одновременно в различных цепях детекторной лампы при гриднике: I—напряжение сигнала (затухающий импульс); II—напряжение на сетке; III—ток в анодной цепи



Фиг. 4.

(мгновенные значения); IV—ток через телефон. Сопротивление утечки и емкость сеточного конденсатора для детектирования без искажений подбираются так, чтобы время накопления и стекания заряда было меньше, чем время полупериода наибольшей из составляющих частот сигнала. Существует оптимальное значение сеточного конденсатора, при котором отношение выпрямления напряжения на сетке к напряжению сигнала (подводимому к схеме)  $\frac{V_g}{V_s}$  достигает максимума. При увеличении емкости сеточного конденсатора напряжение на сетке лампы увеличивается, но скорость нарастания напряжения на конденсаторе, а следовательно, и напряжение, полученное им в данный промежуток времени, уменьшаются. На фиг. 4 изображена зависимость  $\frac{V_g}{V_s}$  в % от емкости при приеме незатухающих колебаний с частотой биений 800 пер/сек. Для приема различных видов радиопередачи берут обычно следующие величины  $R$  и  $C$ :

	С в см	R в МΩ
Незатухающие колебания с отдельным гетеродином . . . . .	300—400	3
Незатухающие колебания с обратной связью (регенератор) . . . . .	300—400	1,5
Телефон . . . . .	150—200	1—1,5

Для модулированных колебаний вида  $e = E \sin \omega t (1 + M \sin \Omega t)$ ,

где  $M$ —коэффициент модуляции, а  $\omega = 2\pi f$ —угловая частота весьма малого напряжения  $\theta$  радиосигнала составляющая детекторного тока для модулированной частоты  $\Omega$  определяется из уравнения:

$$\Delta I = D \sqrt{2} \cdot ME^2,$$

где  $\Delta I = \frac{I_1 - I_2}{4}$ ;  $I_1$  и  $I_2$ —амплитуды тока в анодной цепи от сигнала для положительного и отрицательного полупериода кривой сигнала.  $D$ —детекторная постоянная, определяемая из уравнения:

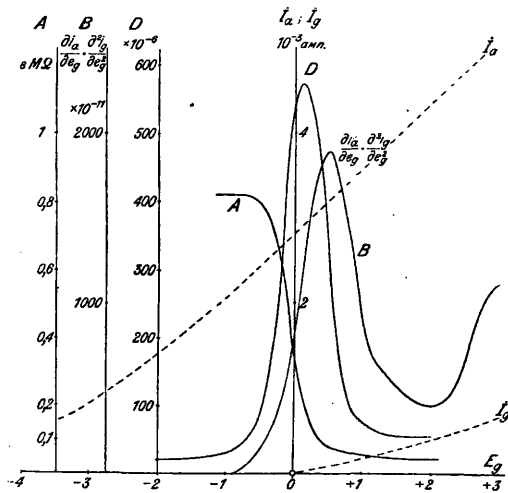
$$D = \frac{R_i}{4V(R_i + R_a)^2 + X_a}$$

$$\frac{R}{\sqrt{(R^2 C^2 \Omega^2 + 1) + R \frac{\partial I_g}{\partial e_g} (2 + R \frac{\partial I_g}{\partial e_g})}} \cdot \frac{\partial i_a}{\partial e_g} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2};$$

(где  $R_i$ —внутреннее сопротивление лампы,  $R_a$  и  $X_a$ —активные и реактивные внешние сопротивления в анодной цепи,  $i_a$ ,  $i_g$ ,  $e_g$ —мгновенные величины тока анода и сетки и напряжения сетки соответственно). На фиг. 5 кривые изображают зависимости  $D$ ,  $\frac{\partial i_a}{\partial e_g}$  и  $A = \frac{R}{\sqrt{(R^2 C^2 \Omega^2 + 1) + R \frac{\partial I_g}{\partial e_g} (2 + R \frac{\partial I_g}{\partial e_g})}}$

от постоянного напряжения на сетке  $E_g$  при  $\sqrt{R a} + X_a = 0$ ;  $C = 160$  см и  $R = 1,9$  МΩ;

пунктирные кривые изображают статическ. характеристики лампы для  $I_a$  и  $I_g$  в зависимости от  $E_g$ . При применении в детекторной лампе обратной связи на контур в цепи



Фиг. 5.

сетки,  $D$  (в первом приближении) остается без изменений, а  $E$  увеличивается. Для получения наибольшей чувствительности приема незатухающих колебаний помощью гетеродина, необходимо точно подбирать амплитуду напряжения, подводимого гетеродином

к сетке детекторной лампы. Обычно амплитуда напряжения от гетеродина должна быть гораздо больше амплитуды сигнала. Амплитуда гетеродина для оптимальных условий приема при Г. определяется из уравнения:

$$E_h^2 = \frac{1}{3} \left[ \frac{q(\alpha\beta_1 - q^2)}{\beta\beta_1^2} \right],$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\beta_1$ —коэффициенты степенного ряда для зависимости между  $i_a$  и  $i_g$  от  $e_g$ :

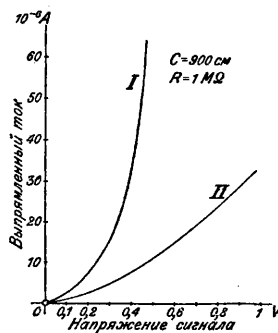
$$i_a = \alpha_0 + \alpha e_g + \beta e_g^2 + \dots; \quad i_g = \alpha_{01} + \alpha_1 e_g + \beta_1 e_g^2 + \dots;$$

$$q = \frac{1}{R} + \alpha_1.$$

Сеточный конденсатор для наилучшего гетеродинного приема определяется из уравнения:

$$C_{opt}^2 = \frac{V^2 \cdot q^2}{\omega(\omega - \omega_1)},$$

где  $\omega$ —угловая частота сигнала и  $\omega_1$ —частота гетеродина. В коротковолновых приемниках вместо активного сопротивления утки



Фиг. 6.

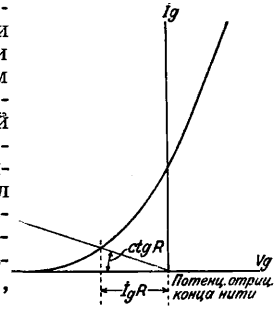
часто находит применение реактивное сопротивление в виде дросселя с большим  $Z$ . Преимущество детектирования методом Г. над распространенным в радиотехнике детектированием при изгибе анодн. характеристики заключается в том, что: 1) детектирование Г. более чувствительно и 2) оно не требует смещающих батарей. На фиг. 6 изображена зависимость детекторного тока от напряжения сигнала при Г. (кривая I) и при анодном детектировании (кривая II).

В радиопередатчиках Г. находит использование для получения смещающего отрицательного напряжения на сетке генераторных (и модуляторных) ламп. В отсутствии генерации потенциал на сетке обуславливается падением потенциала, равным  $I_g R$ ; он м. б. определен, если в сеточной характеристике (фиг. 7) из точки потенциала нити

относительно сетки провести под углом  $\text{ctg } R$  прямую до пересечения с кривой сеточного тока; точка пересечения и определяет потенциал на сетке. При генерации ток высокой частоты в цепи сетки заряжает конденсатор, к-рый, разряжаясь, устанавливает некоторый отрицательный потенциал на сетке. Потенциал сетки в этом случае определяется из уравнения:

$$E_g = V_g - I_g R - \frac{\beta_1}{2q} \left( \frac{E^2 \omega^2}{\omega^2 + q^2} \right),$$

где  $E$ —амплитуда напряжения, подводимого обратной связью, а  $V_g$ —постоянный потенциал между нитью и сеткой, остальные



Фиг. 7.

обозначения—прежние. В виду большой силы сеточного тока в передающих лампах С берут порядка 10 000 см,  $R=10-20$  тыс.  $\Omega$  или меньше. Г. в передатчиках служит также в качестве как бы автоматического регулятора амплитуды генерируемых колебаний при перекале нити.

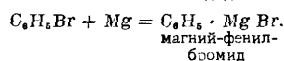
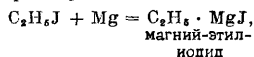
Кроме того, существует еще ряд применений Г.: 1) в радиоприеме—в схемах усилителей с сопротивлениями и емкостными переходами; 2) в схемах сверхрегенеративных приемников—для получения прерывистых колебаний, без применения вспомогательного генератора; для того, чтобы перемены колебаний совершались с частотой повышенной, порядка 10 000 пер/сек., сопротивление Г. в этих схемах берется высшим, порядка 3—5 М $\Omega$ ; 3) в технике радиоизмерений: а) в ламповых волномерах—для получения колебаний, промодулированных токовой частотой, б) в электронных вольтметрах (Мулина), в) для измерения емкостей и сопротивлений путем наблюдения времени стекания зарядов, задаваемых конденсатору через Г.

Термин Г., несмотря на то, что он получил широкое распространение у нас и за границей, вообще мало удачен. Дословный перевод его—утечка сетки; по-русски было бы правильнее называть гридлик сеточным сопротивлением утечки (см. *Измерения в радиотехнике*).

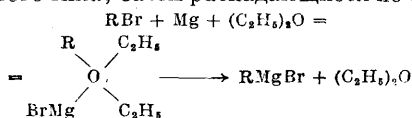
Лит.: Куксенко П. Н., Регенерация и регенеративные радиоприемники, «Техника связи», М., 1924, т. 2, 3, 4, стр. 301; е го же, Регенерация и ферро-регенеративный приемник, «Техника и снабжение Красной армии», Москва, 1924, 109, стр. 24; Гремман Н. М., Detecting Characteristics of Electron Tubes, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1925, v. 13, 3, p. 611; Van Roberts W., Note on Detection by Grid-Condenser a Leak, *ibidem*, 1927, v. 15, 9, p. 795; Chaffee E. L. a. Browning G. H., A Theoretical a. Experimental Investigation of Detection for Small Signals, *ibidem*, New York, 1927, v. 15, 2, p. 113; Colebrook P. M., The Rectification of Small Radio Frequency Potential Differences by Means of Triode Valves, «Experimental Wireless», London, 1925, v. 2, 26, 27, 1926, v. 3, 28, 29.

П. Куксенко.

**ГРИНЬЯРА РЕАКЦИЯ**, синтез различных органич. веществ с помощью магний-органич. соединений. Французск. химик Гриньяр нашел, что галоидные (бромистые и иодистые) производные углеводородов в присутствии эфира реагируют с металлическим магнием с образованием соединений состава  $RMgBr$  (или  $J$ ), например:



Эфир в этом случае является не только растворителем, но и веществом, активно способствующим реакции: с молекулами иодидов (или бромидов) он образует соединения оксониевого типа, затем распадающиеся по схеме

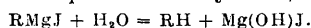


Кроме эфиров, аналогичным действием обладают также вторичные амины (например, диметиламин, пиперидин).

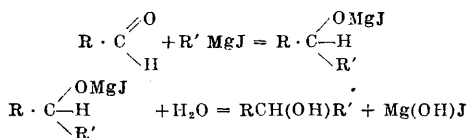
Для приготовления магний-органич. соединений поступают след. образом. Сухое галоидное соединение растворяют в 3—5 объемах абсолютного эфира (предварительно промытого водой, высушенного хлористым кальцием и перегнанного над металлическ. натрием). В этот раствор вносят стружки магния в количестве несколько большем, чем требует теория, и для активирования магния—кристаллик иода. Реакционную смесь нагревают до кипения эфира и оставляют стоять в течение некоторого времени, при чем кипение продолжается за счет выделяющейся теплоты реакции. Для окончания реакции смесь нагревают еще в течение  $1/2$  ч. на водяной бане до кипения. Эту смесь непосредственно применяют для синтезов.

Области применения магний-органич. соединений в органич. синтезе весьма многочисленны и многообразны. Главнейшие из них следующие.

1) Водой магний-органич. соединения разлагаются с образованием углеводородов:

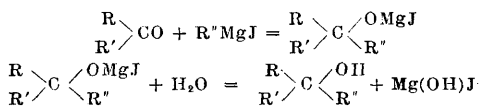


2) С альдегидами образуются вторичные спирты:

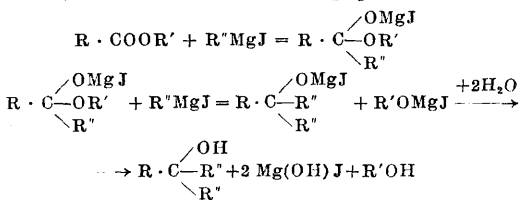


Если в качестве альдегида взять формальдегид, то получается первичный спирт.

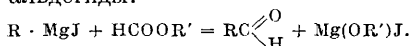
3) Кетоны реагируют с образованием соединений, которые при разложении водой дают третичные спирты:



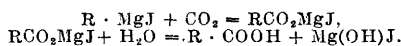
4) Третичные спирты получают также при действии магний-органич. соединений (2 мол.) на сложный эфир (1 мол.):



(с эфирами муравьиной к-ты образуются вторичные спирты). Из эфиров двухосновных к-т аналогичным путем готовят  $\alpha$ -гликоли (пинаконы). Если эфир муравьиной кислоты находится в избытке, то получают альдегиды:



5) С углекислотой могут быть получены карбоновые кислоты:

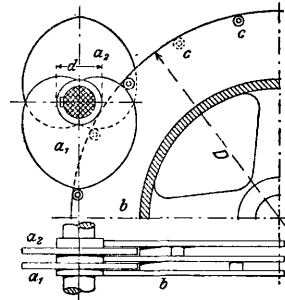


Этими реакциями далеко не исчерпываются многообразные превращения, осуществляемые при помощи магний-органич. соединений. Последние реагируют с нитридами, ангидридами и хлорангидридами к-т, алкилсульфатами, ацетиленом и многими другими соединениями, к-рыми используются для приготовления различных веществ. Простое и удобное выполнение, относительно большие выходы и чистота получающихся продуктов

сделали реакцию Гриньяра одним из наиболее часто применяющихся методов органического синтеза.

Лит.: Schmidt J., Die organischen Magnesiumverbindungen und ihre Anwendung zu Synthesen. «Sammlung chem. u. chem.-techn. Vorträge», B. 10, Stg., 1905, B. 13, Stg., 1908. С. Медведев.

**ГРИССОНА ПЕРЕДАЧА**, частный случай цевочной передачи, при чем шестерня представляет собой один зубец. Для достижения непрерывности и плавности передачи шестерню делают состоящей из двух кулачков  $a_1$  и  $a_2$  (см. фиг.), расположенных под углом в  $180^\circ$ , а колесо  $b$  двойным, так что все



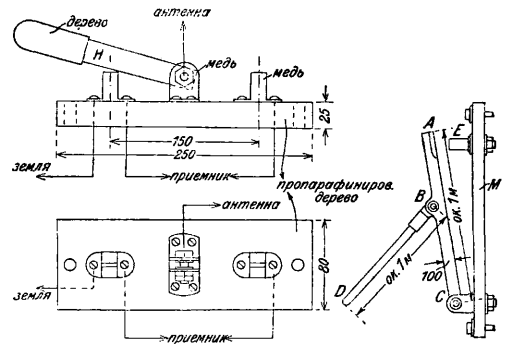
в целом является системой спаренных зубчатых колес с разностью хода  $= 1/2$  шага. Благодаря тому, что шестерня имеет лишь один зубец, осуществимы высокие передаточные числа (от 1:5 до 1:50). Г. п. применяется для передачи небольших мощностей

при значительном числе оборотов. Шестерню  $a_1, a_2$  делают из стали и тщательно обрабатывают по рабочей поверхности; колесо  $b$  делают обычно из чугуна; цевки состоят из стальных закаленных и шлифованных роликов  $c$ , вращающихся на стальных осях. Если Г. п. изготовлена тщательно, то при замедлительной передаче  $\eta = 0,80 \div 0,95$ , при ускорительной —  $\eta = 0,60 \div 0,85$ . Смазка достигается применением масляной ванны. Наружные  $\varnothing$  колеса  $D$  и втулки шестерни  $d$  делают иногда равными соответствующим  $\varnothing$  начальным окружностей и приводят к легкому касанию. В виду легкой изнашиваемости, трудности обработки шестерни и невозможности передачи значительных мощностей, применение передачи Гриссона на практике весьма ограничено. См. *Зубчатые колеса*.

Лит.: Берлов М., Детали машин, вып. 4. Москва (печатается); Зеров В. С., Прикладная механика, Л., 1925; Roser E., Untersuchung des Grisson-Getriebes, Stuttgart, 1901; «Ztschr. d. VDI», 1903, p. 644.

**ГРОВОЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ**, приспособление для отвода в землю зарядов, получающихся на антенне под воздействием атмосферного электричества. Если антенна присоединена к приемнику (к удлинительн. катушке) и через антенну произойдет грозовой разряд, то появляющаяся вследствие этого на антенне волна может создать между соседними витками катушек очень большую разность потенциалов, что связано с опасностью пробоя изоляции между витками и может вывести ее, а нередко и все приемное или передающее устройство, из строя. Поэтому при очень сильных атмосферных разрядах (гроза) антенну необходимо соединять непосредственно с землей — «заземлять», для чего и служат Г. п. Один из наиболее простых грозовых переключателей радиолюбительского типа изображен на фиг. 1 (размеры в мм). При переброске ножа  $H$  направо антенна присоединяется к

приемнику, при переброске ножа  $H$  налево антенна присоединяется непосредственно к земле. На фиг. 2 изображен один из типов



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Г. п., применяющихся на больших радиостанциях. Антенна жестко присоединена к  $E$ ; к этой же точке присоединяется и соответствующая точка передающего устройства. Земля присоединяется к  $C$ . В случае надобности заземлить антенну достаточно врубить нож  $ABC$ . Ручка  $BD$  обыкновенно изготовляется из эбонита,  $M$  — эбонит или другой высококачественный изолирующий материал.

Д. Ионашкин.

**ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ**, репродуктор, аппарат для громкого воспроизведения речи и музыки, передаваемых радиовещательными станциями. Т. к. человеческое ухо способно улавливать малейшие искажения звука, то к Г. должны быть предъявлены весьма строгие требования. Для точной репродукции звука необходимо соблюдение следующих условий.

1) Точное воспроизведение всех обертонов, входящих в состав звука, с сохранением их относительных интенсивностей, и отсутствие каких-либо добавочных тонов, могущих быть внесенными самим громкоговорительным устройством. Особенно важно точное воспроизведение высоких звуковых частот, от к-рых сильно зависит ясность речи.

2) Громкость звука, даваемого Г., не должна значительно превышать громкость воспроизводимого звука; иначе звук искажается вследствие неодинаковой чувствительности уха к тонам разных высот; кроме того, создается ощущение непривычного звука, а при больших громкостях возникают искажающие репродукцию комбинационные тоны и субъективные обертоны.

3) Г. не должен давать послезвучащих тонов, иначе звуки сливаются.

Искажения могут возникать в микрофоне, в линии передачи до антенны и от антенны до Г., в усилителях передатчика и приемника, в трансформаторе, подводящем ток к Г., и в самом Г. В дальнейшем имеются в виду лишь искажения, возникающие в самом Г.

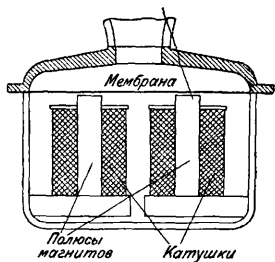
Первое из приведенных условий требует, чтобы Г. во всей области звуковых частот, относящихся к области речи и музыки, т. е. от 50 до 8 000 пер/сек., передавал колебания без относительного искажения амплитуд. Если  $p_1$  — амплитуда избыточного давления при звуковых колебаниях воспроизводимого звука,  $p_2$  — то же для звука

репродуцированного, то  $p_1$  д. б. равно  $k \cdot p_2$  во всей области передаваемых частот, и  $k$  д. б. независимым ни от частоты, ни от интенсивности. Кроме того, во всей указанной области Г. не должен иметь резко выраженных резонансных частот. Второе из упомянутых условий кладет предел усилению токов, подводимых к Г.

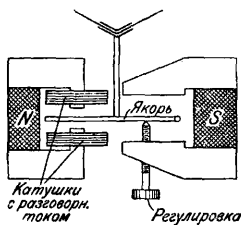
В сущности, всякий Г. выполняет то же, что и телефон: превращает электрич. колебания в акустические (см. *Телефон*). Поэтому он должен иметь две части: электрическую систему с вибрирующим механизмом, где электрич. колебания превращаются в механич., и акустич. систему, служащую для излучения звуковой энергии. По конструкции акустич. части Г. делятся на рупорные, где излучателем звуковой энергии служит рупор, и безрупорные (или диффузорные), где звуковая энергия излучается непосредственно вибрирующим механизмом, к-рый имеет в этом случае большую поверхность (диффузор). По конструкции электрической части Г. делятся на электромагнитные, электродинамические и электростатические.

Электромагнитные Г. имеют, как и телефон, вибрирующий механизм в виде железной мембраны, которая колеблется под действием переменного магнитного поля, создаваемого телефонным током, проходящим после усиления по обмоткам электромагнитов (фиг. 1). Искажения в этой системе могут обуславливаться:

1) Резонансом мембраны; для ослабления резонансных свойств мембрана должна обладать большим затуханием; кроме того, резонанс мембраны должен лежать вне области передаваемых частот. Так как собственная частота мембраны повышается с увеличением ее упругости и с уменьшением ее



Фиг. 1.



Фиг. 2.

массы, то частоту мембраны можно понизить, увеличив массу и уменьшив упругость (большие тонкие мембраны), или же повысить, уменьшив массу и увеличив упругость. Но в первом случае прогиб мембраны оказывается слишком большим, и при сильных токах мембрана может касаться магнита, а во втором (малые мембраны)—ее амплитуды оказываются слишком малыми. Благодаря своей легкости, могут применяться и мембраны из немагнитного материала (слюда, алюминий, целлюлоид) с железным якорем.

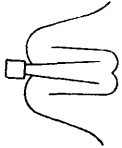
2) Если переменное магнитное поле велико сравнительно с дополнительным постоянным, то возникает удвоение частоты (октава); этот недостаток устраняется применением сильных постоянных магнитов.

3) При больших амплитудах мембраны упругая сила, которая уравнивает отклоняющее действие магнитного поля, оказывается непропорциональной току, создающему переменное магнитное поле, вследствие чего появляются добавочные частоты. Непропорциональность между отклонениями мембраны и силой тока, проходящего по обмоткам электромагнитов, является причиной наиболее существенных искажений звука. Поэтому чистая репродукция возможна лишь при малых амплитудах мембраны. Ради возможности применять большие мембраны с относительно большими амплитудами, мембрану скрепляют с якорем, находящимся в сбалансированном положении между полюсами сильного магнита (фиг. 2). Наконечники магнита состоят из листов мягкого железа, на к-рые надета обмотка для телефонного тока. Якорь укреплен в одной точке и, находясь в однородном поле, совершает отклонения, пропорциональные изменениям тока (и поля). Таким симметричным (двусторонним) вибратором снабжен рупорный Г. Государств. электротехнического треста заводов слабого тока—«Аккорд»; несимметричным (односторонним) вибратором снабжен маломощный рупорный Г. того же треста—«Лилипут».

Г. к. мембрана сама по себе излучает мало звуковой энергии, то все мембранные Г. снабжают рупором. Его прямое назначение излучать акустич. энергию в окружающий воздух. Он играет в Г. ту же роль, что антенна в радиопередатчике; поэтому мембрану без рупора можно сравнить с замкнутым колебательным контуром без антенны. Таким образом, рупор позволяет и при малых амплитудах мембраны получить достаточную громкость звука. Рупор заканчивается камерой, в которой помещена мембрана. При движениях мембраны, в узком конце рупора создаются большие скорости движущихся частиц воздуха. Для получения возможно больших скоростей прилежащее к мембране отверстие рупора д. б. возможно узким; точно так же и камера, в к-рой заключена мембрана, д. б. возможно малой; в противном случае воздух в этой камере при движениях мембраны будет лишь периодически сжиматься, а не вгоняться в отверстие рупора, что необходимо для создания больших скоростей. Предел уменьшению камеры и сужению отверстия кладется увеличением внутреннего трения. Рупор, являясь нагрузкой мембраны, увеличивает ее затухание, что благоприятно в отношении ослабления ее резонансных свойств и необходимо для увеличения излучаемой ею звуковой мощности. Вместе с тем, благодаря нагрузке, несколько понижается собственный тон мембраны, так как сопротивление, создаваемое камерой и рупором, увеличивает массу воздуха, колеблющегося вместе с мембраной, что эквивалентно увеличению массы самой мембраны.

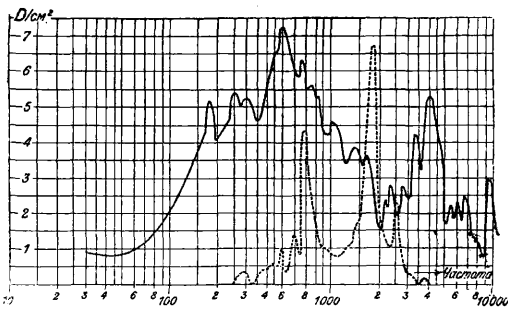
Г. к. рупор сам по себе представляет резонатор, то он может иметь собственные частоты, искажающие репродукцию. Собственные тоны возникают при отражении звуковых волн (образование стоячих волн в рупоре) на внешнем отверстии рупора или в

местах его внезапных расширений или сужений. Поэтому чем более плавно расширяется рупор и чем больше его наружное отверстие, тем слабее в нем резонансные явления. Наиболее выгоден в этом отношении рупор, у которого поперечное сечение возрастает по закону показательной кривой  $A = A_0 e^{Bx}$  ( $A$  — поперечное сечение на расстоянии  $x$ ,  $A_0$  — поперечное сечение узкого отверстия и  $B$  — константа). Длинные звуковые волны претерпевают более сильное отражение на конце рупора, чем короткие, поэтому рупор резонирует на низкие частоты (и их гармоники). Чем длиннее рупор, тем ниже его собственная частота; поэтому, для увеличения длины, рупор делают изогнутым или придают ему форму, показанную на фиг. 3. Если резонанс рупора ниже резонанса мембраны, область равномерной передачи разных частот оказывается расширенной. Ниже некоторой частоты, определяемой уравнением  $f = \frac{Ba}{2\pi}$  (где  $a$  — скорость звука в см/сек), рупор не проявляет излучающего действия. Амплитуды звуковых колебаний на нек-ром расстоянии от мембраны, не снабженной рупором, оказываются (при одинаковом возбуждении мембраны) пропорциональными  $f^2$  ( $f$  — частота). Наличие рупора уменьшает зависимость амплитуд от частоты и, в лучшем случае, делает их независимыми от  $f$ . Вообще рупор тем лучше, чем более равномерно распределены по частотам интенсивности даваемых им звуков (при условии одинакового возбуждения мембраны). На фиг. 4 показано распределение интенсивностей хорошего рупора (сплошная черта) и плохого (пунктир). Качества рупора тем выше, чем уже его внутреннее отверстие, чем шире его наружное отверстие и чем более плавно он расширяется. По мере расширения и укорочения рупора его резонансные свойства ослабевают, а излучение увеличивается, пока, наконец, он не перейдет



Фиг. 3.

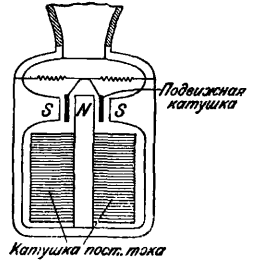
в короткий конус с широким отверстием — чистый излучатель, лишенный резонансных свойств (диффузор). Рупор обладает направляющим действием, которое тем сильнее, чем короче излучаемые им волны. Звуковые волны, длины которых больше длины рупора, направляющего действия со стороны рупора не испытывают. Помимо резонанса, обуслов-



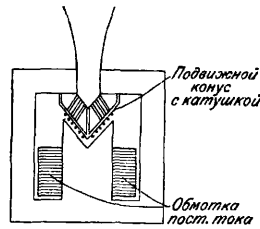
Фиг. 4.

ленного столбом воздуха в рупоре, возможен резонанс, вызванный вибрациями стенок рупора и его арматурой; если рупор сделан из достаточно твердого материала, это явление незначительно.

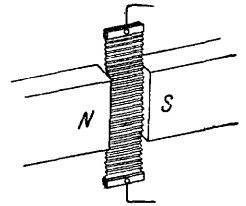
Электродинамические Г. Наиболее существенный недостаток электромагнитных Г. — непропорциональность между отклонениями мембраны и током (при больших амплитудах) — отсутствует в электродинамич. Г., где вибрирующим механизмом является проводник с током, находящийся в переменном магнитном поле. В этих Г. собственная частота вибрирующих частей зависит лишь от их массы и упругости, но не от магнитного поля. В электродинамическ. Г. разговорный ток проходит по скрепленной с легкой немагнитной мембраной катушке, находящейся в узком межполюсном пространстве постоянного электромагнита. На фиг. 5 показана схема Г. «Магनावокс». Мембрана жестко скреплена с катушкой, накрученной на целлюлоидном барабанчике, находящемся в межполюсном пространстве  $NS$ .



Фиг. 5.



Фиг. 6.



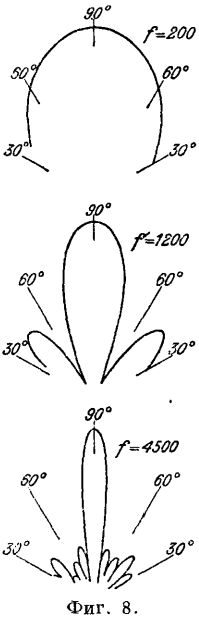
Фиг. 7.

Разговорный ток подводится к катушке (сопротивление к-рой  $\approx 10 \Omega$ ) от анодной цепи последней усилительной лампы через снижающий трансформатор. На фиг. 6 показана схема Г. «Гомон». Здесь вибрирующей частью является шелковый конус с накрутой алюминиевой проволокой, по к-рой проходит разговорный ток. Колебания воздуха передаются через отверстия рупору. Другой тип электродинамич. Г. представляет собою ленточный Г. конструкции Сименса-Шоттки. В нем вибрирующим механизмом является очень тонкая гофрированная алюминиевая лента (вес — несколько мг на  $1 \text{ см}^2$  поверхности), подвешенная в постоянном магнитном поле напряженности ок. 10 000 гаусс (фиг. 7). Примерные размеры ленты: длина 10 см, ширина 10 мм, толщина 10  $\mu$ , вес 30 мг. По ней пропускается усиленный разговорный ток (максимум 10 А), под влиянием к-рого лента колеблется в направлении, перпендикулярном магнитному полю (максимальная амплитуда — 5 мм). Хотя масса ленты очень мала, но и упругость ее весьма ничтожна; поэтому собственная частота ленты лежит вне пределов передаваемых частот. Этот Г. даст чистую передачу и для увеличения излучаемой звуковой мощности тоже



снабжается рупором. Главный недостаток такого громкоговорителя—непрочность ленты.

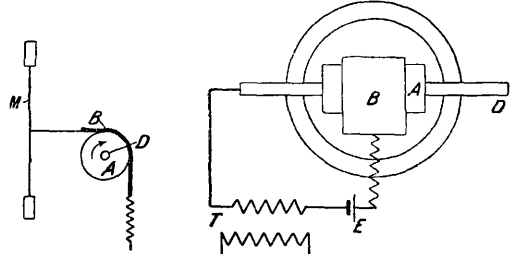
В безрупорных (диффузорных) Г. излучателем служит сама вибрирующая мембрана, имеющая большую поверхность, которая в большинстве случаев делается конической. Вибрирующий конус имеет загнутую эластич. закрунку, позволяющую ему двигаться целиком (как поршень). По конструкции электрической части безрупорные Г. делятся на те же типы, что и рупорные. В электромагнитных Г. вершина конуса жестко скрепляется с якорем электромагнитного вибрирующего механизма, симметричного двустороннего (как «Рекорд» Треста 3-дв слаботока) или несимметричного одностороннего (как «ДП» того же треста). Конус м. б. вогнутым, выпуклым или двусторонним. На электродинамич. принципе основан безрупорный Г. Риггера, квадратная мембрана к-рого (от  $20 \times 20$  см и до  $50 \times 50$  см) движется



Фиг. 8.

вся, как поршень, перед системой постоянных магнитов. Резонансная частота мембраны ниже предела передаваемых частот, и этот Г. дает наиболее чистую передачу, обладал заметным направляющим действием, особенно резко сказывающимся на коротких звуковых волнах, как это можно видеть на фиг. 8. Безрупорные Г. могут быть основаны также на электростатич. принципе. Очень тонкая (0,02—0,03 мм), легкая мембрана (слода или шелк, покрытые слоем металла, алюминий, листовое золото), расположена на расстоянии нескольких сотых долей мм от неподвижной металлической пластинки, к ним приложено высокое напряжение (600—800 В). Если напряжение меняется так, как меняется разговорный ток в усилителе, то легкая мембрана, вибрируя, дает звук. Преимущество этого Г.—возможность применять очень тонкие и легкие мембраны, так как по ним ток не передается; т. о., собственная частота мембраны м. б. сделана очень малой. Недостаток его—необходимость высокого напряжения и хорошей изоляции. При мембране в  $400 \text{ см}^2$ , расстоянии пластин в 0,5 мм, постоянном напряжении в 1 000 В и массе мембраны 2 г, Г. излучает постоянную звуковую мощность в  $0,7 \cdot 10^{-3} \text{ W}$  в области частот приблизительно от 150 до 2 500 пер/сек. (при переменном напряжении на его обкладках ок. 100 В). Массоле, Фогт и Энгль, разрабатывая говорящую фильму («Триергон»), конструировали электростатический Г. из трех слюдяных пластин, предназначен. каждая для воспроизведения различных областей частот; эти мембраны, для ослабления резонанса в данной области, были снабжены соответственно подобранными и наложенными на них эксцентрич. кольцами.

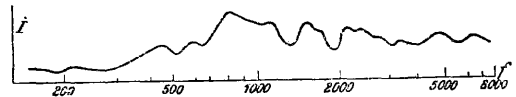
Аналогично работает Г. конструкции Рейца. Он состоит из тонкой резиновой мембраны, на одной стороне которой удерживаются клеем мелкие угольные зерна. Эти зерна служат одной из обкладок конденсатора; второй обкладкой является неподвижная металлическая пластина, помещенная на близком расстоянии от резиновой мембраны,



Фиг. 9.

со свободной от угла стороны. Под действием переменного напряжения той или иной частоты резиновая мембрана прогибается отдельными участками, в зависимости от массы зерен, находящихся на том или другом ее участке. Этот тип электростатич. Г. работает при дополнительном постоянном напряжении 100—300 В.

На электростатич. же принципе германской фирмой Хута сконструирован Г., основанный на явлении Ионсена и Рабека, состоящем в том, что при высоких напряжениях проводник и полупроводник притягиваются друг к другу. Схема этого Г. дана на фиг. 9. Мембрана М скреплена с металлической лентой В, лежащей на вращающемся на оси D агатовом валике А. К валику и ленте приложено постоянное напряжение Е, заставляющее ленту притягиваться к валику. Валик отчасти увлекает ленту и создает натяжение мембраны. Если через трансформатор Т передается от усилителя еще дополнительное напряжение, создаваемое разговорным током, то сила взаимного притяжения меняется; изменяется и сила трения между валиком и лентой, а вместе с тем меняется и сила, натягивающая мембрану,—т. о. мембрана начинает колебаться. Для увеличения звуковой отдачи Г. снабжают рупором. Недостаток такого Г.—непостоянство силы трения, зависящей от состояния трущихся поверхностей. Электростатич. Г. вообще широкого применения не имеют.



Фиг. 10.

Кпд Г. вообще мал—ок. 1—2%, при чем большая часть энергии расходуется в электромагнитной части (около 76%) и меньшая (ок. 23%)—в акустической. Наибольшим кпд обладает безрупорный электродинамический Г. конструкции Риггера—в нем кпд доходит до 10%. Экспериментальные сравнения разных систем Г. показали, что этот Г. в настоящее время—лучший из Г. в отношении

одинаковости передачи частот. Кривая распределения интенсивностей по частотам в Г. конструкции Ритгера показана на фиг. 10.

В отношении чистоты передачи безрупорные Г. вообще превосходят рупорные. Но так как безрупорные Г. оказываются менее мощными, более сложными по конструкции и более дорогими, то в настоящее время много внимания уделяется разработке рупорных систем Г.

Лит.: Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Schell, B. 8, 16, B., 1927; Nesper E., Lautsprecher, B., 1925; Hanna C. a. Slepian J., «JAIEE», 1924, p. 250; Rice W. a. Kellog W., «JAIEE», 1925, p. 982.

П. Белинов.

**ГРОМООТВОД**, приспособление для предохранения зданий, судов, электрич. установок и т. п. от разрушительного действия молнии. Действие Г. основано на свойстве металлич. остроконечий извлекать электричество из наэлектризованных предметов, в сторону к-рых остроконечия обращены.

**Громоотвод для защиты зданий** состоит из: 1) приемника, 2) громоотводного провода, идущего вдоль здания, и 3) заземляющего громоотводного провода.

Приемник Г. способствует тому чтобы молния пошла по Г., а не по зданию. Приемник представляет собою металлич. шест, обыкновенно с медным острием, устанавливаемый в наиболее подверженных грозовому удару пунктах здания и возвышающийся не более чем на 4 м над крышей (фиг. 1).

Громоотводные провода, идущие вдоль здания, соединяют приемник с заземляющими громоотводными проводами, а также соединяют большие металлич. массы здания (железн. крыши, железн. лестницы, газо-, водо- и теплопроводы) для предупреждения перескакивания искр на эти массы. Кроме того, могущие возникнуть в громоотводных проводах явления индукции могут явиться причиной лобочных разрядов; поэтому при устройстве проводов необходимо избегать спиралей, острых углов, а при обширных зданиях следует проводить от приемника к земле несколько проводов. По своей форме громоотводн. провод может быть массивной проволокой, проволочным канатом или металлич. лентой. Лучшее всего противостоят воздействию погоды и удобнее всего в отношении прикрепления проволочные канаты из меди. Наиболее надежные сечения даны в следующей таблице:

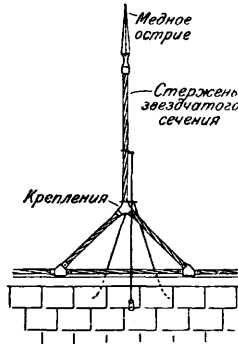
Наиболее надежные сечения громоотвода (в мм<sup>2</sup>).

Форма сечения	Диаметр и площадь сечения	Медный провод		Железный провод	
		разветвленный	неразветвленный	разветвленный	неразветвленный
Массивная проволока	Диаметр . . . . .	6	8	8	10
	Сечение . . . . .	29,3	50,3	50,3	90,5
Проволочный канат	Диам. каждой проволоки . . . . .	7 по 2,4	7 по 3,3	7 по 3,3	7 по 4,5
	Общее сечение . . . . .	30	60	60	100
Металлическая лента	Наименьш. толщина . . . . .	1	1	1	4
	Наименьшее сечение . . . . .	30	50	50	100

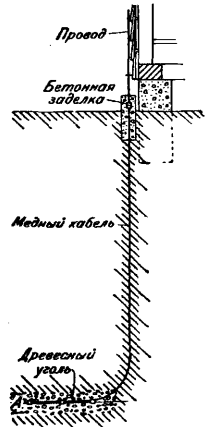
В качестве материала для громоотводных проводов применяются также цинк и свинец. Громоотводный провод обыкновенно при-

павается к приемному шесту; место спайки д. б. защищено от действия непогоды небольшой крышей. Металлич. части здания—металлич. крыши, водосточные трубы газо- и водопроводы—могут заменять собою особые громоотводные провода вдоль здания.

Заземляющий провод Г. служит для передачи электрич. заряда облака в землю; этот провод заканчивается в земле ниже уровня постоянной грунтовой воды (фиг. 2) в виде медной пластины А (поверхностью до 1 м<sup>2</sup> и толщиной в 1,5—2 мм), прямой вертикальной или изогнутой цилиндрически или в виде буквы S. Подземные трубы газо- и водопровода являются очень хорошими заземляющими проводами. Сопротивление перехода в землю на глубине до 10 м не должно превышать 10—16Ω; при большей глубине допускается



Фиг. 1.



Фиг. 2.

увеличение сопротивления на 1Ω на каждый метр глубины. Иногда применяется «соление» почвы в месте контакта заземляющих пластин; во многих случаях достаточно зарыть в почву на глубину до 1 м оцинкованную газовую трубу.

В защите от молнии нуждаются гл. обр. здания, одиноко стоящие или возвышающиеся над другими (колокольни, фабричные дымовые трубы). Здания для хранения взрывчатых веществ требуют особой защиты от молнии; на них устанавливают Г. типа фарадеевской клетки. Такие здания обыкновенно окружают земляным валом, более высоким, чем само здание. На высоте 2 м на самой высокой части его протягивается сеть железных или медных проводов с сечением 10—15 мм<sup>2</sup> с отверстиями в 1 м<sup>2</sup>. По 4—5 таких проводов затем соединяют вместе и укрепляют на шестах, расположенных на валу и заземленных. Непосредственно под крышей протягивается железная сетка из 2-мм оцинкованной проволоки с отверстием в 100 мм<sup>2</sup>; заземляющие провода идут на расстоянии 3 м друг от друга. В этом случае приемные шесты излишни, но внутри здания принимают целый ряд предосторожностей;

на громоотводном проводе, идущем вдоль здания, устанавливаются контрольные аппараты, показывающие, пришлось ли громоотводу функционировать. Эти аппараты представляют собой магнитную иглу, в которой при проходе молнии через Г. разрушается или нарушается магнетизм. Изменившееся положение иглы отмечает функционирование Г. Не реже одного раза в год Г. подвергаются испытаниям, т. е. измеряют сопротивление его переменным током, во избежание поляризации на заземляющей пластине. Через каждые 3-4 года полезно осматривать заложённые в земле части Г. для проверки степени заржавленности заземленных частей.

Действие грозových разрядов на Г. На практике различают (Лодж, Флеминг) две категории грозových разрядов, для предохранения от к-рых служат Г. Первая из них характеризуется постепенным нарастанием потенциала между объектом последующего удара молнии и заряженным облаком; вторая является крайне сильным вторичным разрядом, вызываемым первичным разрядом поблизости. В то время как разряды первой категории протекают по законам квазистационарных явлений, так что сила электрического тока м. б. подсчитана по сопротивлению, самоиндукции и емкости соответствующего пути, второй вид разрядов не поддается ни количественному расчету, ни даже предварительному определению места грозového удара. Поэтому для избежания второй категории разрядов необходимо всю крышу делать металлической или, по крайней мере, покрывать ее металлической сеткой (или ставить много Г.).

Природа грозových разрядов, являющихся частным случаем *атмосферных разрядов* (см.), пока недостаточно изучена. Если изображать разряд при помощи интеграла Фурье, то, вероятно, наиболее резко проявится та часть спектра частот, которая соответствует собственной частоте проводника, соединяющего поверхности разных потенциалов (облако и землю). Если доминирующая частота является функцией длины громоотвода (рассматриваемого как вертикальная заземленная антенна), то при обычных размерах громоотвода ( $l$ —порядка 15 м) имеем собственную длину волны его  $\lambda \cong 4l \cong 60$  м (см. *Антенна*) и, следовательно, частоту разряда 5 000 000 пер/сек. Если же принимать в расчет длину всего пути между облаком и землей, то, полагая ее, наприм., в 300 м, мы тем же методом получим частоту разряда только в 250 000 пер/сек. Есть нек-рые основания считать, что разряды первой категории являются сравнительно малочастотными, а второй категории—высокочастотными. Для уменьшения вероятности грозových разрядов второй категории через здание, рекомендуется ставить на последнем не один, а несколько (до десятка) Г., т. к. высокочастотный разряд через здание может возникнуть вблизи одиноко стоящего Г., предохраняющего постройку вероятнее всего от малочастотных грозových разрядов.

Грубый подсчет порядка величин, получающихся при грозových разрядах, дает следующие результаты. Если принять, что разряд происходит между облаком и землей,

при чем в этом процессе участвуют с той и другой стороны две поверхности по 9 м<sup>2</sup> каждая, отделенные расстоянием в 300 м, то емкость такого конденсатора будет  $C = 0,000027 \mu\text{F}$ ; если принять напряженность поля для получения разряда в воздухе 30 кВ/см, то должна существовать перед самым разрядом разность потенциалов между облаком и землей в 912 000 кВ. Энергия, освобождающаяся при разряде, равняется 11 200 кВт/сек, что соответствует энергии почти 0,5 кг динамита. Эта энергия расходуется в виде тепла и электрич. излучения. При этом, чем выше частота разряда, тем большая часть энергии превращается в форму излученной в виде электромагнитного возмущения; напр, при малых медных Г., при разряде с частотой порядка 1 000 000 пер/сек., количество излученной энергии примерно в 50 раз более того количества, к-рое превратилось в тепловую форму в Г. В зависимости от частоты разряда получим то или иное значение силы тока: при  $f = 100\ 000$  пер/сек.,  $I = 15\ 000$  А, при  $f = 5\ 000\ 000$  пер/сек.,  $I = 570\ 000$  А.

При установке Г. особенное внимание надо обращать на постоянную надежность безусловно хорошего контакта в заземляющих проводах. В случае отсутствия такового легко может оказаться, что такой плохой Г. явится «громоприводом»: в самом деле, если вследствие недосмотра сопротивление Г. возрастет до нескольких сотен  $\Omega$ , то при обычном сопротивлении Г. току высокой частоты (в зависимости от ее величины), равном 30—75  $\Omega$ , это сопротивление дефектного Г. будет таким, что грозовой разряд, «притянутый» Г., ударит в здание, находя для себя путь наименьшего сопротивления.

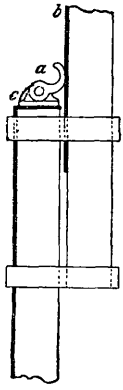
Технические требования при установке и эксплуатации громоотвода в основном след.: 1) Г. должен иметь хорошие соединения во всех трех своих основных частях и между ними, 2) Г. должен быть очень хорошо заземлен, 3) Г. должен быть механически защищен от поломки. При проводке его по зданию лучше держать Г. вдали от стен (иногда даже изолируют) и вести его возможно дальше от газо- и водопроводов, балконов и т. п. Материал и конструкция громоотвода не играют существенной роли, лишь бы были выполнены основные требования (см. выше).

*Лит.:* Findeisen F., *Praktische Anleitung zur Herstellung der Gebäudeblitzableiter*, Berlin, 1907; *Handbuch d. Elektrizität u. d. Magnetismus*, hrsg. v. L. Graetz, B. 3, Lpz., 1923; Cover t Roy N., *Modern Methods of Protection against Lightning*, «Farmers' Bulletin», Wsh., 1922, 842.

**Громоотвод судовой.** На судах, имеющих радиоустановку, устройства особого Г. не требуется, т. к. его функции выполняет антенна. При вводе таких судов в док пользование радиоустановкой не разрешается, и антенна надежно заземляется соединением с доковым трубопроводом или водой. На судах, не имеющих радиоустановок, в особенности находящихся в плавании в открытом море, именно—на деревянных стенахх всех металлич. мачт и стенахх всех деревянных мачт, установка Г. обязательна, независимо от материала корпуса судна, равно как и на стенахх всех металлических мачт де-

ревянных судов. На стальных и железных судах с металлическими мачтами и стенгами до ноков специальные громоотводные устройства излишни.

Г. судовой состоит из острия или рогатки красной меди, укрепленных на клотике мачты и соединенных с лентой из того же материала с сечением не менее  $100 \text{ мм}^2$ , которая крепится заершенными медными гвоздями вдоль стеньги или мачты. На судах с деревянными стеньгами и металлич. мачтами эта полоса доходит до штага, на котором укрепляется медный трос диам. не менее  $12 \text{ мм}$ , прочно соединенный и спаянный с лентой. Этот трос соединяется с металлич. обшивкой судна. На судах с деревянными мачтами медная лента устанавливается непрерывно до стеньга мачты и там соединяется с металлич. обшивкой судна надежным проводником. На деревянных судах применение медного троса следует избегать, так как под действием электрич. разрядов его структура изменяется, проволоки становятся хрупкими и контакт — ненадежным. Поэтому на деревянных судах применяют медную ленту,



Фиг. 3.

соединяемую с металлич. луженой пластинкой площадью не менее  $0,2 \text{ м}^2$ , укрепленной на корпусе судна ниже ватерлинии при наименьшем углублении судна. Если стеньги устроены подъемными, то для обеспечения надежного электрич. контакта лента на мачте заканчивается медной накладкой, на которой укрепляется (фиг. 3) вращающаяся медная наметка *a*, откидывающаяся при опускании стеньги и соединяемая с лентой на стеньге *b* при подъеме последней. В целях достижения требуемого контакта наметка прижимается пружиной *c* и периодически осматривается и очищается. Все части громоотвода от клотика до поверхности воды должны иметь надежные проводящие соединения между собой.

Р. Тишбайн.

#### Громоотводы в установках слабого тока.

Появление в линиях слабого тока постороннего напряжения представляет один из видов опасности для приборов и проводов слабого тока. Источником возникновения подобного напряжения являются: 1) внезапные атмосферные разряды, 2) медленное накопление атмосферного электричества в линии, 3) влияние линий сильного тока, расположенных вблизи, 4) прямое соприкосновение с линиями сильного тока. Чрезмерно высокие посторонние напряжения в линии слабого тока могут вызвать: 1) разрушения аппаратов; 2) причинение вреда лицам, обслуживающим аппараты, или лицам, пользующимся ими; 3) разрушение проводов и кабельных жил, нарушение изоляции кабелей; 4) пожары от образования искры. Присоединенные к линии телеграфные и телефонные аппараты и сигнализационные устройства требуют защиты от опасных напряжений, возникающих в линиях вследствие вышеуказанных причин. Степень безопасности установки слабого тока определяется наличием в ней предохранителей. Одни из них

в первую очередь должны отводить в землю напряжения, опасные как для людей, так и для установки. Предохранители этого рода и называются Г., или предохранителями от перенапряжений, т. е. благодаря им можно отвести в землю не только атмосферные разряды, но и высокое напряжение, индуктируемое высоковольтными линиями (см. Разрядники).

Громоотвод в технике сильных токов, прежде, но еще сохранившееся наименование разрядников (см.) от перенапряжения.

Громоотводом в радиотехнике является почти всегда антенна. Во избежание сильных разрядных токов, влекущих за собой разрушение радиоприборов, при приближении грозы радиостанция отключается от антенны, и последняя заземляется помощью грозового переключателя (см.), превращаясь в хороший громоотвод.

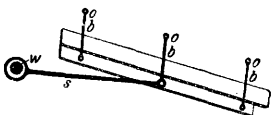
**ГРОХОЧЕНИЕ**, одна из главных операций обработки полезных ископаемых, имеющая целью разделение их (сортировку или классификацию) по крупности сухим путем. Грохочение может иметь или самостоятельный характер, в случае приготовления готовых продуктов — рыночных сортов, почему и называется с о р т и р о в к о й, или подготовительный, когда материал подготавливается для каких-либо последующих операций, — в таком случае Г. называется к л а с с и ф и к а ц и е й, а продукты последней — классами. Грохочение как самостоятельная операция применяется во многих случаях: при отсеве мелочей железных, медных и прочих руд и каменных углей, при сортировке антрацита и т. д. В операциях подготовительного характера число классов (сортов) и размеры продуктов Г. определяются требованиями наибольшей успешности последующих операций, в частности (под термином «сухая классификация») для мокрого процесса обогащения. Шкала классификации (или шкала Г.) в этом случае д. б. постоянной и диаметры отверстий последовательных решет должны составлять убывающую геометрическую прогрессию (в зависимости от т. н. «коэфф-та равнопадемости»); например, для обыкновенных руд принимается шкала классификации  $\sqrt{2} = 1,41$ ; диаметры составляют ряд:  $64—45,2—32—22,6—\dots—0,50 \dots \text{мм}$ . Для камен. углей обыкновен. шкала классификации 2; диам. отверстий решет составляют ряд:  $80—40—20—10—5—2,5 \text{ мм}$ ; на практике, однако, наблюдаются отступления, и шкала теряет характер постоянства.

Г. как дополнительная операция применяется часто после дробления, если путем последнего желают получить продукт не крупнее определенного размера; в таком случае измельченный продукт просеивают через грохот с отверстиями желаемого размера, направляя остающийся на грохоте более крупный материал («избыточное зерно») обратно в дробление, пока весь материал не пройдет через данное решето. Такое Г. называется поверочным.

В процессе Г. на одном решете с диам. отверстия  $d \text{ мм}$  всегда получают 2 продукта: верхний (высший) сорт с размером

больше  $d$  мм и нижний (нижний) сорт—от  $d$  мм до 0. Если требуется получить больше двух сортов, то применяется многократное Г. на нескольких решетках, при чем Г. на  $n$  решетках дает  $n+1$  сортов. Порядок многократн. Г. может быть двойной: сперва получают более крупные сорта, а потом мелкие, или наоборот. В первом случае последовательные решетки имеют постепенно убывающие диаметры отверстий, при чем верхний сорт на каждом решете будет продуктом определенного размера, а нижний—смесью всех остальных сортов. Операция эта повторяется до тех пор, пока при последнем Г. не получится 2 последних, наиболее мелких сорта. Во втором случае последовательные решетки располагаются с постепенно возрастающими диаметрами отверстий, и процесс идет в обратном направлении. 1-й способ обыкновенно дает более точные результаты, чем 2-й, и применяется, напр., при классификации, предшествующей мокрому обогащению, или при обработке твердых кварцевых руд, твердого донецкого антрацита и пр. 2-й способ имеет некоторые преимущества конструктивного характера и применяется при сортировке и классификации хрупких каменных углей, при подготовительной классификации для дробления и пр. В нек-рых случаях, в особенности при Г. мелких сортов (классов), оно сопровождается орошением материала водой из брызгал.

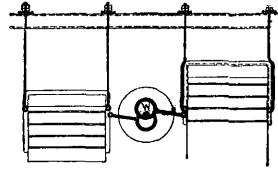
Аппараты, на к-рых производится Г. (грохота), разделяются, по действию, на неподвижные и подвижные; по форме решета—на плоские, барабанные и ленточные; по роду решета—на колосниковые и решетчатые (сетчатые). Бывают еще простые переносные решета. Плоские подвижные грохота по роду своего движения разделяются на: продольные, поперечные, круговые в вертикальной плоскости и круговые в горизонтальной плоскости. Производительность грохотов и степень совершенства сортировки в значительной степени зависят от характера качания грохота, при чем, чем длиннее путь, совершаемый рудой по грохоту (при одинаковых прочих условиях), тем производительность грохота меньше и тем совершеннее сортировка. Неподвижные грохота, только плоские, колосниковые или решетчатые, устанавливаются с значительным уклоном ( $30\div 45^\circ$ ) и применяются для самостоятельных операций на рудниках с небольшой производительностью для вспомогательного Г. в первой стадии дробления твердых руд. Плоские подвижные грохота бывают наклоненные и горизонтальные. Принцип действия подвижных плоских грохотов основан на том, что ускорение грохота передается руде до тех пор, пока вызываемая им сила инерции не превзойдет силы трения руды о грохот; как только это случится,



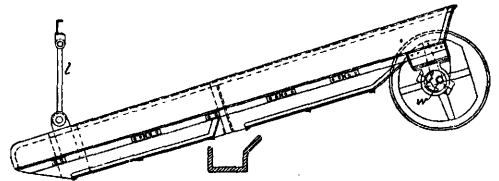
Фиг. 1.

руда начинает самостоятельное движение по грохоту. Таким образом, при неравномерном движении грохота с некоторым ускорением в одну сторону, достигается перемещение руды вдоль грохота и ее просеивание.

Колосниковые подвижные грохота бывают с продольным и поперечным расположением колосников, имеющих форму поставленных на ребро железных полос, иногда с боковыми отростками, придающими поверхности решетчатый вид, или полос коробчатого железа, с продырявленными отверстиями, или же, наконец, форму цилиндрических валков. В первых двух типах колосники связываются в две качающиеся системы, сообщающие волнистый характер движению поверхности грохота (грохот Бриана, Зельтнера); в третьем—цилиндрические колосники имеют вращательное движение и, благодаря выступам на своей поверхности, обуславливают процесс Г. (калибровый грохот Дистль-Суски). Колосниковые грохота особенно пригодны для Г. крупных сортов вообще и, в частности, благодаря спокойному действию и незначительному дробящему влиянию, для сортировки хрупкого материала. В решетчатых подвижных грохотах решета приготавливаются из железных или стальных листов

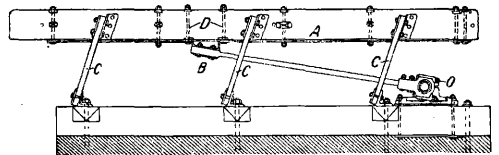


Фиг. 2.



Фиг. 3.

с просверленными или штампованными отверстиями, слегка расширяющимися книзу (во избежание застревания кусков), круглой, квадратной или прямоугольной формы, или имеют вид проволочных сеток. По роду движения различают качающиеся и вибрирующие грохота. На фиг. 1 представлена схема продольного грохота (английского):

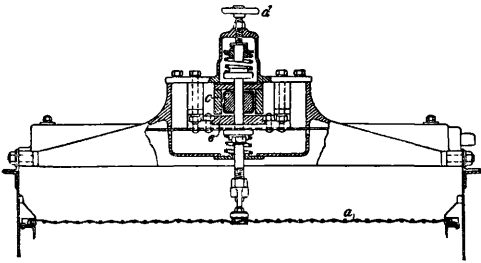


Фиг. 4.

грохот качается на парных подвесных тягах  $b$  около неподвижных шарниров  $o$ ; качания передаются от приводного вала  $w$  посредством эксцентриков и парных штангов  $s$ . На фиг. 2 дана схема поперечного грохота (немецкого). Качание передается от одного вала  $w$  двум грохотам, расположенным по обе стороны вала. На фиг. 3—продольный круговой грохот Баумана; верхний конец его наглухо соединен с эксцентриком, насаженным на вал  $w$ . Нижний конец грохота подвешен на тяге  $l$  к шарниру. Для Г. мелких сортов угля применяются горизонтальные круговые грохота (например, Зельтнера, Кокса, Гумбольта, Феррариса). На фиг. 4 показана конструкция грохота Феррариса с

нижним подвесом. Грохот *A* установлен на 6 пружинящих рычагах *C* из букowego или ясеневого дерева; деревянная эксцентриковая тяга *OB* соединена с грохотом жестко при помощи стальной упорки на болтах *D*, могущей слегка пружинить. Такая конструкция дает в начале и в конце каждого хода толчок, усиливающий встряхивающее действие грохота.

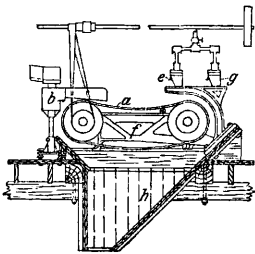
Вибрационные грохота состоят из проволочной сетки, укрепленной наглухо по краям. Сетка от специального ударного механизма получает быстрые вибрирующие движения, наподобие натянутой струны. В вибрационном грохоте Nummer-Sieb (фиг. 5)



Фиг. 5.

быстрые качания натянутой металлич. сетки *a* получаются от сильного электромагнита *b*, питающегося переменным током в 15 пер. Каждое качание прерывается ударом о пластинки *c*, чем достигается сильное встряхивание материала, способствующее просеванию его через отверстия грохота. Вращением колеса *d* можно во время работы грохота регулировать амплитуду его качаний. Проволочная сетка натянута так туго, что при наибольшей нагрузке невозможно провисание ее. Наклон грохота 28—35° и м. б. легко изменен. Приводной механизм заключен в непроницаемую для пыли коробку. Производительность достигает 100—150 т в 24 часа на м<sup>2</sup> поверхности грохота при величине отверстий в 1 мм. Грохота этого типа применяются для классификации мелких руд (в поперечнике 1—5 мм) и для подготовки материала к сухим процессам обработки (например, электромагнитное или электростатическое обогащение).

Баранные грохота бывают цилиндрические, устанавливаемые с небольшим уклоном, и конические;



Фиг. 6.

в баранных грохотах происходит от того, что при медленном вращении барабана материал, загружаемый в верхнем конце его, перекатывается по внутренней поверхности, описывая винтовую линию, и вследствие наклона оси или конусности грохота постепенно двигается к переднему концу его.

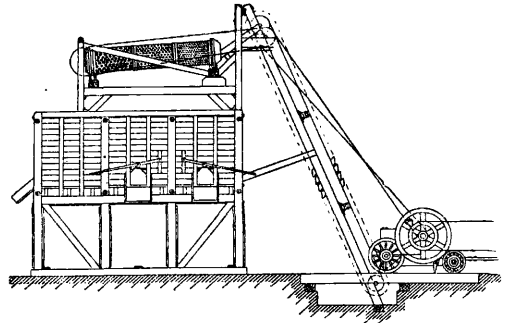
Ленточные грохота имеют бесконечную ленту в виде проволочной сетки, перемещающейся по двум барабанам (роликам); материал загружается сверху и проходит через отверстия сетки под влиянием сильной струи воды из брызгал. Грохота этого типа применяются только для мокрого Г. (для очень мелких зерен—не крупнее 0,5 мм). В грохоте Каллов (фиг. 6) загрузка материала производится питателем *b*; материал на движущейся ленте *a* подвергается действию струй воды из брызгал *e*. Мелкие зерна, прошедшие сквозь отверстия сетки, собираются в желобе *f* и уводятся в сторону; более крупные, оставшиеся на ленте, смываются в воронку *h* брызгалом *g*. Обычно на грохоте поставлены две ленты параллельно; одна из них является запасной; ширина их 61 см, расстояние между осями роликов 1,2 м. Скорости движения ленты 15—30 м в минуту. Производительность за 8-часовой рабочий день ок. 43 т/м<sup>2</sup> поверхности грохота, при отверстиях в 1 мм. Расход воды 55—90 л в 1 минуту.

Г. применяется также для сортировки по крупности песка, гравия, щебня для строительных нужд (бетон) и водоочистительных фильтров. Для просеивания щебня и удобной погрузки его в вагонетки применяется устройство, показанное на фиг. 7.

Производительность плоских подвижных грохотов выражается формулой:

$$Q_t = 3,6 \frac{G}{L} \cdot v = 3,6\mu \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot v,$$

где  $Q_t$ —производительность в т/ч,  $G$ —вес руды, лежащей на грохоте, в кг,  $L$ —длина грохота в м,  $v$ —относительная скорость в м/сек руды по грохоту в сторону подачи



Фиг. 7.

(вдоль грохота),  $\mu$ —коэфф-т разрыхления движущейся массы руды,  $B$ —ширина грохота в м,  $h$ —толщина слоя руды в м,  $\gamma$ —уд. вес руды в кг/м<sup>3</sup>. В среднем можно принять, что на 1 м<sup>2</sup> площади решета возможно в 1 час отсортировать около 9 м<sup>3</sup> крупной руды (>70 мм в поперечнике), около 5,5 м<sup>3</sup> средней руды (30—70 мм), 3,8 м<sup>3</sup> крупного песка (>1 мм) и только 1,8 м<sup>3</sup> мелкого песка (<1 мм).

Производительность барабанного грохота в кг/сек определяется по формуле:

$$Q = \psi \cdot \gamma \cdot v_0 \cdot F,$$

где  $\psi$ —коэффициент разрыхления движущейся массы материала,  $\gamma$ —вес единицы объема ее в кг/м<sup>3</sup>,  $v_0$ —средняя скорость подачи

в м/сек,  $F$ —площадь движущегося слоя материала в м<sup>2</sup>. Производительность в т/ч:

$$Q_t = G \cdot \frac{60 \cdot 60}{1000} = 3,6Q = 3,6\psi \cdot \gamma \cdot v_0 \cdot F;$$

при  $\psi = 0,8$   $Q_t = 0,6\gamma \cdot n \cdot \text{tg } 2\alpha \cdot \sqrt{R^3 \cdot h^3}$ ,

где  $R$ —радиус барабана в м;  $h$ —толщина слоя руды в м;  $\alpha$ —угол наклона оси барабана;  $n$ —число об/м. Расход мощности на приведение во вращение барабанного грохота определяется по формуле:

$$N = \frac{R \cdot n(G + 25G_0)}{21500} \text{ HP},$$

где  $G$ —вес барабана со всеми его частями в кг,  $G_0$ —вес находящегося внутри него материала в кг,  $R$ —внутренний радиус барабана в м,  $n$ —число об/м., принимаемое обычно в пределах от  $\frac{8}{\sqrt{R}}$  до  $\frac{14}{\sqrt{R}}$ .

Лит.: Хмелев П. П., Сортировка-мойка для песка и гравия, М., 1907; Корзухин И. А., Механическая обработка полезных ископаемых, СПб, 1908; Житкович Н. А., Бетон и бетонные работы, СПб, 1912; Чечотт Г. О., Проектирование и устройство простейших сортировочных для обогащения наменных углей, М., 1923; Левенсон Л. Б., Машины для обогащения полезных ископаемых. Плоские подвижные грохота, их теория, расчет и проектирование, Труды Ин-та мех. обраб. полезн. ископаемых, вып. 1, Л., 1924; его же, Барабанные грохота, их теория, расчет и проектирование, там же, вып. 5, М., 1927; Peeler R., Mining Engineers' Handbook, N. Y., 1927; Prochaska E., Coal Washing, N. Y., 1924; Lister J. E., The Screening and Grading of Materials, L., 1924; Holbrook E. A. A. Fraser T., Screen Sizing of Coal, Ore and other Materials, Wash., 1925. Д. Цейтлин.

**ГРУББЕР, см. Экстурпатор.**  
**ГРУЗОВОЙ ПОДЪЕМНИК, см. Подъемники.**  
**ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ** предназначаются для перевозок грузов. Грузоподъемность Г. а. выражается в тоннах и называется то н н а ж е м автомобиля. Тоннаж современных Г. а. устанавливается в пределах от 0,5 до 7,5 и даже до 10 т. Если собственный вес автомобиля равен  $Q$  т, а его грузоподъемность равна  $P$  т, то общий вес автомобиля в грузе **ж е м с о с т о я н и я**  $Q_{\text{а.}} = Q + P$ . Для современных Г. а. отношение весов  $\frac{P}{Q}$  колеблется в пределах от 0,50 до 1,1, при чем верхний предел относится к Г. а. большего тоннажа. Потребное для движения Г. а. тяговое усилие на обode ведущих колес значительно выше тягового усилия легковых автомобилей.

Для Г. а. малого тоннажа можно использовать шасси легкового автомобиля, так как благодаря сравнительно невысоким значениям  $Q$  и  $P$  имеется возможность за счет уменьшения скорости движения достигнуть увеличения тягового усилия и получить достаточно быстрый ходный, легкий грузовик. В таких полугрузовиках и грузовиках, тоннаж которых немногим превышает 1 т, моторы совершенно

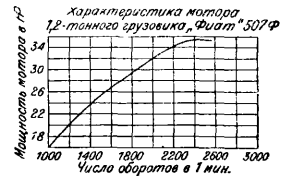


Фиг. 1.

одинаковы с моторами легковых автомобилей (фиг. 1 и 2). Мотор грузового автомобиля развивает требуемую мощность при сравнительно невысоком числе оборотов. Быстроходный, или многооборотный, двигатель потребовал бы значительного услож-

нения ряда передаточных механизмов для получения необходимого для Г. а. тягового усилия на обode ведущих колес. Обычно в моторах грузовых автомобилей число об/м. коленчатого вала, соответствующее максимальной мощности, бывает от 1100 до 1800 (фиг. 3 и 4), в отдельных случаях доходит до 2000—2200. При равной мощности, мотор Г. а. обладает большими основными размерами (диам. цилиндра и хода поршня), чем мотор легкового автомобиля, большим, чем у последнего, весом, приходящимся на единицу мощности, и, наконец, меньшей мощностью, получаемой с каждого литра рабочего объема цилиндра (удельная мощность). Степени сжатия для тех и других моторов не отличаются резко между собой. Все улучшения, касающиеся отдельных деталей двигателя (напр., съемные головки цилиндров, поршни из легкого металла и пр.), успешно применяют в тех и других. Пониженным числом оборотов объясняется большая долговечность моторов Г. а.

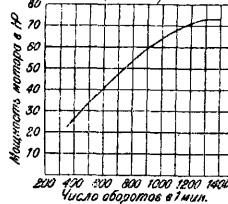
Наиболее распространенным типом мотора Г. а. является 4-цилиндровый мотор; 6-цилиндровые двигатели, требующие более сложного ухода, распространены значительно меньше (~33%). В отношении расхода горючего моторы Г. а. являются менее экономными, чем моторы современных легковых автомобилей. Вследствие тяжелых условий работы Г. а., механизм сцепления, передающий крутящий момент двигателя, д. б. выполнен значительно более солидно. Однодисковое сцепление, получившее



Фиг. 2.

в последние годы широкое применение в легковых автомобилях, в Г. а. распространено реже и встречается гл. обр. на машинах с грузоподъемностью, не превышающей 2 1/2—3 т. Большое распространение находит многодисковое сцепление (88%), к-рое можно считать типичным для современного Г. а. Конус, почти исчезнувший в легковых автомобилях, применяется на Г. а. и в настоящее время, гл. образом, на машинах большого тоннажа. Коробка скоростей отличается от обычного типа коробки скоростей легковых автомобилей лишь размерами отдельных деталей и большими передаточными числами, получаемыми при отдельных парах шестерен. В целях возможности движения негруженого автомобиля с большей скоростью, чем при движении с грузом, в нек-рых грузовых автомобилях коробка скоростей имеет повышенное число передач (4—8) по сравнению с наиболее распространенным (3—4). Коробка скоростей располагается или в блоке с мотором или отдельно от него;

Характеристика 4-цилиндр. мотора 5-тонного грузовика, Драйвер-Бич (тип L5)



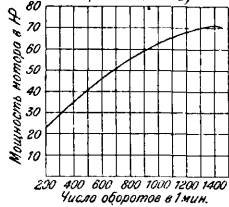
Фиг. 3.

в последние годы широкое применение в легковых автомобилях, в Г. а. распространено реже и встречается гл. обр. на машинах с грузоподъемностью, не превышающей 2 1/2—3 т. Большое распространение находит многодисковое сцепление (88%), к-рое можно считать типичным для современного Г. а. Конус, почти исчезнувший в легковых автомобилях, применяется на Г. а. и в настоящее время, гл. образом, на машинах большого тоннажа. Коробка скоростей отличается от обычного типа коробки скоростей легковых автомобилей лишь размерами отдельных деталей и большими передаточными числами, получаемыми при отдельных парах шестерен. В целях возможности движения негруженого автомобиля с большей скоростью, чем при движении с грузом, в нек-рых грузовых автомобилях коробка скоростей имеет повышенное число передач (4—8) по сравнению с наиболее распространенным (3—4). Коробка скоростей располагается или в блоке с мотором или отдельно от него;

обе системы расположения находят одинаковое распространение.

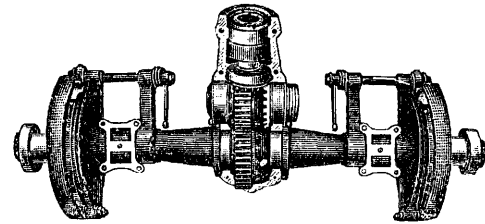
В современных Г. а. общий вес  $Q_A$  распределяется, в среднем, таким образом, что на заднюю ось, являющуюся обычно ведущей, падает 60—70% общего веса и от 30 до

Характеристика 6-цилиндрового мотора 3,5-тонного грузовика "Даймлер-Бенц" (милл. Л2 и Н2)



Фиг. 4.

40% его приходится на переднюю ось. В некоторых 1½-т Г. а. (например, АМО) на заднюю ось падает ок. 75%  $Q_A$ . Стремление повысить давление на ведущую ось вызывается, опять-таки, необходимостью получения благоприятных условий для использования тягового усилия. Сила тяги  $T$  зависит от сцепного веса, т. е. от веса, приходящегося на заднюю ось, и связана с ним соотношением  $\leq Q_h f$ , где  $Q_h$  — сцепный вес и  $f$  — коэффициент сцепления шин с полотном дороги. Желание использовать весь вес  $Q_A$  в качестве сцепного веса привело к системе двух ведущих осей — передней и задней. Т. о. были созданы автомобили с передачей на обе оси, т. е. с четырьмя ведущими колесами. Сложность устройства передачи на передние колеса является одной из причин, препятствующих распространению машин этого типа. Стремление к повышению тоннажа привело к тому, что нагрузка, приходящаяся на заднюю ось, д. б. значительно превысит нормы нагрузки на ведущую ось (в Германии, напр., такая норма установлена в 6 т). В целях сохранения дорог и уменьшения нагрузки на ось в настоящее время разработана конструкция трехосного автомобиля, в котором две задние оси являются одновременно ведущими. Конструктивное выполнение в этом случае оказалось значительно более простым, чем в двухосной машине с обеими ведущими осями. Целый ряд фирм во многих странах (Германия, Англия, Франция, Америка) выпускает трехосные автомобили различного тоннажа. Благодаря распределению тягового усилия на 4 колеса, а иногда

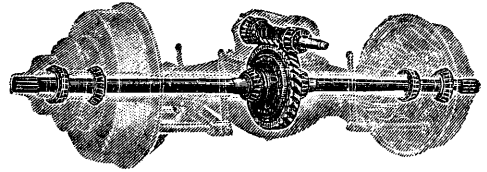


Фиг. 5.

даже на 8 (при двойных задних колесах), напряжения сдвига, вызываемые в дорожном полотне при движении этих автомобилей, оказались более благоприятными, чем от машин с одной ведущей осью. Удельное давление отдельного колеса на почву также получается небольшим. Благодаря этим обстоятельствам, трехосные автомобили должны были обладать, при одинаковом общем весе, большей проходимостью, чем обычно-

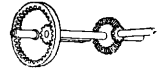
венные двухосные автомобили. Что касается передачи на заднюю ось и ведущие колеса, то вместо цепной передачи, долгое время применявшейся в Г. а., в наст. время особенно распространена карданная передача.

Передача в дифференциале выполняется при помощи: 1) пары конич. шестерен с прямым или спиральным зубом (фиг. 5) и 2) червячной пары (червяк и червячное колесо). Первый вид передачи применяется в грузовиках с грузоподъемностью до 3—3½ т, при чем наибольшее распространение эта передача находит в Г. а. малого тоннажа. Невозможность получить достаточно высокое



Фиг. 6.

передаточное число, т. е. добиться значительного тягового усилия на ободу ведущих колес, заставляет прибегать к введению в дифференциал еще одной пары цилиндрических шестерен — демультипликатора (см.). Коническая пара и демультипликатор обеспечивают значительное понижение числа оборотов ведущих колес; такого рода передача применяется в Г. а. тоннажа от 3½ т и выше. Червячная пара (фиг. 6), обеспечивающая в более широких пределах, чем пара конич. шестерен, получение необходимого передаточного числа, находит наибольшее применение в Г. а. Некоторые фирмы (например, Мерседес) прибегают к передаче вращения от полуосей дифференциала (отделенного в этом случае от задней оси) на колеса при помощи пары цилиндрических зубчатых колес. Колеса при этом свободно посажены на концах задней оси и несут на себе зубчатые колеса, находящиеся во внутреннем зацеплении с шестернями, сидящими на внешних концах полуосей дифференциала (фиг. 7). Этим путем также удается получить значительное понижение числа оборотов ведущих колес. Полуоси дифференциала используются только для передачи вращения и испытывают лишь напряжение от скручивания; все остальные напряжения, возникающие при движении, воспринимаются главным образом неразрезной задней осью.



Фиг. 7.

Передача на раму автомобиля толкающих усилий от ведущих колес производится при помощи карданной трубы, упорных штанг или рессор. Последний вид передачи толкающих усилий распространен главн. обр. в автомобилях с грузоподъемностью меньшей, чем 2—2½ т. Скручивающие усилия поглощаются также рессорами, штангами или карданной трубой.

Рама Г. а. выполняется из прессованной стали, — при чем лонжероны имеют швеллерное сечение, — или, что встречается реже, из профилированной прокатанной стали двутаврового сечения. Сообразно с более тяжелыми условиями работы, рамы грузового



автомобиля делаются значительно более массивными, чем рамы легковых автомобилей.

Колеса изготавливаются или из дерева, т. н. «артиллерийского типа», или из металла—дисковые и литые. Первый и последний типы в настоящее время находят преимущественное применение на Г. а. с грузоподъемностью от  $3\frac{1}{2}$  т и выше. Дисковые колеса применяются на Г. а. тоннажа, не превышающего  $3\frac{1}{2}$ —5 т.

Массивные резиновые шины на машинах до  $3\frac{1}{2}$  т постепенно вытесняются пневматиками; за последние годы появились и более тяжелые машины, работающие на пневматиках. Для машин свыше  $3\frac{1}{2}$  т применяются также резиновые шины с воздушными каналами (типа «Эластик», «Фульда» и др.). В отношении эластичности эти шины значительно уступают пневматикам, но превосходят нормальные массивные шины. Пневматики низкого и высокого давления значительно улучшают проходимость грузовиков и, благодаря понижению удельного давления колеса на полотно дороги и лучшему, чем у массивных шин, распределению этого давления, оказывают менее вредное влияние на дорожное полотно. Наконец, применение пневматиков позволило повысить скорость движения грузовиков, и в настоящее время имеются Г. а. грузоподъемностью в  $2$ — $2\frac{1}{2}$  т, позволяющие развивать на наших шоссе скорость движения до  $45$ — $50$  км/ч при полной нагрузке.

Обычным и наиболее распространенным типом кузова Г. а. является платформа с откидными боковыми и задней стенками. В некоторых случаях, платформы устраиваются легкоъемными: разгрузка производится путем съемки целиком всей платформы, на ее место ставится сразу же другая, пустая, и машина вновь уходит за грузом.

Большинство современных Г. а. пользуется для работы своих моторов жидким горючим, гл. обр. бензином, в чистом виде или в виде смеси с бензолом. В последнее время появились автомобили с газогенераторными установками. В этих автомобилях мотор питается газом, получающимся от сжигания в газогенераторе твердого топлива. Некоторые фирмы строят для работы на газе моторы с повышенной степенью сжатия, т. к. обычного типа бензиновый мотор не развивает на газе той мощности, к-рую он дает на бензине. Наконец, имеются паровые автомобили, в которых в качестве силовой установки использована паровая машина; эти автомобили распространены преимущественно в Англии, где в качестве топлива для них используется каменный уголь.

В настоящее время грузовой автомобильный транспорт играет крупную роль в странах, обладающих развитой автомобильной промышленностью. Будущее в области перевозки грузов по обыкновенным безрельсовым путям, несомненно, целиком принадлежит Г. а. Число грузовых автомобилей, выпускавшихся ежегодно наиболее развитой американской автомобильной промышленностью, можно видеть из помещенной на ст. 80 таблицы.

В СССР автостроение сосредоточено в руках Гос. треста автомоб. з-дов (Автотрест),

Годы	Число построенных Г. а.	В % по отношению к числу прочих автомобилей
1914 . . . . .	25 375	4,8
1915 . . . . .	74 000	8,3
1916 . . . . .	92 130	6,0
1917 . . . . .	128 151	7,3
1918 . . . . .	227 250	24,2
1919 . . . . .	275 943	16,6
1927 . . . . .	487 653	15,7

выпускающего гл. образом  $1\frac{1}{2}$ -т грузовики «АМО Ф15». Эти грузовики обладают особенно хорошими тяговыми свойствами и прекрасно работают в наших даже наиболее трудных дорожных условиях. В отношении проходимости по нашим дорогам, эти Г. а. не только не уступают иностран. машинам, но и значительно превосходят многие из них. За последние годы налажено также производство  $3$ — $3\frac{1}{2}$ -т автомобилей марки «ЯЗ» и в самое последнее время—марки «Я4». Лит.: см. Автомобиль, Автомобильный двигатель и Газосис. И. Малышев.

**ГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ**, см. Механизация горных работ.

**ГРУНТ** в строительном деле, слой земли, на котором закладывается фундамент строения. Г. классифицируются по их свойствам, имеющим значение в областях их применения. Для оценки технической пригодности Г. имеют значение: 1) связность (сцепление), т. е. прочность связи между частями Г., 2) размер и форма частиц, 3) однородность состава, 4) коэфф. трения одной части массы Г. по другой (угол естественного откоса), 5) влажность и влагоемкость, т. е. наличие количество воды в Г. и то ее максимальное количество, к-рое Г. может принять (в % от сухого веса), 6) водопроницаемость, 7) водоудерживающая способность, т. е. способность Г. удерживать поглощенную воду вопреки действию сил, направленных к ее удалению, 8) размываемость, 9) растворимость в воде, 10) пластичность, 11) сжимаемость, 12) разрыхляемость.

В земляных работах по устройству оснований для фундаментов сооружений, разработке выемок и возведению насыпей Г. классифицируются по степени их прочности, или, что то же, по степени трудности их работки. Прежде всего Г. делятся на две основные группы: Г. скалистые и рыхлые, с промежуточной между ними группой Г. скалистых разрушенных, состоящих из скопления отдельных камней, между собой не связанных, или же сцементированных посторонними примесями (конгломераты).

Скалистые неразрушен. Г. подразделяются на сплошные и слоистые. Сплошные скалистые Г., по своему происхождению преимущественно изверженные, имеют кристаллич. структуру и по химическ. составу и минералогическому строению разделяются на полево-шпатовые (гранит, гнейс, порфир) и рогово-обманковые (сиенит, диабаз, диорит, базальт). Эти Г. отличаются значительной плотностью (объем пор не больше 1%) и ничтожной влагоемкостью (0,1—1%). Слоистые скалистые Г. принадлежат к осадочным породам, по строению и химич. составу

подразделяются на песчаники, известняки, доломиты и глинистые сланцы. Прочность этих пород в значительной степени зависит от толщины слоев и характера прослоек. При залегании таких Г. наклонными слоями и наличии глины в прослойках создается опасность сползания одних слоев по другим. Влагоемкость известняков и доломитов довольно велика и колеблется в пределах от 1,5 (плотные известняки) до 40% (мел). Водопроницаемость ничтожно мала (для прохождения водой пласта мела толщиной 1 м требуется ок. 2 дней). При наличии трещин свойства скалистых Г. резко меняются. Трещины в скалистых Г. появляются в результате расширения и сжатия под влиянием изменений  $t^{\circ}$ , а затем увеличиваются под действием замерзающей в этих трещинах воды. Трещиноватые скалистые Г. водопроницаемы и чрезвычайно подвержены выветриванию, т. е. механич. и химич. разрушению от воздействия на них воды, ветра, силы тяжести и органич. агентов.

К рыхлым Г. прежде всего относятся две основн. группы их: пески и глины.

**Пески**,—продукт механич. разрушения первичных горных пород, преимущественно кристаллич. Наиболее распространенными являются кварцевые пески, представляющие чистую кремнекислоту ( $SiO_2$ ). Полевшпатовые, известковые и другие пески встречаются реже. По происхождению и месту залегания пески подразделяются на: 1) ледниковые отложения песков, всегда неправильно слоистые, тонкослойные, гл. обр. кварцевые, преимущественно белые или красноватые; 2) морские, правильно слоистые, залегающие слоями большой мощности с зернами округленной формы и прослойками из гравия и глины, часто также с примесью раковин; 3) речные, с сильно окатанными зернами, с примесью ила; 4) овражные, с зернами слабо окатанными, неправильно слоистые, обычно тонкослойные, но иногда залегающие и мощными слоями; 5) горные, зерна остроугольной формы (совершенно неокатанные), т. к. эти пески залегают в местах своего образования; 6) дюнные, или эоловые, отложенные ветром в дюнах (морских, речных или материковых); в зависимости от силы ветра, наносящего эти пески, зерна колеблются от 0,1 до 0,5 мм.

**Глины**—продукт механического и химического разложения кристаллических пород, содержащих полевой шпат (см. *Глина*). Г., состоящие из смеси глины и песка, называются суглинками (когда глины не меньше 20%) и супесками (когда глины в смеси не более 15%).

**Лёсс**—мелкозернистый Г., состоящий из кварцевой пыли (ок. 60%), извести (10—20%), глины (5—10%), окиси железа (5—10%). Этот Г. атмосферного происхождения, залегает значительными массами на Украине и в Средней Азии; обладает большой влагоемкостью (до 40%); в сухом состоянии сцепление лёссовой массы значительно, но при увеличении влажности сцепление пропадает. Лёсс чрезвычайно легко размывается.

**Мергель**—глина с примесью углекислой извести (а иногда и магнезии). В сухом состоянии и естественных залежах обладает значительной твердостью. Очень гигроскопичен; напитываясь водой, превращается в полужидкое тесто, которое затем при высыхании распадается в тончайший порошок.

**Растительный Г.** находится лишь в поверхностной толще земной коры, выветрившейся под действием воздуха, воды,  $t^{\circ}$ , а также организмов, в особенности микроорганизмов. Необходимой составной частью растительного Г. является перегной, или гумус, получающийся из омертвевших растительных и животных остатков в результате деятельности микроорганизмов. Из разновидностей растительного Г. чаще всего встречается чернозем, богатый гумусом (от 5 до 15%); минеральную часть его составляют песок (40—70%), глина (15—40%) и известь (1—2%). Песчаные зерна чернозема—размера пыли. Влагоемкость растительного грунта очень велика (40—50%). Связность от присутствия гумуса увеличивается, но при влажности более 20% резко падают как связность, так и коэфф. трения, отчего растительная земля, напитанная водой, превращается в грязь. К растительным Г. относятся также торф—продукт разложения растений под водой без доступа воздуха и растительный ил—остатки водных растений и животных, осевшие в виде тончайшей мути на дне морей, озер, рек и болот. Примесь ила к песку чрезвычайно понижает коэфф. трения песка, и такой иловатый песок с водой превращается в плывун, совершенно неспособный держаться в откосе и распыляющийся, как жидкость.

При выкапывании естественно сложившихся Г. разрыхление их достигает 20—30%, но затем в насыпях это разрыхление уменьшается от осадки, остающееся же разрыхление бывает: при песке 1—1,5%, суглинках 3%, жирной глине 6—7%. Вес единицы объема Г. зависит от степени его разрыхления и влажности (табл. 1).

Табл. 1.—Приблизительный вес 1 м<sup>3</sup> грунта в кг.

Грунт	В рыхлом состоянии, влажный	Утрамбованный, плотный	Мокрый, напитанный водой
Скала . . . . .	—	2 400—3 000	—
Песок, гравий . . . . .	1 500—1 600	—	1 800—2 000
Глина . . . . .	1 500	1 700	1 900
Растительная земля . . . . .	1 400	1 700	1 800
Торф . . . . .	700—800	—	900—1 000

В рыхлых Г., представляющих собою гл. обр. многообразные смеси песка и глины, их свойства определяются свойствами этих двух Г. Основное физическ. различие между глиной и песком заключается в размере и форме частиц этих Г., при чем форма частиц в известной степени обуславливается петрографическим составом их. По механич. элементам рыхлые Г. классифицируются так:

При частицах > 20 мм . . . . .	галъна
» » от 20 » до 2,0 мм . . . . .	гравий
» » » 2,0 » » 0,5 » . . . . .	крупный песок
» » » 0,5 » » 0,25 » . . . . .	средний »
» » » 0,25 » » 0,05 » . . . . .	мелкий »
» » » 0,05 » » 0,005 » . . . . .	мелкая пыль
» » < 0,005 » . . . . .	глина

Частицы (зерна) песка м. б. круглыми или угловатыми, гладкими или шероховатыми, но непременное свойство, отличающее их от частиц глин, это—компактность и жесткость, тогда как частицы глины гибкие, чешуеобразные. Этим различием в структуре объясняется различие во всех свойствах этих Г. и, прежде всего, в их отношении к воде.

Вода оказывает совершенно исключительное влияние на свойства Г. Помимо свободного и воды, т. е. протекающей через Г. в зависимости от его водопроницаемости, вода в Г. может быть трех видов. Гигроскопическая влага—результат конденсации паров воздуха на поверхности частиц—при прочих равных условиях увеличивается для Г. с более мелкими частицами; например, при 21° гигроскопич. влага для пыли будет ок. 7%, а для глины—до 17% (для песка, в зависимости от его крупности, не больше 1%). Молекулярная влагоемкость представляет собою ту воду, к-рая, вопреки действию силы тяжести, задерживается молекулярными силами вокруг частиц; она также находится в зависимости от общей поверхности частиц: для песка не больше 3%, для глины до 30%. Капиллярная влажность поддерживается поверхностным натяжением в капиллярах (мельчайших ходах между частицами Г.); она тем больше, чем капилляры тоньше, т. е. чем мельче частицы Г. Поднятие по капиллярам может достигнуть нескольких м, при чем наибольшая капиллярная влажность колеблется от 44% для глины до 10% для песка. Капиллярная влажность Г. имеет большое значение для состояния земляного полотна дорог. Так, грунтовые дороги, поднятые на незначительную высоту над горизонтом воды, никогда не просыхают, и их совершенно не удается содержать в проезжем состоянии. Полная влагоемкость грунта колеблется от 30 до 40% для песка и достигает 75% для глин, при чем наибольшая влагоемкость песка соответствует объему пор, глины же принимают воды приблизительно на 50% больше объема пор (разбухают). Способность Г. пропускать воду (водопроницаемость) также находится в зависимости от крупности зерен: крупнозернистые пески хорошо проводят воду, мелкозернистые малопроницаемы для воды, глины почти совершенно водонепроницаемы. При наличии текущей воды Г. размываются (частицы их увлекаются водой), при чем этот размыв начинается для глины при скорости течения в 15 см/сек. для песка—30 см/сек, гравия—60 см/сек. Остальные различия в физических свойствах песка и глины сводятся к следующему: 1) пески при высыхании не уменьшаются в объеме, глины же уменьшаются; 2) пески в чистом виде имеют ничтожную связность, глины же обладают в зависимости от влажности значительной связностью; 3) пески не пластичны, глины пластичны; 4) пески почти немедленно после приложения силы сжимаются, глины же под действием внешней нагрузки очень медленно сжимаются; 5) степень сжимаемости песков ничтожна, глины, наоборот, сильно сжимаемы.

Связность, трение, пластичность, водопроницаемость—все эти физическ. свойства Г., влияющие на их технич. пригодность, находятся в зависимости не только от структуры Г., но и от его влажности. При переходе от сухого Г. к слегка влажному связность несколько повышается, но при дальнейшем увеличении влажности она падает, и при влажности, близкой к заполнению всей влагоемкости, Г. расплывается. Коэффициент трения, обуславливающий вместе со связностью способность Г. держаться в откосе, с повышением влажности понижается. Таким падением трения обуславливаются обвалы и сплывы косогоров и откосов выемок по наклонным пластам глины, «намыленным» просочившейся водой. Углы естественного откоса для разных Г. приведены в табл. 2. Пластичность глин имеет место только в границах влажности, определяемых

Табл. 2.—Углы естественного откоса для разных грунтов.

Грунт	Угол естественного откоса в градусах		
	грунт сухой	грунт мокрый	грунт влажный
Гравий . . . . .	40	35	30
Песок крупный, чистый . . . . .	32	32	27
Песок средний . . . . .	28	35	25
Песок мелкий . . . . .	25	30	20
Песок глинистый . . . . .	35	35	20
Глина чистая . . . . .	45	35	15
Глина с песком . . . . .	50	40	30
Растительная земля . . . . .	40	35	25
Торф . . . . .	40	25	14

пределами пластичности и текучести, т. е. теми количествами влаги в % от веса сухого материала, при которых Г., переставая быть пластичным, начинает крошиться или растрескаться. Водопроницаемость глины, слабая в сухом ее состоянии, по мере насыщения ее водой еще более понижается, и при полном заполнении влагоемкости глина становится совершенно водонепроницаемой.

Всякий Г., могущий по своим свойствам служить естественным основанием для возведения на нем того или иного сооружения, называется материком. От материка требуются: 1) достаточная прочность, 2) малая и равномерная сжимаемость, 3) неразмываемость, 4) достаточная мощность, 5) невыветриваемость. Достаточная прочность определяется соотношением между весом сооружения, приходящимся на 1 см<sup>2</sup> площади основания, и допускаемым на такую же площадь данного Г. давлением. Величина допускаемого давления находится в зависимости не только от свойств Г., но и от характера действия на него нагрузки и глины заложения фундамента. По нормам Научно-технического комитета НКПС давление на Г. при глубине заложения основания до 2,5 м от поверхности земли не должно превосходить

для мергелистого сухого грунта . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	5
» » влажного грунта . . . . .		3
» глинистого сухого плотного грунта . . . . .		5
» » влажного » . . . . .		2
» » слабого » . . . . .		1

	кг/см <sup>2</sup>
для гравия и крупного песка . . . . .	6
» плотного слежавшегося сухого песка . . . . .	4
» сухого чистого песка . . . . .	2
» скалы независимо от глубины заложения основания, при условии снятия выветрившегося слоя:	
а) твердой сплошной скалы . . . . .	30
б) скалы среднего качества . . . . .	15
в) скалы слабого качества . . . . .	8

При углублении фундамента в глинистый или песчаный Г. на глубину более 2,5 м указанные допускаемые давления на его подошву м. б. повышены на основании результатов опытов, но при углублении в Г.: а) от 2,5 до 5 м не более как на 0,10 кг/см<sup>2</sup> на каждый м глубины, считая от поверхности Г. или от межени водотоков; б) от 5 до 10 м—на 0,20 кг/см<sup>2</sup> на каждый м углубления свыше 5 м; в) свыше 10 м—на 0,25 кг/см<sup>2</sup> на каждый м углубления свыше 10 м.

Все Г. более или менее сжимаемы, и строительная техника требует лишь, чтобы эта сжимаемость была достаточно мала и в особенности равномерна по всей поверхности основания. Лучшими в этом отношении Г. являются скалистые сплошные и слоистые, а также плотно слежавшиеся Г.: скалистые обломочные, песчаные крупнозернистые и плотные глинистые (мергель); совершенно непригодны—растительная земля, торф, а также всякого рода насыпные и наносные Г. Тонкослойный грунт под действием на него нагрузки может расстроиться, вдавливаясь в нижележащий слой слабого Г. Поэтому для рыхлых Г. (песчаных и глинистых) толщина слоя д. б. не менее 6 м, для скалистых разрушенных—не менее 4,5 м и для скалистых сплошных и слоистых—не менее 3,5 м. Особую опасность для оснований представляет вода, подверженная замерзанию и связанному с этим расширению. Для предотвращения вредных последствий этого явления глубина заложения фундаментов должна быть ниже глубины промерзания.

Для возможности возведения сооружений на слабых Г. прибегают к их укреплению. Если имеется опасение размыва Г., место расположения фундамента ограждают шпунтовой стенкой с каменной наброской или фашиными тыфяками снаружи для предохранения шпунта от подмыва. Слабый Г. уплотняют трамбованием или втрамбованием в него слоя щебня, но чаще всего забивкой свай. При сооружении земляного полотна дорог к Г., помимо водопроницаемости, а равно малой и равномерной сжимаемости, предъявляется еще требование равномерной передачи давления. Всем этим условиям удовлетворяет крупнозернистый песок, являющийся лучшим материалом для устройства насыпей. Особые требования предъявляются к Г. при устройстве т. н. грунтовых дорог, т. е. дорог без каменной или иной одежды. Для таких дорог лучшими Г. являются песчано-глинистые смеси, так как жирная глина и чистый песок непригодны для восприятия непосредственных давлений от колес экипажа. Пропорции смеси, дающей лучшие результаты, устанавливаются путем лабораторных исследований как Г., из которого состоит дорога, подлежащая улучшению, так и имеющихся в данной местности глины и песка. Этими исследованиями уста-

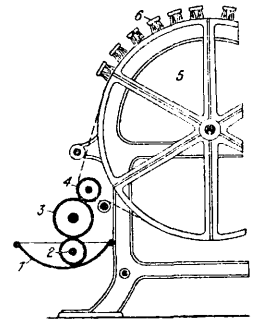
навливаются имеющие значение в условиях службы дороги следующие свойства: 1) скорость и характер размокания, 2) скорость просачивания воды, 3) сопротивление вдавливанию в разных состояниях влажности, 4) степень прилипания Г. при условиях различного увлажнения и 5) сопротивление раздавливанию в сухом состоянии.

Грунтом в живописи называется специально подготовленный слой материала, по к-рому пишут красками. Грунт обыкновенно наносится на доски (ореховые, липовые, тополевые, красного дерева и прочие), на холст (полотно), картон, бумагу, металл и пр. Прочность картины во многом зависит от качества грунта. Для приготовления грунта употребляют животный клей, казеин, яичный альбумин, желатину, мел, гипс, масла, белила и другие материалы.

Грунт в малярном деле, см. *Малярное дело*.

Лит.: М у ш к е т о в И., Физич. геология, СПб, 1899—1906; Б е р н а ц к и й Л. Н., Условий устойчивости земляных масс, М., 1925; Т е р ц а г и К., Основания механики грунтов, М., 1926; Грунты и почвы в дорожном деле, Сборник статей, М., 1926; К и п л и н Д. И., Труды Всероссийск. съезда художников, декабрь 1911—январь 1912, т. 2, СПб, 1914; В и б е р, Живопись и ее средства (с приложением ст. Киплина Д. И. О технике живописи), пер. с нем., изд. Нов. общества художников; T e r z a g h i K., Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage, Leipzig u. Wien, 1925. И. Ратнер.

**ГРУНТОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ** служат для производства хромовых, иллюстрационных, так наз. меловых, фотографических, а также цветных бумаг и обойных фонов и глянцев. Строят Г. м. трех типов: ролевые, листовые и двусторонние. Производство их сосредоточено почти исключительно в Германии, где впервые была построена цилиндрическая красильная машина с автоматическ. сушильным аппаратом. Машина отличается сложной конструкцией и состоит из собственно Г. м., сушильного аппарата и накатывального станка, связанных общим мотором и трансмиссией. Краска наносится посредством аппарата (см. фиг.), состоящего из медного корыта 1 для подогревания краски; в корыте помещается купающийся в краске валик 2, к нему прикасается второй—3, обтянутый шерстяным чулком; выше помещается еще один прижимной валик 4. Бумага проходит между суконным и прижимным валиками, принимая на себя краску с сукна. Расстояние между валиками можно изменять посредством винтов, чем достигается регулирование количества наносимой на бумагу краски. Обыкновенный нанос для печатных бумаг составляет 40—45 г/м<sup>2</sup>. Далее бумага идет вертикально на барабан 5 диаметром в 1 м, где щетками 6 краска разравнивается. Щеток семь, из которых три неподвижны, а четыре приводятся посредством эксцентриков в горизонтальное движение. Первая неподвижная щетка—самая жесткая, последующие—все более и более мягкие; седьмая,



самая мягкая, делается из барсучьего волоса. С барабана бумага снимается пневматическим столиком, по к-рому бежит бесконечное полотно, к к-рому присасывается бумага. Спускающееся со столика окрашенное мокрое полотно бумаги подхватывается палочками, которые несут его к потолку, и падает там на движущуюся бесконечную цепь. Благодаря определенным интервалам, с к-рыми палочки подходят к пневматическому столу, бумага висит петлями одинаковой длины. Движение палочки от грунтовой до накачивального ступка нормально продолжается около часа, и за это время бумага должна высохнуть при не очень высокой температуре (до 30°); этим определяется необходимая длина сушилки. На германских фабриках с рационально поставленным производством сушильные камеры имеют не менее 60 м в длину. Такая длина при высоте 4 м и при хорошо устроенной вентиляции дает возможность без перегрева бумаги использовать всю производительность машины, достигающую 50—55 п. м в мин., что составляет 65—70 стоп за 8 ч. для формата в 72 см. Просохшая бумага поступает на накачивальный станок, снабженный направляющими валиками и круглыми ножками для продольной резки и обрезки кромок. Вся описанная система машин приводится в движение мотором в 3 HP.

Для окраски особенно плотных бумаг и картона применяется листовая Г. м. Листы картона кладут на бесконечное резиновое полотно, несущее их под наносный аппарат, состоящий из бесконечного шерстяного полотнища, одной стороной прикасающегося к купающемуся в корыте с краской валику, а другой—к окрашиваемому картону. Регулирование наноса достигается большим или меньшим прижатием несущего краску полотна к картону и к купающемуся в корыте валику. Краска разравнивается пятью щетками; затем листы складываются на рамках для высушивания. Двусторонние бумаги грунтовались прежде на обыкновенной машине—одна сторона за другой. Этот способ сохранился только для бумаг, от которых требуется разный цвет сторон; однотонные бумаги красятся на специальной машине, при чем краска наносится на обе стороны сразу. Бумага, проходя через корыто с краской, отжимается от излишней краски двумя резиновыми валиками и поступает между двух рядов щеток, которые разравнивают нанос. Далее бумага подымается в вертикальную шахту до 17 м высотой, где током горячего воздуха краска настолько подсушивается, что бумага может поступить на палочки для окончательной просушки. Эта система, однако, очень неудобна вследствие трудности заправки, требует многоэтажного корпуса или особой башни и дает много брака, т. к. мокрая бумага часто обрывается от тяжести. В 1899 г. фирма Флинч запатентовала машину с горизонтальным сушильным аппаратом. Аппарат представляет собою ящик длиною в 28 м; бумага проходит над отверстиями, из к-рых дует горячий воздух, который, подсушивая бумагу, вместе с тем держит ее в парящем положении, а затем снова поступает в ка-

лорифер, благодаря чему получается некрая экономия в топливе. Пройдя в таких условиях 28 м, бумага настолько подсыхает, что без вреда для окраски может поступать на палочки сушильной камеры для окончательной сушки.

Лит.: Weichelt A., Buntpapier-Fabrikation, 3 Auflage, Berlin, 1927.

Д. Виноуров.

**ГРУНТОВАЯ ВОДА**, вода под водонепроницаемым пластом. Она отличается незначительными колебаниями  $t^{\circ}$ , отсутствием загрязняющих органических веществ и бактериями, к-рые наблюдаются лишь как исключение. Благодаря естественной фильтрации через почву, Г. в. настолько чисты, что м. б. употребляемы для питья и в пищу без всякой предварительной очистки. Вот почему применение Г. в. для водоснабжения является желательным как с гигиенич. так и с экономич. точек зрения. Содержание минеральных примесей в Г. в. зависит от пород тех пластов почвы, по которым они движутся. Если слои состоят из силикатов, гранита, кварца, полевого шпата, то вода мало растворяет их и потому бедна минеральными веществами. Проходя слои известняка, мела, доломита, вода делается богатой известью и магнезией, а после прохождения через слои каменной соли и гипса содержит хлориды и сульфаты. Чем больше путь, пройденный водой по водоносным пластам, чем разнообразнее состав этих пластов, тем больше минеральных веществ в воде. Грунтовые воды, двигаясь по пласту, выбиваются иногда самостоятельно на дневную поверхность, образуя ключи, дающие ключевую воду. Грунтовая вода, добываемая буровыми скважинами (см. *Бурение*) и находящаяся в них под напором, иногда выбрасывающую воду по трубам выше дневной поверхности, называется артезианской. См. *Вода*.

Лит.: Брилинг С. Р., Краткое руководство по водоснабжению, 2 изд., Москва, 1927; Höfer v. Heimhaldt, Grundwasser u. Quellen, Braunschweig, 1912; Smreker O., Das Grundwasser, B., 1914; Weyrauch R., Die Wasserversorgung d. Städte, Leipzig, 1916.

С. Брилинг.

**ГРУНТОВКА**, наведение первого слоя краски после шпаклевки на дереве, металле, камне и других строительных материалах. Для Г. берут более разжиженную краску, чем для окончательной окраски. Г. дает краскам возможность ровно ложиться на окрашенной поверхности; без Г. на окрашиваемой поверхности образуются пажухлости, т. е. пятна, окраска которых принимает матовый оттенок (см. *Маллярное дело*).

Лит.: Врем. справочник для составления производств. смет на маллярные работы, 2 изд., М., 1927; Энцикл. словарь т-ва бр. Гранат, М., 1915; Пирон М. К., Как надо строить дома. Практич. строительств. искусство, М., 1912.

М. Шер.

**ГРУНТОВЫЕ ДОРОГИ**, см. *Дороги*.

**ГРУНТОВЫЕ КРАСКИ**, минеральные краски в сильно разведенном состоянии; применяются для нанесения первоначального грунта под определенный колер для придания ему глубины и чистоты тона. Растворителями Г. к. служат невареные масла, олифа, вода, водные растворы казеина, клея, камеди. Приготавливаются Г. к. машинным способом, пропусканием через *краскотерку* (см.), и ручным. Г. к., приготовленные машинным способом, имеют преимущество

вследствие большей однородности массы: при нанесении на поверхность окрашиваемого предмета они кроют ровным слоем. Г. к. для окраски металлических частей сильно разбавляют олифой: на 8 кг сухой тертой краски берут 10—12 кг олифы (для лучшего приставания и проникания краски во все неровности окрашиваемого предмета). Но не при всех окрасках берут Г. к. того цвета, которым будет окрашен предмет; так, напр., при окрашивании медяной для грунтового слоя берут либо свинцовые белила, либо специальную зеленую Г. к., состоящую из смеси свинцовых белил, шпата и хромовой зелени. При окраске деревянных предметов масляными красками для нанесения грунтового слоя применяют краски, приготовленные на металлизированной олифе, содержащей определенный % меди. При окраске известковыми Г. к. к раствору последних для прочности прибавляют казеин, кровь и мыло от 10 до 20%, в зависимости от свойств основной минеральной краски. При работах с казеиновыми Г. к. к раствору их прибавляют мыло, олифу или эмульсию (олифа + нашатырный спирт). В живописи Г. к. служат для нанесения первоначального слоя краски на холсте, дереве, металле, бумаге или картоне, по которому уже накладывают требуемые тона выполняемого рисунка. См. *Маллярное дело*.

С. Михайлов.

**ГРУППА**, понятие, введенное в математику в 19 веке и получившее, особенно за последнее время, широкое применение в различных ее областях.

Рассмотрим в качестве примера Г. перестановок. Пусть дано конечное число элементов, напр., цифр: 1, 2, 3. Известно, что из этих цифр можно сделать  $3! = 6$  различных перестановок, а именно 123, 231, 312, 132, 321, 213. Перейдем от перестановки 123, которую считаем начальной, к перестановке 312. Переход состоит в том, что цифру 1 заменим 3,  $2 \rightarrow 1$  и  $3 \rightarrow 2$ ; эту замену назовем операцией и обозначим символом  $\begin{pmatrix} 312 \\ 123 \end{pmatrix}$ . При помощи этой же операции можем перейти от перестановки 213 к перестановке 132, от перестановки 321 к 213 и т. д. Т. о., символы  $\begin{pmatrix} 312 \\ 123 \end{pmatrix}$ ,  $\begin{pmatrix} 132 \\ 213 \end{pmatrix}$ ,  $\begin{pmatrix} 213 \\ 321 \end{pmatrix}$  обозначают не разные, а одну и ту же операцию, тогда как  $\begin{pmatrix} 312 \\ 123 \end{pmatrix}$  и  $\begin{pmatrix} 321 \\ 123 \end{pmatrix}$  — символы разных операций. Операция  $\begin{pmatrix} 123 \\ 123 \end{pmatrix}$ , оставляющая все цифры без изменения, называется тождественной операцией. Всего имеем различных операций 6, а именно:

$$\begin{pmatrix} 123 \\ 123 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 231 \\ 123 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 312 \\ 123 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 132 \\ 123 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 321 \\ 123 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 213 \\ 123 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Пусть мы хотим перейти от перестановки 123 к 231, а затем от перестановки 231 к 321. Для этого сначала производим операцию  $\begin{pmatrix} 231 \\ 123 \end{pmatrix}$ , затем  $\begin{pmatrix} 321 \\ 231 \end{pmatrix}$ . Но операция  $\begin{pmatrix} 321 \\ 231 \end{pmatrix}$  тождественна с операцией  $\begin{pmatrix} 123 \\ 231 \end{pmatrix}$  ряда. Поэтому производим последовательно операции  $\begin{pmatrix} 231 \\ 123 \end{pmatrix}$ ,  $\begin{pmatrix} 123 \\ 231 \end{pmatrix}$ . В результате получим операцию  $\begin{pmatrix} 321 \\ 123 \end{pmatrix}$ , т. к. 1 при первой операции перешла в 2, а 2 при второй операции в 3, и т. д. Последовательное проведение двух операций нашего ряда (1) называется умножением опера-

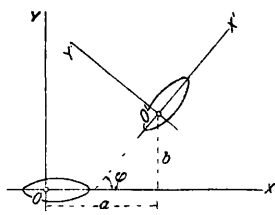
ций, а результат — произведением. Легко проверить, что произведение двух любых операций ряда (1) дает снова некоторую операцию того же ряда. Другими словами, вместо перехода от одной перестановки ко второй, а от второй к некой третьей существует непосредственный переход от первой перестановки к третьей. Совокупность операций, содержащих тождественную операцию и таких, что произведение двух операций совокупности дает операцию той же совокупности, называется группой. Итак, 6 операций ряда (1) образуют Г. (перестановок из 3 элементов). В арифметике и элементарной алгебре произведение не меняется от перемены мест сомножителей:  $3 \cdot 2 = 2 \cdot 3 = 6$ . При умножении операций этот закон переместительности не всегда выполнен, т. е. результат зависит от порядка множителей, напр.:

$$\begin{pmatrix} 231 \\ 123 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 132 \\ 123 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 321 \\ 123 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} 132 \\ 123 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 231 \\ 123 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 213 \\ 123 \end{pmatrix}.$$

Г., в которых закон переместительности операций выполнен, называются переместительными, или абелевыми, Г.

Г. перестановок — пример Г. конечного порядка, т. е. содержащей конечное число операций. Г. конечного порядка играют большую роль в высшей алгебре в вопросе о решении ур-ий высших степеней. Эта теория разработана франц. математиком Галуа. Особенно важную роль играют в этой теории абелевы Г. Кроме Г. конечного порядка, существуют Г. бесконечные, т. е. состоящие из бесконечного числа операций. Наиболее существенным классом таких Г. являются Г. непрерывных преобразований. Предположим, что некоторое твердое тело движется по плоскости, переходя из положения  $A$  в положение  $B$ , а затем из положения  $B$  в положение  $C$ . Ясно, что два перемещения из  $A$  в  $B$  и из  $B$  в  $C$  можно заменить одним перемещением из  $A$  в  $C$  непосредственно. Т. о. движения твердого тела образуют группу, ибо два перемещения (операции), произведен подряд (умножение операций), можно заменить одним перемещением (операцией той же совокупности). Кроме того, если тело остается в покое, то мы имеем тождественную операцию. Так как положений твердого тела на плоскости бесчисленное множество, то группа содержит бесконечное множество операций.

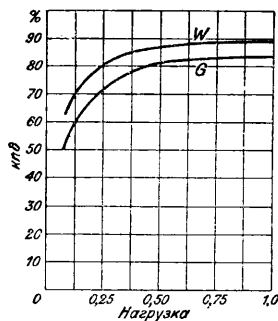
Выразим перемещения в аналитич. форме. Свяжем с начальным положением тела прямоугольную систему координат  $XOY$  (см. фиг.). При перемещении тела в новое положение система координат перейдет в  $X'O'Y'$ . Перемещение тела характеризуется т. о. перемещением системы координат, следовательно, аналитически преобразования Г. движений можно толковать, как преобразования координат. Эти последние даются формулами:  $x' = x \cos \varphi + y \sin \varphi + a$ ;  $y' = x \sin \varphi - y \cos \varphi + b$  (величины  $a$ ,  $b$  и  $\varphi$  указаны на чертеже). Т. к.  $a$ ,  $b$  и  $\varphi$  могут изменяться непрерывно.



то получается непрерывная Г. преобразований, зависящая от трех параметров  $a$ ,  $b$  и  $\varphi$ . Общую теорию Г. непрерывных преобразований развил шведский математик Софус Ли. Теория бесконечных Г., в частности теория непрерывных Г., имеет приложения в геометрии и дифференциальных уравнениях.

Лит.: Граве Д., Теория конечных групп, Киев, 1908; е го же, Курс алгебраического анализа, Киев, 1910; Klein F., Vorlesungen über höhere Geometrie, Berlin, 1926; Lie S., Vorlesungen über Differentialgleichungen mit bekannten infinitesimalen Transformationen, bearb. u. hrsg. v. G. Scheffers, Leipzig, 1891. В. Степанов.

**ГРУППОВОЙ ПРИВОД**, привод, при котором один мотор обслуживает несколько рабочих машин при посредстве промежуточных передач. При Г. п. регулирование числа оборотов мотора не производится; главное достоинство его в том, что число оборотов остается при всех нагрузках почти постоянным. Исключение представляют лишь приводы при работе с машинами, имеющими толчкообразную нагрузку, например, падающий молот. В этих установках для сглаживания толчков, действующих на мотор, применяют особые вращающиеся массы. При этом желательно иметь нек-рое уменьшение числа оборотов мотора при перегрузках, чтобы маховые массы восприняли перегрузочные толчки. Для Г. п. без изменения числа оборотов лучше применять асинхронный мотор, так как он по сравнению с мотором постоянного тока имеет ряд преимуществ: 1) более дешевую стоимость установки, 2) более простой уход и 3) лучший кпд. На фиг. 1 показана кривая кпд асинхронного мотора ( $W$ ) и шунтового мотора постоянного тока ( $G$ ) для равных мощностей и чисел оборотов.



Фиг. 1.

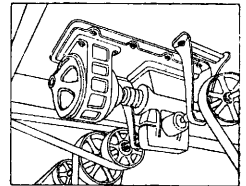
целесообразнее применять компаундный мотор, компаундная обмотка к-рого д. б. рассчитана т. о., чтобы при толчкообразных перегрузках уменьшение числа оборотов мотора доходило до 5—10%.

Установка моторов при Г. п. внизу под трансмиссией требует устройства отвесной ременной передачи, что является неэкономичным; кроме того, при всех подтягиваниях ремня приходится применять вспомогательные конструкции или натяжные ролики. Наиболее рациональным является привод при горизонтальном или почти горизонтальном расположении ременной передачи, но в таких случаях мотор приходится устанавливать на консолях к стене или подвешивать под потолком. Экономически вы-

годно применять быстроходные моторы, так как вес быстроходного мотора значительно меньше, а коэфф. мощности выше, чем тихоходного. Наоборот, бывает выгоднее иметь незначительное число оборотов трансмиссии (для трансмиссий текстильных фабрик число об/м. колеблется от 250 до 500; для деревообделочных мастерских — от 200 до 400; для машиностроительных заводов — от 100 до 200), т. к. мощность холостого хода трансмиссии зависит от числа оборотов и м. б. определена (в НР), приблизительно, по формуле:

$$W = \frac{\mu G \pi d n}{60 \cdot 100 \cdot 75},$$

где  $\mu$  — коэфф. трения (для подсчетов можно принять  $\mu = 0,13$  на основании опытных данных для трансмиссии с диаметром 55 мм; при этом учтены все вредные сопротивления, как то: трение о воздух, некоторая неточность установки и пр.);  $G$  — вес трансмиссии в кг,  $d$  — диам. вала в см;  $n$  — число об/м. Уменьшение числа оборотов трансмиссии м. б.



Фиг. 2.

осуществлено посредством промежуточной ременной, зубчатой или червячной передачи, но при этом, вследствие лишних добавочн. потерь, коэффициент полезного действия привода несколько понижается. На фиг. 2 представлен в виде примера привод с промежуточной червячной передачей (червячное колесо и червяк закрыты кожухом).

Большое затруднение встречается при определении мощности мотора для Г. п. Такое определение возможно лишь опытным путем при помощи установки временного мотора к существующим приводам и записывания потребляемой мощности его или регистрирующим прибором или непрерывной записью показаний приборов. Но это не всегда осуществимо. При проектировании новых установок для определения мощности мотора необходимо знать основные факторы, характеризующие работу машины, а именно: 1) коэфф. нагрузки, 2) коэфф. использования и 3) коэфф. одновременности. Коэффициент использования представляет собой величину, указывающую, насколько использована машина за время одного рабочего периода, где под рабочим периодом подразумевается рабочее время вместе с простоем за определенный промежуток времени. Если обозначим через  $T$  продолжительность рабочего периода и через  $\Sigma t$  чистое рабочее время машины, то коэффициент использования можно выразить через

$$k_u = \frac{\Sigma t}{T} = \frac{\text{рабочее время}}{\text{рабочее время} + \text{простой}}.$$

Напр., для ткацких станков  $k_u$  колеблется от 0,57 до 0,62 (при 10-час. дне). Если обозначить через  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  периоды времени, в течение к-рых мощность станка соответственно равна  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ , то коэфф. нагрузки выразится формулой:

$$k_n = \frac{\Sigma(L_1 t_1 + L_2 t_2 + \dots + L_n t_n)}{\Sigma T L_{cm}};$$

$L_{ст}$  обозначает максимальн. мощность станка. Коэффициент одновременности  $k_o$  представляет собою отношение количества одновременно работающих машин данной группы к общему числу машин. Для различного рода машин коэфф. одновременности весьма различен. Так, например:

Для 11 банкаброшей льняных . . . . .	$k_o \cong 0,91$
» 17 » очесочных . . . . .	$k_o \cong 0,94$
» 20 мокрых ватеров . . . . .	$k_o \cong 0,95$
» 62 мотальных машин . . . . .	$k_o \cong 0,50$

Мощность мотора, работающего на привод, будет равна

$$L_{мот} = k_u \cdot k_n \cdot k_o \cdot \sum L_{ст};$$

полученную таким путем мощность мотора нужно увеличить на величину, соответствующую потерям на передачу.

Потери мощности, затрачиваемые на работу трансмиссий при групповом приводе, зависят не только от передаваемой мощности, но и от других причин, как, напр., от состояния трансмиссий, конструкции подшипников, смазки, диаметра валов, числа оборотов их и проч. Так, если для 13 ватеров нагрузка, в среднем, составляет около 11,5 НР, то на работу привода, считая потери в моторе и на работающие на холостых шкивах ремни, затрачивается ~ 23 НР. Считая потерю в моторе и на ремень от мотора на трансмиссию ~ 6,5 НР, имеем потерю в трансмиссии ~ 16,5 НР, что составляет около 19% передаваемой мощности к станкам. Таков расход на трансмиссию у машин с высоким коэффициентом одновременности; у машин же с низким коэффициентом одновременности этот расход больше; так, например, для мотовки, у которой коэффициент одновременности около 0,5, расход на трансмиссию составляет 40—50% передаваемой мощности.

Преимущества Г. п. перед одиночным: 1) меньшая первоначальная затрата; 2) меньшая стоимость эксплуатации мотора; 3) мощность мотора меньше, чем сумма мощностей отдельных обслуживающих машин; 4) меньшее число ошибочных включений. Недостатки: 1) при работе одной или двух машин, во время праздничной или сверхурочной работы, работает вся трансмиссия, вследствие чего получается низкий общий кпд; 2) изнашивание ремня; 3) большие затраты на трансмиссию, передачу, подшипники, шкив и ремни; 4) загромождение мастерской ремнями между моторами и трансмиссиями и между трансмиссией и рабочими машинами, что увеличивает возможность несчастных случаев; 5) вследствие наличия большого числа ременных передач—худшие условия освещения (дневной свет заслоняется ремнями); 6) трудность ограждения приводных частей станка; 7) при порче мотора—остановка всего привода; 8) большие потери на холостой ход, обусловленные наличием трансмиссий и передач между мотором и рабочими машинами.

Вопрос о выборе того или другого типа привода для каждого случая должен решаться отдельно (см. Привод), но необходимо указать, что в последнее время одиночный привод получает широкое применение благодаря тем недостаткам Г. п., о которых было сказано выше. Кроме того, стан-

ки по металлу, особенно токарные и сверлильные, требуют широкой регулировки скорости, что не м. б. осуществлено при Г. п. Наоборот, на нефтяных промыслах с введением глубоких насосов для добычи нефти Г. п. получает широкое распространение как у нас, так и за границей. При этом соединяют вместе от 6 до 20 насосов, которые посредством эксцентрика приводятся в движение от мотора. Для уменьшения потерь мощности на преодоление трения тяг от эксцентрика до насоса, тяги присоединяют к эксцентрику в диаметральных точках его, при чем, когда плунжер одного насоса находится в верхнем положении, то плунжер другого насоса должен находиться в нижнем положении, чем достигается уравновешивание системы, и потери в передаче становятся незначительными.

Лит.: Иппен Я., Асинхронные моторы трехфазного тока и области их применения, перевод с нем., М., 1925; Луговской Б. И., Электрификация фаб.-зав. предприятий и ж.-д. мастерских, М., 1926; Meiler K., Die Elektromotoren in ihrer Wirkungsweise u. Anwendung, 2 Aufl., В., 1923; Steiner L., Tiefbohrwesen, Förderverfahren u. Elektrotechnik in d. Erdölindustrie, Berlin, 1926. М. Мартынов.

**ГРУША**, *Pirus communis* L., стройное дерево, из сем. *Rosaceae*, второй величины, достигающее высоты до 17 м, с ветвистой пирамидальной формы кроной; ветви снабжены колючками; произрастает в диком состоянии во всей западной Европе, в средней и южной полосах европейской части СССР, а также в Крыму и на Кавказе. Встречается единичными деревьями по опушкам и прогалинам в лесах, а иногда на открытых полях, вдоль дорог, предпочитая плодородную глубокую и влажную почву. Корневая система обладает стержневым корнем и богатым боковым ветвлением. Г. хорошо размножается семенами, отпрысками от корней и отводками. Древесина красно-бурого цвета, твердая и крепкая, с удельным весом 0,72, плотная, хорошо режется во всевозможных направлениях, не коробится, прекрасно полируется, идет на изготовление чертежных принадлежностей, моделей, форм, а также в столярном и токарном деле и для изготовления музыкальных инструментов. Древесина, протравленная в черный цвет, заменяет иногда эбен. Очень ценятся грушевые напльвы. Плоды лесной груши мало съедобны, но после морозов или наступившего брожения в кучах они теряют терпкость и к-ту и становятся пригодными для еды; из них приготавливают сидр и квас. Дикая лесная Г., будучи более выносливой, является прекрасным подвоем для плодовых сортов Г., весьма разнообразных и ценных благодаря доставляем. ими плодам, отличающимся чрезвычайной изменчивостью по величине, форме и вкусовым достоинствам. В степном лесоразведении Г. является одной из ценных древесных пород благодаря своей выносливости как к засушливому климату, так и к засоленности почвы. В лесах Дальнего Востока, Китая, Манчжурии и Японии встречается *Pirus sinensis* Linde; на Кавказе—*Pirus salicifolia* L.; в Крыму и в горных местностях южной Европы произрастает *Pirus eleagnifolia* Pall., доставляющая хороший подвой для культуры карликовых груш. Н. Нобранов.



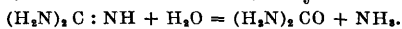
**ГРУШЕВАЯ ЭСSENЦИЯ**, искусственная смесь эфиров, с преобладанием *амилоуксусного эфира* (см.), широко применяется в производствах: фруктовых вод, кондитерском, конфектом и ликерном. Г. э. изготавливается примерно след. обр.: 1) Смесь из 4 вес. ч. амилацетата, 1 вес. ч. уксусноэтилового эфира, 2 вес. ч. азотноэтилового эфира и 13 вес. ч. 90°-ного спирта перегоняют над магниезией; собирается средняя фракция, к-рая еще раз перегоняется над грушевой кожцей (очистками). 2) Смешивают 2 вес. ч. амилацетата, 1 вес. ч. уксусноэтилового эфира, 2 вес. части глицерина и 20 см<sup>3</sup> 90°-ного спирта. Существует большое количество способов приготовления Г. э. В состав, кроме амилацетата (основного запаха) и указанных ингредиентов, могут входить пропионовые, масляные и валериановые эфиры спиртов этилового, пропилового, бутилового, бензилового, а также некоторые натуральные эфирные масла, резинаоры и для придания вкуса органич. кислоты (лимонная, винная и др.).

Лит.: Gerhardt O., *Essenzen u. Aromen*, W.—Lpz., 1925; Walter E., *Manual of the Essence Industry*, N. Y., 1916. **Б. Мансоров.**

**ГРЯЗЕВИКИ**, см. *Котлы паровые.*

**ГУАНИДИН**  $\text{HN}:\text{C} \begin{matrix} \text{NH}_2 \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ , впервые получен

Штрекером из *гуано* (см.) окислением бертолетовой солью в присутствии соляной к-ты (1861 г.). Г. представляет собой бесцветную кристаллич. гигроскопическую массу, легко разлагающуюся при нагревании с едким баритом на аммиак и мочевины:



Г.—сильное основание: он легко притягивает из воздуха угольную к-ту, с минеральными и органич. кислотами дает соли: нитрат Г., пикрат Г. и друг. При замещении водорода спиртовыми остатками он дает различные производные, напр., *акоины* (см. *Акоиновое масло*). В малых количествах Г. получают нагреванием роданистого аммония. Для технич. получения исходят из цианамиды кальция через дицианамид; последний при нагревании с разбавленными к-тами дает Г.

**ГУАНО**, продукт окисления отбросов органического происхождения. Для мирового рынка имело значение Г. из Перу и Чили, где на излюбленных местах стоянки перелетных и морских птиц экскременты их при крайне редких дождях не подвергались разложению и накопились в течение веков. Мировая добыча Г. в 1924 г. составляла 168 000 т. При содержании в нем от 7,5 до 15% N и от 12 до 20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> значение Г. по сравнению с искусственными азотными и фосфорнокислыми удобрениями ничтожно, и это значение будет еще падать как вследствие истощения запасов гуано, так и вследствие роста производства смешанных искусственных удобрений (например, азотнофосфатных или азотнокалийнофосфатных). Действие аммиака в этих удобрениях более длительное и постепенное, чем при применении селитры, и приближается к действию азота в гуано. В ряде случаев, например, при культуре хлопка и риса, органические соединения, постепенно освобождающие азот в процессе минерализации, имеют преимущество перед селитрой, которая легко вымывается.

В наших условиях представляет интерес рыбное Г., на изготовление к-рого идут отбросы трескового промысла на Мурмане и Белом море. Эти отбросы шли раньше для переработки на норвежск. з-ды. Рыбное Г. содержит от 10 до 11% N и 7—8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. За последние годы с развитием на Черном море дельфинового промысла возникает вопрос об использовании отбросов производства жира дельфинов для изготовления рыбного гуано. Черноморский научно-исследовательский институт предпринял испытания этих отбросов в качестве удобрения.

Близок к Г. голубиный помет. В нем содержится от 5 до 6% N и от 7 до 14% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. При небольшом количестве голубино-го помета его можно употреблять под огородные или приусадебные культуры, внося от 6,6 до 17,9 кг на 1 а; при больших количествах (600—1 600 кг на 1 га) он может заменить хорошую норму навоза. Как и при внесении навоза, необходимо заботиться о равномерном распределении и своевременной запашке его. Более быстра, чем в навозе, минерализация азота и фосфора в голубином помете заставляет предпочтительно вносить его под более требовательные и ценные культуры (турнепс, свекла, картофель и т. п.).

Лит.: Прянишников Д. Н., *Учение об удобрениях*, 5 изд., Берлин, 1922. **Д. Дружинин.**

**ГУБНА**, особый вид дисперсной системы, состоящий из взаимнопроникающих друг друга трехмерных сеток с поверхностями весьма высокого порядка связности, при чем одна сетка представляет собой фазу твердую и весьма упругую, а другая—газообразную или жидкую. Г. бывает как естественные, например, морские, пресноводные, люфа, так и искусственные (резиновые, целлюлозные). Техническая функция Г. вытекает из ее пористости и сжимаемости и выражается в применении Г. для всасывания жидкостей для чистки, мытья и тепло- и электроизоляции.

**Морская губка.** Морская естественная Г. [4] представляет собою специально обработанный скелет нек-рых видов морских животных из класса губок (Porifera или Spongiae). Состав их скелета не вполне устойчив, и между известковыми, кремневыми, роговыми и бесскелетными (слизистыми) Г. даже в пределах одного и того же вида наблюдаются промежуточные звенья. Скелет губки развивается в студенистом промежуточном слое Г. (мезодерма) деятельностью особых клеток (склеробластов) за счет протоплазмы этих клеток. Он состоит либо из углекислого кальция (известковые губки—Calcispongiae), либо из кремнекислоты (кремневые губки—Silicispongiae), либо из кремнекислоты и особого белкового вещества—спонгина (Halichondriae). Количество последнего может возрастать за счет кремнекислоты, даже до полного ее вытеснения; в последнем случае губки носят название роговых (Ceratospongiae). Последняя группа имеет особенно большое техническое применение.

По хим. составу спонгин весьма близок к шелку. Он относится к числу коллагенов, т. е. имеет большое содержание азота, не содержит ароматич. ядер и при гидролитич. распадении не дает тирозина. Однако, он

гораздо устойчивее по отношению к едкому натру и баритовой воде, чем настоящие коллагены. При полном гидролизе кипячением с разведенной серною к-тою образуется лейцин и гликоколь. Эмпирич. ф-ла спонгина  $C_{36}H_{46}N_9O_{13}$ . Волокна сетки роговой Г. представляют собою очень тонкие нити с мягкой сердцевинкой, охватываемые трубкою из концентрических слоев спонгина. Эти нити ветвятся, анастомозируют между собою, или переплетаются, и таким образом образуется прочный упругий остов. В исключительных случаях спонгин откладывается в виде иглы или отдельных нитей.

Морские Г. встречаются во всех морях и на всех глубинах, от береговой зоны приливов и отливов и до наибольших глубин океана; но настоящие роговые Г.—почти исключительно обитатели мелководных побережий и не найдены глубже 800 м. Они поселяются на различных подводных предметах, в иле, песке, на камнях, на водорослях, раковинах и т. д. У берегов Далмации и с. Африки ловцы Г. добывают их с глубины 10—15 м особыми черпалками или непосредственно ныряя в воду; у западных берегов Малой Азии ловля Г. производится драгою с глубины 150—200 м. При ловле Г. гарпунным применяется масло, успокаивающее морскую поверхность, так что делается видимою поверхность дна; во Флориде применяется особый прибор, состоящий из погружаемой в воду деревянной трубки со стеклянным окном; в нек-рых случаях, наконец, применяют водолазное снаряжение (скафандр). Ныряние для ловли Г. ведет к профессиональному заболеванию губколовов. Добыча Г. ведется главн. образом по берегам Средиземного моря, особенно в восточной части его, а также в Красном море, в Торресовом проливе и у южных берегов Австралии.

Из видов, имеющих промышленное значение, особенно важны: греческая (*Euspongia officinalis*), цимокка (*E. zimosca*) и конская (*Hippospongia*), вылавливаемая гл. обр. в восточной части Средиземного моря. Торговые названия сортов Г. имеют в виду не только зоологический вид, но и географич. место добычи, т. к. технич. качества одного и того же вида меняются в зависимости от месторождения. Наиболее легко отличима конская Г.; она имеет значительный размер, обычно не менее 30 см в поперечнике (иногда даже 50 см); ее роговые волокна образуют плотную ткань, но вследствие тонкой волокнистости она легко разрывается и может сжиматься до весьма малого объема. Окраска ее—обыкновенно соломенно-желтая, но нередко красноватая или темнокоричневая. В отличие от конской Г., цимокка и греческая Г. имеют меньший размер—ок. 15 см; волокнистая ткань их гораздо более однородна и пронизана узкими каналами круглого сечения, разветвляющимися древовидно. Внешняя форма цимокки и греческой Г. изменчива; у цимокки часто встречаются плоские, тарелкообразные особи, а у греческой Г.—массивные закругленные и бокалообразные. Более устойчиво различие этих Г. по характеру их волокнистой ткани: у греческой губки она нежнее и более сжимаема; у цимокки же ткань крепче и плотнее.

Наилучшим качеством обладают левантинские Г., добываемые у берегов Сирии; к хорошим сортам относятся также даламатские. Те и другие принадлежат к виду *Euspongia officinalis*. Т. н. островные Г. отличаются нежностью ткани и правильной формою; они относятся к видам греческих и конских. У устья Нила добывается коротковолокнистый сорт барбари; близ Триполи—длинноволокнистый темный сорт бенгази; от Триполи до Цеуты встречаются лишь конские Г. Вест-Индские Г. поступают на рынок под названием багамских; они напоминают средиземноморские виды: перчаточная Г. походит на греческую; шерстяная Г.—на конскую, твердая головная—на цимокку. Багамские губки относятся к невысоким сортам; еще хуже, в частности вследствие своей хрупкости, австралийские и бермудские Г. Главный центр экспорта Г.—Триесте, со средним ежегодным вывозом (в 90-х годах 19 в.) 336 т; другие значительные рынки—Смирна, Триполи, Венеция, Ливорно, а для американских—Лондон.

Систематич. исследование Г. и техническая ценность этого материала побудили в 1863—72 годах известного спонгиолога Г. О. Шмидта предпринять опыты искусственного разведения Г. Пойманые губки разрезывали на куски и прикрепляли ко дну прорытых деревянных ящиков, к камням, или надевали на покрытую каучуком медную проволоку и опускали на глубину 5—7 м. Губки скоро прирастали и развивались. Опыты Шмидта доказали возможность культуры Г., но при этом выяснилась также необходимость вложения значительного капитала, т. к. губки растут медленно и достигают промышленных размеров не ранее как через 7 лет.

Выловленные губки должны быть подвергнуты обработке с целью удаления известковых включений и корки, извлечения слизистого тела животного (саркады) и придания роговому скелету светлой окраски [2, 3]. Предварительно Г. выколачиваются. Известковые образования удаляют погружением Г. в слабый подогретый раствор соды, а затем—в 10%-ную соляную к-ту, пока не прекратится выделение углекислоты. Отбелка производится различными способами: сернистым газом, марганцевокислым калием, перекисью водорода, серноватистокислым натрием (см. *Беление*). Бурые пятна на губке удаляют длительным выдерживанием Г. в 2%-ном растворе шавелевой к-ты.

Отличительное свойство Г.—неразбухаемость ее волокон в воде и других жидкостях, так что всасывание воды происходит в ней только в силу капиллярности и атмосферного давления. Тонкая Г. поглощает до 324% воды, а грубая—до 630%, тогда как хлопковая ткань способна впитать лишь до 495%, а льняная—до 561%. Спонгин отличается значительною стойкостью и нерастворимостью в воде, спирте, скипидаре и т. д.; кратковременное воздействие щелочей не влияет на него. Напротив, длительное действие щелочей, мыльной воды и даже чистой воды сообщает спонгиновым волокнам мягкость и слизистость, особенно при нагревании. Можно восстановить первоначальные свойства губки промывкою и сильным разминанием в 90%-ном растворе соды с последующей промывкою водою. Другой способ заключается в посыпании влажной Г. хлористым кальцием, разминании ее

и промывке. Пропитанные жирными веществами Г. отмываются в соответственных растворителях: бензине или четыреххлористом углеводе, а затем в растворе соды или щелочи с немедленной после того промывкою в воде. Сильное нагревание Г. ведет к слипанию волокон и уменьшению ее пористости. Сравнительно с другими материалами той же технич. функции Г. весьма долговечна и механически прочна. Ее упругость и мягкость делают ее незаменимой при необходимости обмыть поверхность, на которой имеются впадины и выпуклости, при чем Г. находит применение не только в домашнем обиходе, но и в промышленности. Более широкому применению Г., несмотря на чрезвычайно ценные технич. качества, препятствует ее сравнительно высокая цена. Г. применяется также в виде обрезков и отбросов в качестве прекрасного теплового изолятора и входит в состав нек-рых электроизоляционных масс. Обрезки Г. применяются также в производстве таких изделий, как рукавицы, полотенца и т. п. предметы для мытья: обрезки Г. вываривают в растворе соды и после промывки обрабатывают разбавленной кислотой, от чего они размягчаются и могут быть соединяемы в одно целое с растительными или животными волокнами [4].

Пресноводная Г., бодяга, или бадяга, применяется в народной медицине, в виде рыхлого зелено-бурого порошка из кремневых игол скелета, для натирания кожи при ревматизме, а также в народной косметике как румяна. Сюда относятся: речная бодяга (*Spongia fluviatilis*, *Spongia Ephydatia fluviatilis*) и озерная бодяга (*S. lacustris*). Оба вида принадлежат к классу кремневых, к отряду Г. с четырехосными иглами (*Tetrahoxoniae*), семейства *Spongillidae*. В их скелете, наряду с кремнекислотою, имеется неогорого количество спонгина.

**Сурrogate морских губок.** Целлюлозные Г. Целлюлоза в естественном виде применяется для Г. гл. обр. в виде люфы (плодовые волокна *Luffa aegyptica*, *Luffa petola*). Такая Г. извлекается из подгнившего плода, выколачивается, вымывается, окисляется слабым раствором перманганата и отбеливается сульфитом натрия и соляной к-той [4]. Отбелка может производиться также серной к-той или хлорной известью, особенно в присутствии уксусной или соляной кислот. Однако рекомендуется применять слабые растворы, чтобы не сделать Г. ломкими [6]. Ткани, подобные люфе, м. б. получены из соломы, ситника (*Juncus*) или древесных волокон [6]. Для той же цели предлагается также торфяной мох, особенно *Sphagnum cimbifolium*, обработанный известковым молоком, с последующей нейтрализацией слабкою уксусной к-той [7]. Целлюлоза предлагалась для Г. также в переработанном виде: таковы Г. из бумажного теста, обработанного концентрированным раствором хлористого цинка или хлористого алюминия, после чего массу смешивают с поваренной солью и тщательно отмывают спиртом; получается пористая бумажная Г. [8].

Для изготовления Г. был также предложен казеин. Обработанная раствором щелочи и прогретая пластическая казеиновая масса или другое белковое вещество размешивается с волокнами и легко растворимыми веществами. После обработки такой смеси формальдегидом или другим реак-

тивом, переводящим казеин в нерастворимое состояние, прибавленное растворимое вещество выщелачивается, оставляя пористую массу [9].

П. Флоренский.

Резиновая Г. получается из резиновой смеси, в к-рой тщательно распределены легко летучие вещества, как то: спирт, анилин, амилацетат и др. Пример смеси для изготовления красных резиновых Г. [10]: каучука 460 ч., красной сернистой сурьмы 60 ч., серы 30 ч., углекислой магнезии 20 ч., литопопа 150 ч., отмученного мела 90 ч., жженой извести 1 ч., окиси цинка 79 ч., сернокислого барита 40 ч., пшеничной муки 40 ч., оливкового масла 15 ч. и касторового масла 15 ч. Летучая примесь: 90%-ного спирта 100 ч., анилина 1 ч., амилацетата 2 ч. и воды 20 ч. Требуется тщательное многократное перемешивание на вальцах. Пластины из этой смеси опускают в вулканизационный котел, где в первой стадии вулканизации происходит образование пор (испарение жидкой примеси), во второй стадии—окончательная вулканизация пористой резины. Пористость полученных кусков мало пориста и д. б. в дальнейшем срезана. Применяя органич. красители, получают Г. любых цветов. Кроме применения при купании, эти Г., обладающие преимущественно удобным мытьем и стерилизации, служат для изготовления мягких ковриков и подкладок, эластичных автомобильных подушек и т. п. Резиновая Г. применяется также в качестве теплоизоляционного материала, вдвое превосходя пробку по теплоизолирующей способности и обладая вдвое меньшим, чем пробка, удельным весом [4].

Л. Горбунов.

Лит.: 1) Паркер Т. Д. и Гасвелд В. А., Руководство к зоологии, пер. сангл. М. А. Мензбира, т. 1, стр. 35—116, Москва, 1904; Victorin H., Die Meeresprodukte, W.—Lpz., 1906; Polley F., Putzbaumwolle u. andere Putzmaterialien, W.—Lpz., 1909; 2) Kressler C., «Polyt. Ztbl.», Lpz., 1854, p. 630, 1855, p. 317; «Dingl. Polyt. Journal», B., 1861, B. 162, p. 79; Böttger R., «Polyt. Notizblatt», Mainz, 1859; 3) «Dingl. Polyt. Journal», Berlin, 1870, B. 197, p. 542; «Techn. Rundschau», Berlin, 1907, p. 608; «Kunststoffe», Mch., 1917, p. 182; 4) Г. П. 257561; 5) Унрун, «Kunststoffe», Mch., 1917, p. 181, 199; 6) «Ch.-Ztg», 1922, p. 80; 7) Г. П. 315135; 8) Г. П. 311243; 9) «Wochenbl. f. Papierfabr.», Biberach, 1912, p. 4419; Г. П. 103990; 10) An. II. 4399/14; 11) Dittmar R., Mischungsbuch f. d. Kautschuk usw., Wien, 1917; Dubosc A., Les éponges de caoutchouc, «Le caoutchouc et la guttapercha», P., 1926—27; The Manufacture of Sponge Rubber, «India Rubber Journal», London, 1928, v. 75, p. 865, 903, 940; Gummischwämme-Fabrikation, «Gummi-Ztg», Berlin, 1911, Jg. 26, 16.

**ГУБЧАТАЯ ПЛАТИНА**, разновидность металл. платины, получаемая при разложении нагреванием до высокой  $t^\circ$  соединений платины. Однако не все соединения платины при накаливании дают Г. п. Если будем, например, подвергать хлорную платину действию высокой  $t^\circ$ , то она, освободившись от связанного с ней хлора, выделится в обыкновенном металл. состоянии. В губчатом же состоянии она выделится, если будем нагревать ее комплексную соль, т. е. двойную соль ее с хлористым аммонием («нашатырная платина»). При разрушении этой соли выделяющиеся из нее газы (хлористый водород, аммиак и хлор) разрыхляют платину, делают ее пористой и препятствуют уплотнению до компактного металлического состояния.

В зависимости от условий разложения нашатырной платины Г. п. получается в виде

губчатой массы или в виде тонкого губчатого порошка. В том и другом состоянии она серого цвета, не блестит, но, благодаря большой поверхности, вследствие ее рыхлости и пористости, в ней сильнее, чем у металлич. платины, выражена адсорбирующая способность по отношению к газам и парам. Платина вообще обладает способностью стучать на своей поверхности кислород, водород и другие газы. Некоторая часть поглощенных газов входит и в хим. соединение с платиной даже при высокой температуре, что делает платину, особенно в губчатом состоянии или в виде так назыв. платиновой черни, очень активным контактным телом и катализатором. Г. п. и платиновая чернь суть агрегатные разности т. н. молекулярной платины. Если нашатырную или хлорную платину подвергать действию восстановителей (щелочь и муравьиная к-та, щелочь и формальдегид или гидразингидрат), то уже на холоду или при слабом нагревании на водяной бане можно выделить всю платину в том ее мелко-раздробленном состоянии, к-рому присущ не серый, а черный цвет; это и есть платиновая чернь. Получаемая при более низкой  $t^\circ$ , она еще более рыхла, менее уплотнена, чем платиновая губка, а потому и проявляет себя более активным катализатором.

Насколько активность Г. п. зависит от способов ее приготовления, ясно из следующих явлений: водород при контакте с платиной загорается на воздухе уже при обыкновенной темп-ре; смесь водорода с кислородом (гремучий газ) взрывает, если внести в нее Г. п. Но эту же реакцию соединения водорода с кислородом в гремучем газе можно осуществить без взрыва, со спокойным течением процесса. Для этого надо взять чистую глину или каолин в порошок, смочить ее водой и скатать маленький шарик величиной с горошину или немного больше, просушить его, а затем погрузить в раствор нашатырной платины. Пропитанный этим раствором шарик прокаливает; в нем самом, в его порах и на его поверхности отложится Г. п. не в виде сплошной массы, а разъединенная веществом глины. Платинированная поверхность такого каолинового шарика сохранит свою контактную активность, но будет менее энергично ее проявлять, а потому при введении такого шарика в гремучую смесь, собранную в стеклянной трубке над ртутью, взрыва не произойдет, но реакция пройдет довольно быстро, и течение ее можно наблюдать во времени; весь кислород и водород соединятся в воду. Из этого опыта видно, насколько действии Г. п. различно в зависимости от характера и свойств ее поверхности.

Первое технич. применение Г. п. основано было на том наблюдении Кл. Винклера в 1875 г., что серпистый газ в контакте с ней легко соединяется с кислородом и дает серный ангидрид. Платина является как бы передатчиком или переносителем кислорода на молекулы сернистого газа (см. *Катализ*), тем посредником этой реакции, без которого последняя не совершается. Эта реакция и лежит в основе контактного метода приготовления серной кислоты. Лучший катализатор для заводского получения серной кислоты был приготовлен лет двадцать тому назад

«Товариществом Гентелевского химич. з-да» в Петербурге в виде платинированного асбеста, содержащего 7% Г. п. Этот контактный препарат нашел себе скоро применение и на иностранных з-дах серной к-ты. Очень активная Г. п. содержится в золе, получаемой сжиганием фильтровальной бумаги, пропитанной нашатырной платиной; приготовленная т. о. платина воспламеняет водород даже при  $-20^\circ$ . Т. к. и окислы платины вызывают реакции окисления, энергично протекающие не только при обыкновенной  $t^\circ$ , но даже при  $-190^\circ$ , то присутствием этих окислов на поверхности платины может объясняться энергичное действие ее на различн. органич. вещества (воспламенение и горение их на воздухе, окисление спирта в уксусн. к-ту и пр.).

Г. п. весьма активный катализатор, возбуждающий и проводящий многие химич. процессы. Под ее влиянием протекает легко окисление аммиака кислородом в азотную кислоту (см.), но и обратный переход, напр., восстановление окиси азота водородом до аммиака с образованием воды, возможен в контакте с платиной. В присутствии Г. п. и воды окись азота легко восстанавливается сернистым ангидридом до закиси азота с одновременным образованием серной кислоты. Указанные реакции представляют прекрасные поучительные примеры восстановительно-окислительного катализа в области неорганической химии. Но восстановительно-окислительный катализ широко распространен в биохимич. процессах, где роль платины играют ферменты, вырабатываемые живой природой. Пероксидазы, встречающиеся в организмах, выделяют подобно платине активированный кислород из перекиси водорода. Механизм контактных превращений под влиянием платины известен и в области органич. соединений в процессах восстановления и необратимого катализа ненасыщенных гидроароматич. углеводородов и терпенов. При необратимом катализе, под влиянием платины, а также и палладия, происходит перераспределение атомов водорода среди молекул катализируемого углеводорода таким образом, что одни молекулы теряют (дегидрогенизируются), а другие присоединяют (гидрогенизируются) весь водород (см. *Гидрирование*), освобожденный первыми, и в конечном итоге из исходного непредельного углеводорода возникают два новых тела: ароматич. углеводород и продукт полной его гидрогенизации. Например, циклогексен превращается необратимо до конца в бензол и гексагидробензол (циклогексан):



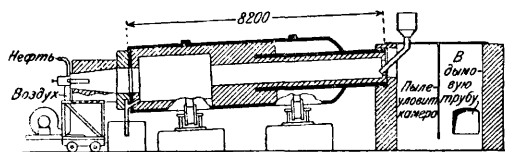
Восстановительно - окислительный катализ ярко выражен на этом примере. Это и есть необратимый катализ — необратимый потому, что для смеси бензола и гексагидробензола невозможно создать условий, при которых, под влиянием контакта с любым катализатором, эти углеводороды перераспределили бы свой водород таким обр., чтобы в конечном результате они дали циклогексен.

Губчатая платина ждет еще дальнейших приложений ее активных свойств.

Лит.: Менделеев Д. П., Основы химии, т. 1—2. М.—Л., 1927—28; Graham—Otto, Ausfühliches Lehrbuch d. Chemie, Lpz., 1868—98. Н. Зелинский.

**ГУБЧАТОЕ ЖЕЛЕЗО**, продукт, получаемый путем восстановления железной руды при  $t^\circ$  ниже  $t^\circ_{пл}$  металла. Такое железо было первоначальным продуктом железнотопливного производства до введения в практику металлургии доменной плавки. В последние десятилетия в нек-рых странах ряд научных учреждений, а также отдельных специалистов, занимались разработкой методов получения Г. ж. при использовании низкосортных руды и топлива; было заявлено несколько десятков патентов на способы выработки Г. ж. и дальнейшей переработки его в торговые сорта и полуфабрикаты. Самый процесс восстановления окислов железа, содержащихся в руде, производится твердым углеродом (непосредственное восстановление) или окисью углерода (т. н. косвенное восстановление). В первом случае восстановление руды происходит при  $t^\circ$  от  $700^\circ$  и до  $t^\circ$  спекания данной руды; во втором случае—от  $800\text{--}850^\circ$  и до темп-ры спекания руды. Как тот, так и другой метод работы, в зависимости от качеств руды, имеет свои преимущества и свои недостатки. Из наиболее совершенных способов получения Г. ж. известны следующие:

1) Способ Bureau of Mines С. Ш. А., состоящий в том, что измельченные руда и тощий неспекающийся уголь нагреваются во вращающейся печи (барабанного типа), футерованной изнутри шамотом (фиг. 1); печь длиной в  $8,2\text{ м}$  делает 1 об/м. Нагревание загруженного в печь материала производится при помощи нефтяной форсунки. Процесс восстановления происходит при  $t^\circ 850\text{--}950^\circ$  и во всяком случае не выше  $1000^\circ$ . Восстановленный, но отнюдь не спекшийся материал выгружается из печи, охлаждается при условиях, исключающих доступ воздуха, затем обогащается в магнитных сепараторах. Процесс восстановления длится около 1 часа; суточная производительность печи



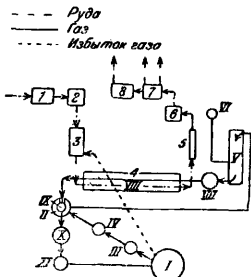
Фиг. 1.

ок.  $3,5\text{ т}$  Г. ж. Полученный продукт содержит до 1% углерода и должен быть отнесен к разряду сталей. Расход угля составляет 75% веса переработанной руды.

2) Способ Горнси (Hornsey) основан также на прямом восстановлении углеродом окислов железа руды. По этому способу процесс происходит в печи, представляющей собой систему 3 вращающихся барабанов (железных, футерованных изнутри), расположенных один над другим. В первый (верхний) барабан загружается только руда, которая здесь нагревается и обжигается горячими газами, выходящими из второго барабана, или сжиганием пылевидного топлива, если газов недостаточно (при бедных рудах). При переходе во второй барабан, где собственно и происходит процесс восстановления, к подогретой руде прибавляют достаточное для восстановления количество угля.

Второй барабан, как и печь Bureau of Mines, нагревается при помощи нефтяной форсунки или от специальной топки. Из второго барабана загрузка поступает в третий для охлаждения; затем переходит на магнитный сепаратор для отбора полученного железа. Расход угля около 30% веса сырой руды. Для производства Г. ж. по системе Горнси построен завод в Лорейн (Штат Огайо) производительностью в  $200\text{--}250\text{ т}$  в сутки.

3) Способ инж. Эдвина, основанный на принципе косвенного (окисью углерода) восстановления руды в Г. ж. Схема установки (фиг. 2) следующая. Сырая руда поступает в дробилку 1, затем в шаровую мельницу 2, где измельчается до размеров горошины. Измельченная руда затем поступает в печь 3 для подогрева и обжига при  $t^\circ 800\text{--}850^\circ$  и далее во вращающуюся печь 4, где подвергается восстановлению. По окончании процесса восстановления получен. продукт при помощи охлаждаемого транспортера (шнека) 5 передается для измельчения на вторую шаровую мельницу 6, а затем поступает на магнитный сепаратор 7 для разделения на железо, поступающее в пресс 8, промежуточный продукт, содержащий еще некоторое количество железа, и отвалы (пустая порода). Циркуляция газа происходит след. обр.: из газохранилища (газгольдера) I газ через газомер III вентилятором IV нагнетается в подогреватель II, где он подогревается за счет теплоты газов, выходящих из вращающейся печи 4. Из подогревателя газ поступает в специальную электрич. печь V, в к-рую вводится из резервуаров VI нефть. Образующиеся нефтяные пары в смеси с газом проводятся далее в газогенераторе VII через слой кокса и извести и направляются в печь VIII (4), в к-рой и происходит самый процесс восстановления. Из печи газ поступает в газоподогреватель IX, а затем после промывки в скруббере X, очистке в специальном дезинтеграторе XI, поступает в газгольдер I. Избыток газа из газгольдера поступает как горючее в обжигательную печь 3. Печь V, а также слой кокса в газогенераторе, служат для перевода (восстановления)  $\text{CO}_2$ , содержащейся в газе, в  $\text{CO}$ . По способу Эдвина действует установка для получения Г. ж. из дундерландских руд в Норвегии. Получаемое здесь Г. ж. отличается чистой и идет на изготовление высоких сортов железа и сталей.



Фиг. 2.

Кроме приведенных методов получения Г. ж., в технич. литературе описан еще ряд других; в последнее время предложены комбинированные установки, в к-рых Г. ж., получаемое в шахтных или вращающихся печах, поступает непосредственно как в пламенные, так и в электрич. печи для переработки на сталь или железо. Г. ж., кроме передела на специальные (нержавеющие, кислотоупорные) сорта стали и железа, в последнее

время идет для осаждения меди и других цветных металлов из растворов их солей.

Лит.: «St. u. E.», 1927, Н. 22, 23, 45; «Iron Age», New York, 1927, v. 120; Making Sponge Iron from Ferruginous Sand in Japan, «Far East Review», Shanghai, 1928, March, p. 132; Williams C. E., Barret E. P. and Larsen B. M., Production of Sponge Iron, «U. S. Bureau of Mines, Bulletins», Washington, 1927, 270.

И. Райхинштейн.

**ГУБЧАТОЕ ЗОЛОТО**, губчатая масса, получаемая восстановлением золота шавелевой кислотой из раствора его солей. Применяется в зубоорудной технике для пломбирования зубов.

**ГУДРОН** кислый, или кислотный, — отброс, получаемый на нефтеперегонных заводах после так назыв. кислотной очистки нефтепродуктов. Сущность кислотной очистки заключается в обработке нефтяных дистиллятов или вообще сырых нефтепродуктов, а иногда и сырой нефти серной кислотой в различных условиях, в результате чего кислота темнеет, становится густой и смолистой и частично раскисляется до сернистого газа. Отстоявшаяся и отделенная от очищенного нефтепродукта эта отработанная к-та получила название Г. кислого. Его утилизация является одной из важных задач нефтяной промышленности, т. к. большая часть Г. кислого, получающегося на нефтеочистительных заводах, свозится в особые амбары, т. е. обширные отгороженные ямы, и, не находя применения, годами остается здесь, занимая место и отравляя воздух вследствие выделения сернистого газа. В зависимости от характера очищаемых нефтепродуктов и условий очистки, Г. кислый обладает крайне разнообразными свойствами.

1. Г. кислый от очистки керосинового дистиллата. Это — б. или м. жидкая смола черного цвета с резким кислотным запахом. При разбавлении водой этот Г. кислый разделяется на два слоя: нижний слой — темной серной кислоты и верхний — также темный маслянистый слой сернистых и осмоленных продуктов очистки дистиллата. Между этими слоями иногда располагается небольшой третий слой черных сульфидов и эфирокислот, б. или м. легко растворимый в воде, труднее — в серной к-те. Количественный состав этого Г. кислого определяется, по Гурвичу, следующими данными (в %):

Серной к-ты, считая на моногидрат . . . . .	62,4
Серной к-ты в виде сульфидов и эфирокислот . . . . .	2,1
Органических смолистых веществ . . . . .	13,4

Т. к. главной составной частью Г. кислого от очистки керосина является серная кислота, то задача его утилизации сводится к тому, чтобы эту кислоту регенерировать. Для этой цели Г. кислый разбавляют водой, отделяют нижний сернокислый слой от верхнего слоя смолистых веществ и концентрируют нижний слой выпариванием. При этом на поверхность раствора вновь всплывают смолистые вещества, к-рые удаляют механически. Такую переработку кислотного слоя с последующим разбавлением водой, удалением смолистых веществ и выпариванием приходится обыкновенно повторять несколько раз, и все же регенерированная так. обр. кислота имеет более или менее темный цвет. Однако, она с успехом может применяться для начальной очистки смазочных масел, а также для полу-

чения железного купороса, выделки суперфосфатов и т. п. целей. Для получения бесцветной к-ты необходимо из темной регенерированной к-ты удалить остаток органических веществ. Эта задача м. б. решена приливанием «черной» кислоты к нагретым бисульфату или крепкой чистой кислоте с одновременной продувкой воздуха, особенно в присутствии ртути. При этом органич. вещества сгорают нацело главным образом за счет кислорода воздуха с минимальным выделением сернистого газа, а в отгоне получается чистая серная кислота.

2. Г. кислый от очистки смазочных масел крепкой серной к-той. Отличается значительно более густой консистенцией. По Гурвичу, Г. кислый от очистки машинного дистиллата содержит (в %):

Серной кислоты свободной . . . . .	35,5
Серной кислоты в виде сульфокислот . . . . .	3,7
Органических смолистых веществ . . . . .	48,2

При разбавлении водой такого Г. кислого разделение слоев происходит гораздо труднее и достигается частично лишь после повторного энергичного перемешивания с водой. Смолистые вещества, отделяющиеся при этом, будучи отмыты от к-ты и нейтрализованы известью, получаются в виде пластической массы, которая находит применение в качестве суррогата асфальта (см.). Другой способ утилизации заключается в обработке Г. кислого фракцией каменноугольной или нефтяной смолы, известной под именем сольвента, в к-ром смолистая часть Г. кислого легко растворяется. Если такой раствор отделить от кислотного слоя и отогнать растворитель, то в остатке получается б. или м. твердая асфальтовая масса; кислотный же слой может быть очищен и сгущен, как указано выше. Этот способ утилизации Г. кислого применим лишь к свежему Г. кислому. Последний при стоянии довольно быстро изменяется, теряет свободную серную кислоту и твердеет. Т. о., утилизация Г. кислого представляет собой задачу, к-рая в общем виде еще не может считаться решенной.

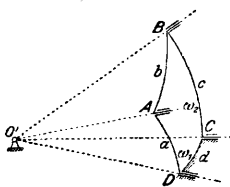
3. Г. кислый от очистки дымящей серной к-той. Нацело растворяется в избытке воды, т. к. состоит преимущественно из сульфокислот. При недостатке воды этот Г. кислый разбивается на два слоя: нижний, сернокислотный, окрашенный смолами в черный цвет, и верхний, полужидкий, состоящий из сульфокислот, сульфонов и некоторого количества минерального масла. Природа этих сульфокислот зависит от исходн. материала. Нефтяные погоны, содержащие ароматич. углеводороды в б. или м. значительном количестве (бензин, керосин), дают при обработке дымящей серной к-той главным образом ароматическ. сульфокислоты; более тяжелые фракции нефти (масла) образуют при аналогичной обработке также особые вещества, получившие название туменолсульфокислот и туменолсульфонов, представляющие собой продукты одновременного окисления и сульфирования исходных углеводородов. Химич. природа их изучена пока еще недостаточно. Г. кислый от очистки дымящей серной к-той некоторых нефтяных погонов находит ныне применение для получения так называемого контакта.

**Гудрон** масляный, остатки масляной нефти, получаемые при кубовой системе перегонки из последнего куба масляной батареи (см. *Нефти переработка*). Гудрон масляный обладает различными свойствами в зависимости как от исходной нефти, так и от полноты отгонки масляных фракций. В случае недостаточности полного отбора указанные остатки получают название полугудрона. Напр., Г. масляный Азнефти, который получается гл. обр. из балаханской нефти, обладает следующими свойствами: полугудрон—уд. в. при 15° равен 0,930—0,940;  $t^{\circ}$  вспышки по Бренкену—не ниже 140°; вязкость по Энглеру при 50° равна 18,0—25,0; гудрон—уд. вес при 15° равен 0,935—0,950;  $t^{\circ}$  вспышки по Бренкену—не ниже 230°; вязкость по Энглеру при 100° равна 6,0—10,0. Г. масляный служит исходным материалом для получения нек-рых специальных сортов смазочных масел и смазок, например цилиндрических масел типа вискозинов и вапоров.

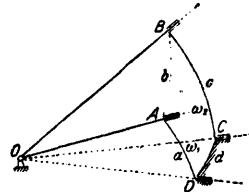
**Гудрон асфальтовый**, см. *Асфальт нефтяной* и *Спр. ТЭ*, т. II.

Лит.: Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, 2 изд., М.—Л., 1925. С. Наметкин.

**ГУКА ШАРНИР**, один из видов четырехшарнирного сферич. механизма, применяется для передачи вращения от одного вала к другому в том случае, когда оси валов пересекаются и угол между ними не является величиной постоянной. Четырехшарнирный сферич. механизм обладает тем основным свойством, что оси всех четырех вращательных пар его  $A, B, C$  и  $D$  пересекаются в одной точке  $O$  (фиг. 1). Соединив элементы этих пар стержнями  $a, b, c$  и  $d$ , получим шарнирную четырехзвенную систему  $ABCD$ . Поставленная на одно из своих звеньев, эта система дает четырехшарнирный пространственный механизм, все движения к-рого можно рассматривать как определенные вращения систем углов  $AOB, BOC$  и  $AOD$ . Форма и вид стержней никакого значения не имеют, т. к. от звена требуется лишь жесткость соединений соответствующих элементов двух соседних пар; поэтому для удобства исследования за стержни принимают дуги, которые получаются от пересечения плоскостями углов  $AOB, BOC, AOD$  и  $COD$  поверхности шара, описанного из центра  $O$  радиусом, равным единице. Если звену  $AB$  придать форму жесткого угла



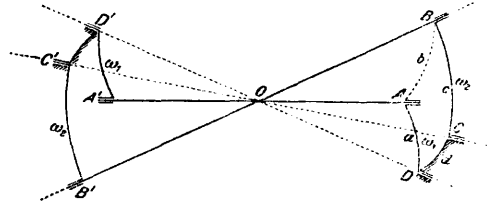
Фиг. 1.



Фиг. 2.

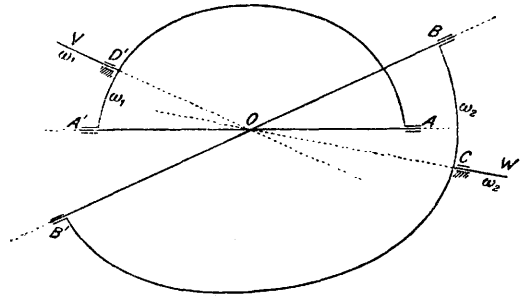
$AOB$ , то механизм получит вид, изображенный на фиг. 2; очевидно, что при движении звена  $AD$  с угловой скоростью  $\omega_1$  звено  $BC$  будет перемещаться с той угловой скоростью  $\omega_2$ , как и в случае основного механизма (фиг. 1). Продолжив стороны жесткого угла  $AOB$  по другую сторону вершины его  $O$  и дополнив механизм, изображенный на

фиг. 2, механизмом ему симметричным относительно центра  $O$ , получим механизм (фиг. 3), в котором угол  $AOB$  превращен в жесткий крест  $ABOB'A'$  и оси вращения каждой пары симметричных звеньев расположены по прямой, проходящей через центр  $O$ . Вращение звена  $AD$  с угловой скоростью  $\omega_1$



Фиг. 3.

вызывает вращение симметричного ему звена  $A'D'$  с той же угловой скоростью  $\omega_1$ ; так как обе стороны креста  $AO$  и  $OA'$  вращаются с той же угловой скоростью  $\omega_1$  около оси  $DD'$ , то звено  $AD$  можно выкинуть, закрепив втулку пары  $A$  на продолженном звене  $A'D'$  (фиг. 4); по тем же соображениям звено  $B'C'$ , вращающееся с угловой скоростью  $\omega_2$ , можно исключить, укрепив втулку пары  $B'$



Фиг. 4.

на продолжении звена  $BC$  (фиг. 4); полученный таким обр. механизм  $AA'BB'CD'$  есть обобщенный шарнир Гука.

В машиностроении нашел применение тот частный вид Г. ш., в к-ром углы  $AOD, AOB$  и  $BOC$  являются прямыми (фиг. 5); этот механизм носит название Г. ш., или кардановой муфты, и состоит из крестообразной муфты  $AA'BB'$ , переключины к-рой жестко соединены под прямым углом, и двух вилок  $B'CB'$  и  $AD'A'$ , закрепленных на концах соответствующих валов; вилки имеют на своих концах втулки для шипов муфты (крестовины). При вращении вала  $V$  конец  $A$  звена  $D'A$  будет перемещаться по дуге  $AEA'$  окружности большого круга, перпендикулярного к оси  $VD'O$ , конец  $B'$  звена  $B'CB'$  будет перемещаться по дуге  $AB'A'$  окружности большого круга, перпендикулярного к оси  $WCO$ . Для определения зависимости между угловыми скоростями  $\omega_1$  и  $\omega_2$  валов  $V$  и  $W$  примем за начальное положение механизма то, когда поперечина  $AA'$  крестовины перпендикулярна к плоскости осей валов  $VOW$ . При вращении вала  $V$  с угловой скоростью  $\omega_1$  радиус  $OA$  переместится за время  $t$  в положение  $OA_2$ ; вал  $W$ , вращаясь с угловой

скоростью  $\omega_2$ , переместит за то же время  $t$  конец вилки  $B'$  в точку  $B_2$ , следовательно:

$$\omega_1 = \frac{d\varphi}{dt} \text{ и } \omega_2 = \frac{d\psi}{dt} \quad (1)$$

Дуга  $AB'$  заняла положение  $A_2B_2$ , стягивая прямой угол  $A_2OB_2$ , дуга  $AA_2$  большого круга  $A_2EA'$  стягивает угол  $AOA_2 = \varphi$ , а дуга  $AB_2$  стягивает угол  $AOB_2 = 90^\circ + \psi$ . На основании зависимости в сферич. треугольнике

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

можно определить зависимость между углами  $\varphi$  и  $\psi$  нашего сферич. тр-ка  $AA_2B_2$  (фиг. 5). Полагая

$$AB_2 = c = \frac{\pi}{2} + \psi; AA_2 = b = \varphi;$$

$$A_2B_2 = a = \frac{\pi}{2}; A = \alpha,$$

получим:

$$\cos \frac{\pi}{2} = \cos \varphi \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} + \psi \right) + \sin \varphi \cdot \sin \left( \frac{\pi}{2} + \psi \right) \cos \alpha,$$

что после преобразований дает:

$$\text{tg } \psi = \text{tg } \varphi \cdot \cos \alpha; \quad (2)$$

дифференцируя по  $t$ , получим:

$$\frac{1}{\cos^2 \psi} \cdot \frac{d\psi}{dt} = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cos \alpha,$$

т. е.

$$\omega_2 \cdot \frac{1}{\cos^2 \psi} = \omega_1 \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cos \alpha,$$

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \psi} \cdot \cos \alpha. \quad (3)$$

Путем преобразования уравнения (2) можно установить, что

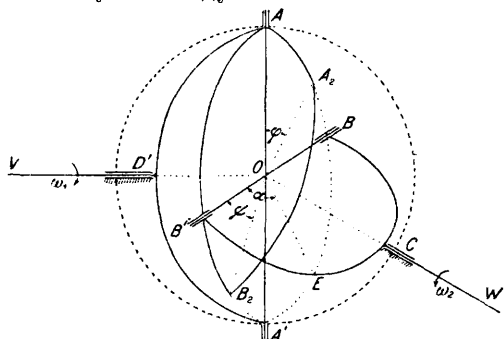
$$\frac{\cos^2 \psi}{\cos^2 \varphi} = \frac{1}{1 - \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \alpha},$$

так что уравнение (3) примет вид:

$$\omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \alpha}. \quad (4)$$

Из ур-ия (4) следует, что при равномерном вращении одного вала другой будет вращаться неравномерно:  $\omega_2 = \omega_1 \cos \alpha$  при  $\varphi = 0$ ;

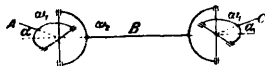
$\omega_2 = \frac{\omega_1}{\cos \alpha}$  при  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ; неравномерность вращения второго вала будет тем больше, чем больше угол между осями валов.



Фиг. 5.

В том случае, когда требуется, чтобы при равномерном вращении одного вала другой вращался также равномерно, необходимо валы соединять промежуточным валом при помощи двух Г. ш., при чем вилки промежуточного вала д. б. одинаково наклонены

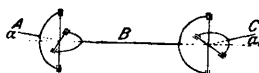
к оси среднего вала (фиг. 6). Действительно, при повороте вала  $A$  на угол  $\varphi$  вал  $B$  повернется на угол  $\psi$ , при чем, согласно ур-ию (2),  $\text{tg } \psi = \text{tg } \varphi \cdot \cos \alpha$ ; пусть вал  $C$  повернется на угол  $\varphi_1$ , тогда  $\text{tg } \psi = \text{tg } \varphi_1 \cdot \cos \alpha_1$ ; т. к.  $\alpha_1 = \alpha$ , то и  $\varphi_1 = \varphi$ , следовательно, в этой системе механизмов вращение вала  $A$  будет в точности передаваться валу  $C$ . Легко показать,



Фиг. 6.

что если вилки вала  $B$  перпендикулярны друг другу (фиг. 7), то  $\text{tg } \varphi_1 = \text{tg } \psi \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha_1$ , т. е. углы  $\varphi_1$  и  $\varphi$  никогда не м. б. равны за исключением того случая, когда  $\alpha = \alpha_1 = 0$ , т. е. когда оси всех трех валов будут расположены на одной прямой. При угле  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  передача помощью Г. ш. невозможна, и можно сказать, что при  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  весь механизм превращается во вращательную пару.

Вместо промежуточного вала  $B$  с двумя вилками может быть применена деталь любого вида, имеющая расположенные в одной плоскости втулки для перекладки крестовин  $A$  и  $C$ ; тогда вал  $B$  с двумя вилками превращается в муфту Губе, представляющую жесткое сочетание двух вилок



Фиг. 7.

двух Г. ш. Рассмотренные механизмы называются гибкими соединениями, так как дают возможность во время работы валов изменять угол  $\alpha$  между их осями.

Лит.: Мерцалов Н. И., Кинематика механизмов. Прикладная механика, ч. 1, обработ. М. Фелинским, М., 1916.

Б. Шпринг.

**ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ** составляют часть гуминовых веществ, растворяемую в щелочах и при действии кислот выпадающую в виде бурых аморфных осадков. Различают (Свен Оден) следующие виды Г. к.: 1) гумусовая к-та (гуминовая)—нерастворимая в воде и в алкоголе, черно-бурого цвета (геиновая, саккульминовая—по старой классификации); 2) гиматомелановая кислота—нерастворимая в воде, но растворимая в алкоголе, желто-бурого цвета (ульминовая, торфяная—по старой классификации) и 3) фульвокислота—растворимая в воде, светложелтого цвета (креновая и апокреновая—по старой классификации). Г. к. являются главной составной частью естественных гуминовых веществ; напр., они составляют до 60% всего сухого вещества торфа: в верховом торфе—в свободном состоянии, в лизинном—в виде солей кальция. Всякий распад органич. вещества растения связан с образованием Г. к. При оторфовании их содержание в гумусе увеличивается, так что в природе встречаются образования, всецело состоящие из гуминовых к-т или их солей (доплерит, касельский бурый уголь). Г. к. представляет собою темнобурый порошок, окрашивающий воду в бурый цвет (бурая окраска многих рек), во влажном состоянии—желатинообразную, коллоидальную массу. Коллоидальный характер Г. к. выражается в их способности адсорбировать газы. Растворы Г. к. (растворимых в воде)



легко коагулируются при действии минеральных кислот и солей. Наилучшим исходным материалом для получения Г. к. является торф. Последний освобождают от *битумов* (см.) экстракцией, смесью бензола и этилового алкоголя (1:1) и обрабатывают 4-нормальным аммиаком (Свен Оден); аммиачные экстракты обрабатывают поваренной солью, выпаривают, фильтруют, подкисляют соляной кислотой, центрифугируют черно-бурый осадок, снова растворяют в аммиаке и высаживают соляной к-той.

По своим химич. свойствам Г. к. являются настоящими к-тами, т. к. окрашивают лакмус в красный цвет, разлагают углекислый кальций с выделением углекислоты, инвертируют тростниковый сахар и при действии металлич. железа выделяют водород. Щелочи растворяют Г. к. с образованием солей — *гуматов*. При сплавлении со щелочами образуется протокатеховая кислота. При нагревании Г. к. переходят в нерастворимое в щелочах состояние, выделяя углекислоту, повидимому, с образованием ангидридов (*гуминов*). Химич. строение Г. к. остается невыясненным, однако все вышеприведенные свойства заставляют признать в них присутствие группы карбоксила (COOH). В элементарном составе Г. к. С 55 ÷ 62% и Н 4,7 ÷ 5,2%; небольшие количества азота, найденные некоторыми авторами, зависят, повидимому, от адсорбированных следов аммиака. Однако, по исследованиям Майяра (Maillard), в образовании Г. к. существенную роль играют белковые вещества, и, следовательно, найденный азот входит в молекулу Г. к.. Элементарный анализ и определение мол. веса (около 1 000) дают приблизительную формулу  $(C_6H_4O_3)_8$  — для гумусовой к-ты. В образовании Г. к. принимают участие углеводы, клетчатка (Маркуссон), лигнин (Фр. Фишер) и, возможно, белковые вещества (Майяр) растений; однако, вопрос этот не разрешен окончательно. Синтетически Г. к. получают: из сахаров, клетчатки, белковых веществ, многоатомных фенолов и лигнина; они носят название *гумоидных кислот*.

Лит.: см. Гумус.

В. Комаревский.

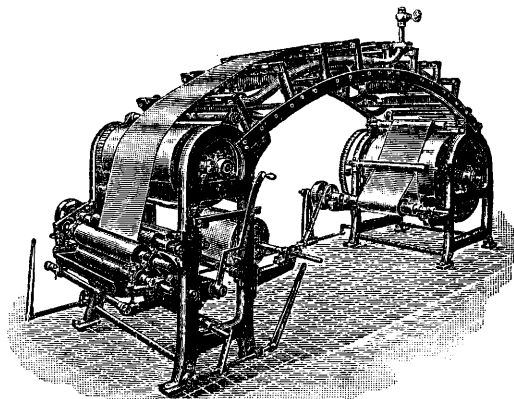
**ГУММИГУТ**, *гутт* (английское название «Камбоджа»), камедесмола, относящая к группе хроморезинов. Получается в Индо-Китае и на острове Цейлоне из *Garcinia morella* Desr., *G. hanburyi* Hook и др. Сок, вытекающий из надрезов на стволе или после обламывания веток, собирают на листья или в бамбуковые трубки, где он затвердевает, образуя желтую или коричневую хрупкую массу с раковистым изломом, почти без запаха, со жгучим вкусом. Наилучшим сортом Г. считается сиамский. Вышние сорта Г. поступают в продажу в виде цилиндрич. кусков 3—7 см диам. В состав Г. входит ок. 60—80% смолы, состоящей почти исключительно из камбоджевой к-ты  $C_{60}H_{70}O_{12}$ , которая растворима в спирте и эфире; камедь, составляющая ок. 15—23% Г., растворима в воде; растворы ее не дают кислой реакции и не мутнеют от прибавления буры, уксуснокислого свинца или хлорного железа. Применение Г. для приготовления акварельных красок основано на его способности обра-

зовывать стойкие эмульсии при растирании с водой. Для окраски спиртовых лаков в желтый цвет Г. теперь теряет значение, будучи вытесняема каменноугольн. красками.

Лит.: Вольф Г., Бальзамы, смолы, пер. с нем., П., 1923; Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreichs, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1927; Bottler M., Harze u. Harzindustrie, 2 Aufl., Lpz., 1924. Б. Рувоский.

**ГУММИЛАН**, см. Шеллак.

**ГУММИРОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ** служат для гуммирования и лакировки бумаги. Они бывают двух систем: одна — барабанная — построена по типу печатных литографских машин, в которых барабан останавливается после каждого оборота; накладываемый бумажный лист захватывается и протаскивается, касаясь резинового валика, получающего гумми или лак из корыта. Валиков в корыте два, и бльшим или меньшим прижимом их одного к другому регулируется нанос материала на лист. На листе остается непокрытая массой полоса в месте захвата. Эта машина громоздка и требует довольно много места. Машина другой системы — без барабана — имеет непрерывное действие, и лист подсовывается и захватывается валиками по мере прохождения предыдущего; получается экономия во времени, т. к. не приходится дожидаться остановки барабана. Наносное приспособление состоит из двух металлич. валиков: один из них купается в корыте и передает материал на второй валик, который и производит гуммирование или лакировку. Бумага снимается с валика серповидными ножами и передается на конвейер. Количество наноса регулируется путем изменения расстояния между валиками. Эта машина занимает немного места, но представляет много неудобств: требуется довольно много рабочих для развески листов; висящие на веревках листы загромаздают помещение; при высыхании листы корбятся и свертываются, так что приходится их расправлять и давать им отлеживаться, чтобы избежать неприятностей при последующей резке. Все эти недостатки заставили прибегнуть к гуммированию ролевой



бумаги. Гуммирование ролевой бумаги можно производить на *грунтовальных машинах* (см.), заменив валик, обтянутый шерстяным чулком, резиновым. Но в этом случае остается неудобство при сушке на вешалах. При высыхании кромки бумаги закручиваются и склеиваются, давая много брака. Только

в самое последнее время построена машина, в к-рой бумага, пройдя через систему наносных валиков, поступает на длинную дугу и в натянутом состоянии проходит по ней, подсыхает и переходит затем на барабан, отапливаемый паром, для окончательной сушки и намотки на рол (см. фиг.). Гуммированная бумага имеет свойство подымать края; это затрудняет резку бумаги на листы и накладку при печатании, вследствие чего нельзя получать верную печать. Для устранения этого недостатка построена машина, изламывающая слой гумми при помощи перекатки бумаги с рола на рол под углом через острый раклъ. Пропущенная через такую машину бумага теряет свою «строптивость» и ложится совершенно прямыми листами. Излом гумми при этом настолько мелок, что не оказывает никакого влияния на качество гуммировки.

Д. Винокуров.

**ГУМНО**, см. *Сельскохозяйственные постройки*.

**ГУМУС**, остатки растений и различных растительных частей в свежем, полуразложившемся и разложившемся виде. Различают (Вебер): 1) Г. с содержанием неорганич. вещества (золы) менее 40% — торфяной Г., перегной, 2) Г. с содержанием золы более 40% — гумусовые земли и 3) Г. с содержанием золы более 95% — ловатые почвы, чернозем. При образовании Г. протекают следующие процессы: тление, перегнивание, оторфованье и гниение растений. Эти процессы не отличаются резко один от другого и постепенно переходят друг в друга. Тление есть распад органич. вещества растения под влиянием микроорганизмов с образованием углекислоты и воды, без образования твердых органич. остатков; перегнивание — распад с образованием, помимо газов, твердых остатков, небогатых углеродом; оторфованье — разложение без доступа воздуха в присутствии воды; гниение — распад при полном отсутствии кислорода. В результате всех этих процессов органич. часть растения превращается в аморфные вещества, от желто-бурого до бурого-черного цвета, неизвестного химического строения, получившие название гумусовых, или гуминовых, веществ (см. *Почва, Торф*). Различают три класса гуминовых веществ (Штрахе, Свен Оден): 1) *Гуминовые кислоты* (см.), часть гуминовых веществ, растворимая в щелочах, углекислых щелочных солях и вновь высаживаемая кислотами в виде бурых аморфных осадков; 2) *гумины* — часть, растворимая лишь в крепких щелочах при долгом кипячении, и 3) *гумусовый уголь* (по старой классификации — ульмин, геин, саккульмин) — аморфное черное бурое вещество, нерастворимое даже при кипячении в щелочах. Вещества, подобные гуминовым, полученные искусственно, лабораторным путем (напр., при гумификации сахара к-тами), называются *гуминоидами*.

Гуминовое вещество часто находит применение как краска, если оно имеет определенный коричневый или черный цвет и находится в очень измельченном состоянии; в этом случае оно не д. б. сильно загрязнено зольными веществами, к-рые придают ему сероватый

оттенок. Кроме того, в нем не д. б. крупных частиц примесей (например, песка). Гуминовые вещества входят также составной частью во многие минеральные краски, придавая им прочный коричневый оттенок (Ван-Дейка коричневая, углеродистые умбры). Указанные выше недостатки при применении гуминового вещества в качестве краски легко устраняются при искусственном его приготовлении. Исходными материалами в этом случае часто служат древесные опилки, свежескованный сахар, бурый уголь и торф, которые при определенной температуре подвергаются действию щелочей, затем промывают и отмучивают.

В. Комаревский.

Г., или *перегной*, имеет очень большое значение в сельском хоз. Он представляет в почве один из главных источников связанного минерального азота, служащего для питания растений. Состав почвенного Г. исключительно сложен. Количество свежееобразовавшегося Г. определяет важное в практическом отношении свойство почвы — *прочность*, т. е. способность структурных элементов почвы — *комков* — противостоять размывающему действию дождевой, снеговой или оросительной воды. Поэтому забота о поддержании в почве полей необходимого свежееобразовавшегося Г. представляет одну из важнейших задач сел. хозяйства, так как почва, утратившая комковатую структуру, — *бесструктурная*, не способна ни при каких условиях произвести высокий и экономически выгодный урожай. Такая почва квалифицируется как *некультурная*, и системы мероприятий, поддерживающие прочность почвы или ее *культурность*, или, что то же, ее *плодородие*, носят название систем земледелия (*Семледелия системы*), и задача их состоит в поддержании в почве количества свежееобразовавшегося Г. на необходимой высоте. В. Вильямс.

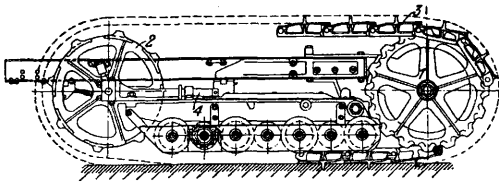
*Лит.*: Вильямс В., Общее земледелие с основами почвоведения, Москва, 1927; Strache H. u. Lant R., Kohlenchemie, Lpz., 1924; Potonié H., Die Entstehung d. Steinkohle und d. Kaustobiolithe, 6 Aufl., Berlin, 1920; Oden S., Die Huminsäuren, 2 Auflage, Dresden, 1922.

**ГУРЬОН-БАЛЬЗАМ** получается из различных видов *Dipterocarpus*, растущих в Индо-Китае, Индии и на о-вах Яве и Цейлоне, где для добычи его применяется *подсочка* (см.) или насверливание стволов. По своим свойствам Г.-б. весьма близок к *копайскому бальзаму* (см.) и поэтому иногда называется *остиндским копайским бальзамом*. Обыкновенный Г.-б. — мутноватая масса, окрашенная в проходящем свете в красновато-коричневый цвет с зеленой флуоресценцией, особенно заметной при растворении. В абсолютном спирте Г.-б. растворяется только отчасти, в эфире и хлороформе растворяется во всех соотношениях; с окислами щелочноземельных металлов затвердевает подобно копайскому бальзаму. Смолистыми составными частями, количество которых обычно равняется 16—18%, являются: аморфный *гурьюрезин*  $C_{17}H_{18}O_2$ , *гурьюрезинол*  $C_{15}H_{26}OH$ , *гурьюрезиноловая к-та*  $C_{16}H_{26}O_4$ . При перегонке Г.-б. с водяным паром получается эфирное масло (45—80%), состоящее почти исключительно из сесквитерпенов:

$\alpha$ -гурьюнена и  $\beta$ -гурьюнена. Г.-б. широко применяется в местах его добычи как дешевой лак и как фальсификация копейского бальзама и эфирных масел.

*Lit.: Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1927; Böttler M., Harze u. Harzindustrie, 2 Aufl., Lpz., 1924. Б. Рутоский.*

**ГУСЕНИЧНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ**, гусеничный ход, поддерживающий и ведущий механизм самодвижущихся экипажей (фиг. 1), заменяющий собою колесный ход для получения лучшей проходимости экипажа по любой местности, т. е. по бездорожью.



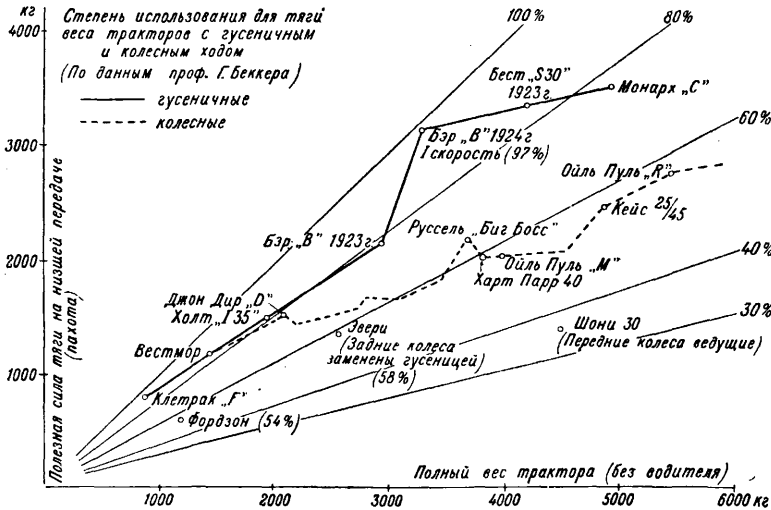
Фиг. 1.

Г. д. прицепных повозок, не развивающих самостоятельного тягового усилия, в отличие от Г. д. самоходов, называется гусеничной ходовой частью. Идея Г. д.— автоматическое подкладывание под несущие колеса участков твердого и гладкого пути, на к-ром сопротивление движению ничтожно сравнительно с сопротивлением мягкого грунта; значительная поверхность прилегания настилаемого пути к почве предохраняет Г. д. от глубокого погружения в грунт. Г. д. применяются в самоходных экипажах, от которых требуется возможно полная проходимость там, где колесный ход глубоко погружается в почву. В этих условиях Г. д.,

ного веса, без опасения потерять сцепление с почвой, при применении Г. д., можно видеть из графика на фиг. 2, к-рый построен по данным испытания америк. тракторов: 74 колесных, 14 гусеничных и 1 гусенично-колесного. Для Г. д. отношение силы тяги к весу экипажа на большинстве грунтов, на к-рых нормально осуществляются транспорт или работы по запашке, изменяется в пределах 45—80% (и даже выше на благоприятных почвах и при рациональной конструкции Г. д.) и падает в нек-рых конструкциях до 25% на сыром песке. Г. д. используются гл. обр. военным ведомством для танков, тракторов, самоходной артиллерии, а также и специальн. повозок, проектируемых для движения по всякой местности. В сел. хозяйстве и промышленности Г. д. находят применение в тракторах для обработки тяжелых почв, в лесных хозяйствах для подвоза лесных материалов, на торфяных разработках и вообще на транспорте по бездорожью.

Главнейшие детали Г. д. (фиг. 1) следующие: ведущее колесо 1, получающее вращение от двигателя; передняя, свободно сидящая на осях, гусеничные колеса (ленивцы) 2, к-рые огибает гусеничная цепь, идущая затем обратно к ведущему колесу; гусеничная цепь (лента) 3—путь, по к-рому катится экипаж; нижние несущие катки, с помощью которых экипаж катится по гусеничной цепи (ленте); часть нижних катков снабжается ребордами, к-рые направляют катки по рельсам гусеницы; верхние поддерживающие катки, направляющие движение холостой части гусеничной цепи, устраняющие ее качание и уменьшающие толчки при набегании звеньев цепи на ленивцы; гусеничные рамы, к которым крепятся тележки с катками или непосредственно несущие катки, а также ленивцы (гусеничные рамы в некоторых конструкциях отсутствуют); натяжное устройство 4, регулирующее расстояние между осями ведущего колеса и переднего ленивца (б а з а Г. д.), для снятия, одевания и натяжения цепи, растянувшейся от работы.

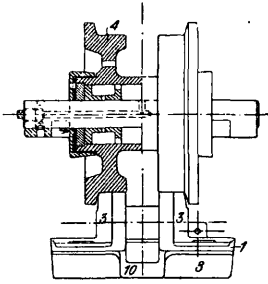
Ведущее колесо может быть выполнено в форме зубчатки, обычно литой стальной или дисковой, с литым зубчатым венцом. Зубья находятся в зацеплении с шарнирными звеньями гусеничной цепи; встречаются также ведущие колеса, работающие по принципу зубчаток бесшумной цепи или в форме барабана, в жолобе которого заклинивается гребень внутренней поверхности резиновой гусеничной ленты. Наконец, ведущее колесо может просто иметь грунтошину и сцепляться с гусеничной лентой путем заклинивания грузошины в пружинных захватах ленты.



Фиг. 2.

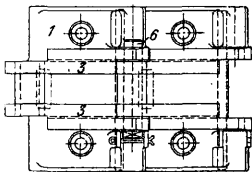
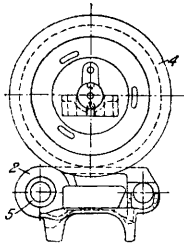
производящий удельное давление на грунт, обычно в пределах от 0,3 до 0,5 кг/см<sup>2</sup>, т. е. меньше чем нога человека, погружается в почву на незначительную глубину и на ровной поверхности относительно мало изменяет сопротивление движению, достигающее в лучших конструкциях около 40 кг на т полного веса экипажа. Насколько может быть увеличена сила тяги на крюке трактора дан-

Ленивцы направляют цепь, входя своим ободом или выступами между рельсами или охватывая гребни цепи выемкой своего обода, или зацепляя в жолобе выступы ленты, или накатываясь в пружинные захваты подобно ведущим колесам. Так как ведущее колесо находится в зацеплении с вращающейся его зубчаткой и не может менять своего положения относительно последней, то натяжное устройство, винтовое или эксцентриковое, помещают у ленивца, положение оси к-рого регулируется.



Фиг. 3.

Гусеничная цепь в большинстве конструкций применяется шарнирная со стальными звеньями. В конструкциях легкого типа (Г. д. для автомобилей, мотоциклов, ручных тележек, на некоторых военных самоходах) применяется также бесшарнирная гибкая стальная или резиновая лента. В опытных конструкциях встречаются, кроме того, тросовая цепь и тканная лента, а также резиновая лента со стальной основой. Звенья гусеничной цепи состоят обычно из пары рельсов 3 (фиг. 3 и 4), по которым катятся несущие катки 4, и из башмаков, плит 1, которыми звено ложится на землю. Звенья имеют шарнирные ушки 2, внутренние, обычно с запрессованными стальными втулками 5. При помощи последних звенья соединяются в цепь пальцами 6, с цевками которых 7 (фиг. 5) находятся в зацеплении зубья ведущего колеса. Звенья бывают или цельнолитые или собранные на заклепках или болтах, крепящих штампованный башмак к литым или штампованным рельсам.

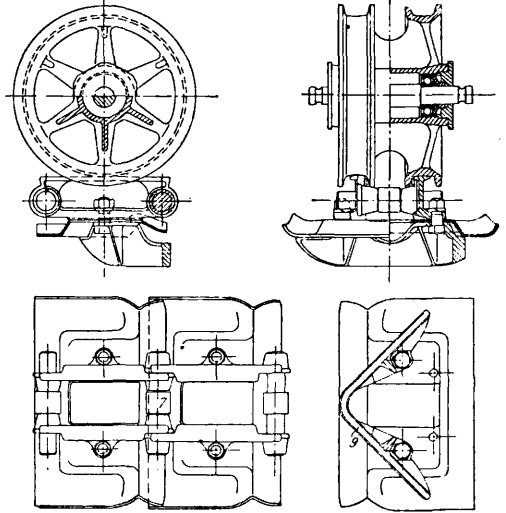


Фиг. 4.

Для увеличения сцепления с почвой башмаки снабжены поперечными гребнями 8 (фиг. 3), или же к ним приболчены шпоры 9 (фиг. 5). Для уменьшения тряски от поперечных гребней при движении по твердым дорогам башмаки снабжают иногда приливами 10 (фиг. 3). Звенья цепи преимущественно отливают из стали и термически обрабатывают; пальцы, втулки и цевки делают из специальной стали, тоже с термической обработкой.

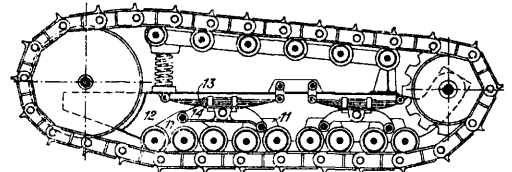
Нижние несущие катки—обыкновенно литые, стальные или чугунные, в легких Г. д.—алюминиевые, со скользящими стальными или бронзовыми, а также шар-

иковыми или роликовыми подшипниками тяжелого типа, преимущественно с густой или полужидкой смазкой, набиваемой в ступицу катка. Встречаются также катки с центральной жидкой смазкой, подаваемой ручным насосом от сидения водителя. Нижние катки соединяются по несколько в гусеничные тележки 11 (фиг. 6), связанные нередко одна с другой балансирами 14, а с гусеничной рамой 12—средством пластинчатых 13



Фиг. 5.

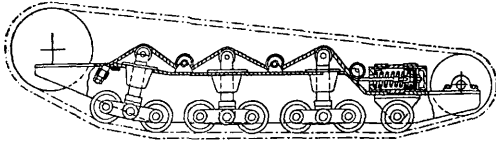
или спиральных рессор. Часто оси катков закрепляются непосредственно в гусеничной раме. В некоторых Г. д. тележки отсутствуют, а функции катков несут ведущее колесо и ленивцы. Степень эластичности крепления тележек к раме или к корпусу в значительной мере определяет способность гусеницы следить за неровностями пути и достигать, т. е. равномерного распределения нагрузки по всей рабочей поверхности гусеничной цепи. Наиболее выгоднейшей в этом отношении является тросовая подвеска (фиг. 7), соединяемая обычно с тележками типа «bougie», при к-рой, кроме качения катков на осях, возможны поступательные перемещения тележки параллельно оси ее спиральной рессоры и затем выравнивание нагрузок по тележкам посредством троса, один конец которого



Фиг. 6.

закреплен непосредственно на гусеничной раме, а другой—через спиральную рессору. Оси верхних катков укрепляются жестко или при помощи рессор на кронштейнах к корпусу экипажа или к раме Г. д. При короткой базе Г. д. верхние катки могут даже вовсе отсутствовать. Оси катков изготавливаются нормально из специальных сталей.

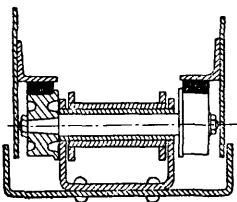
По способу подвески Г. д. к корпусу различают: 1) Жесткую гусеницу, рама которой неподвижно связана с корпусом экипажа, составляя часть его остова (особенно распространена на танках); в этом случае экипаж не подрессорен. 2) Гусеницы, шарнирно связанные с корпусом экипажа, чаще всего качающиеся около оси ведущего колеса или около особых цапф на корпусе экипажа. В обоих последних вариантах ленивцы устанавливаются на гусеничные рамы, передние концы которых связываются с корпусом через отдельные на каждую раму спиральные или пластинчатые рессоры, или



Фиг. 7.

посредством одной поперечной рессоры, или через балансир с пружинными амортизаторами. Последняя конструкция допускает качание Г. д. относительно корпуса трактора (Вар «В» 1923 и 1924 гг.) на  $11^\circ$  и дает высокий коэфф. сцепления (фиг. 2). 3) Безрамные гусеницы, двух вариантов: а) тележки или отдельные катки связаны рессорами непосредственно с корпусом экипажа; б) кроме рамы, отсутствуют тележки и нижние катки.

Гусеничные рамы делают литые, штампованные и клепаные—как цельные, так и составные,—шарнирно связанные с задней тележкой. Для их изготовления применяют иногда также специальные стали (например, хромо-ванадиевые). Г. д. со стальными звеньями осуществлены: жесткие для скоростей движения до  $13 \text{ км/ч}$ ; с качающейся гусеничной рамой (даже при жестко закрепленных в ней катках)—до  $20 \text{ км/ч}$ ;



Фиг. 8.

с подрессоренными тележками по типу «bougie»—до  $30 \text{ км/ч}$ ; с резиновой лентой—до  $25 \text{ км/ч}$ . Для большей эластичности и бесшумности хода при движении с большими скоростями применяют: резиновые шины на ленивцы, нижние и

верхние катки, или подрезинивание их ступиц; снабжение башмаков стальной цепи резиновыми накладками для движения по дорогам с твердой корой. При движении с большими скоростями потери от ударов катков на стыках гусеничных рельсов при переходе со звена на звено значительны, особенно вследствие образования на цепи входящих углов при облегании ею проходимых неровностей пути. Для уменьшения этих потерь применяют Г. д. с цепью, прогиб которой во внутрь ничтожен, над стыками же при прогибе цепи наружу экипаж проходит по инерции без удара. Для той же цели применяют Г. д. орбитной конструкции, рельсовый путь к-рых огибает гусеничную раму замкнутым контуром подобно гусеничной цепи, катки же

(фиг. 8) своими осями помещаются в проушинах башмаков гусеничной цепи, заменяя собой шарнирные пальцы звеньев. При движении трактор катится нижней частью орбиты рельсового пути по каткам, которые движутся вместе с гусеничной цепью.

Некоторое уменьшение сопротивления качению по цепи достигается ценою увеличения ее веса. В с.-х. тракторах полный вес Г. д. со стальной шарнирной цепью составляет обычно от 40 до 45%, а цепи—от 7 до 13% рабочего веса трактора. Предельное число километров службы Г. д. со стальной цепью—до 3 000 км; для резиновой ленты—свыше 2 500 км. Основные недостатки службы последней—трудность удержания на ней катящихся частей экипажа при поворотах и частое вследствие этого соскакивание ленты, особенно после ее растяжения во время эксплуатации.

Лит.: Карачан И., Самоходы ленточного типа, «Техника и снабжение Красной армии», Москва, 1923, 32(63); его же, Эволюция гусеничной ленты, там же, 1924, 100—101 (обзор конструкций); Becker G., Motorschlepper für Industrie und Landwirtschaft (данные лабор. исследований), В., 1926; Heigl F., Taschenbuch d. Tanks (танковые конструкции), Мюнх., 1926; Legro L., «Automobile Engineer» (история, обзор), Л., 1922, 161, 162. И. Карачан и П. Озеров.

**ГУСМАТИК**, пневматич. автошина (см.), наполненная особым эластичным составом, называемым, по имени изобретателя, гусматическ. массой. По эластичности Г. уступает пневматич. автошине, но зато не боится проколов; Г. обладает ценными качествами грунтошины (нечувствительность к проколам) и пневматич. автошины (эластичность). Г. применяется почти исключительно для автомобилей военной назначения, т. к. в условиях боевой обстановки необходимо обеспечить надежность работы авторезины.

Гусматическ. масса должна удовлетворять следующим основным требованиям: 1) быть эластичной, 2) не разрушаться от нагревания в пределах  $t^\circ$ , соответствующих условиям работы, 3) не разрушаться при работе, 4) быть пористой и обладать способностью удерживать воздух, заключающийся в ее порах, и 5) не растворяться в воде. Главными составными частями гусматической массы являются желатина и глицерин. Производство Г. в основном следующее. Варка желатины и глицерина производится в котле при постоянном механич. перемешивании до полной однородности и тягучести. Монтимованная на колесо и предназначенная к заливке гусматич. массой автошина имеет камеру с двумя вентилями; колесо ставят вертикально т. о., чтобы вентили расположились на одной вертикальной линии, и через нижний вентиль нагнетают гусматич. массу, оставляя верхний вентиль открытым для свободного выхода воздуха. Когда гусматич. масса заполнит всю камеру и начнет вытекать через верхний вентиль, последний закрывают и продолжают вести наполнение до достижения определенного давления, после чего завинчивают нижний вентиль. Наполненные гусматической массой колеса поступают в сушилку с температурой  $60-70^\circ$ . Можно заполнять гусматической массой одну покрывку без камеры, монтимованную на колесо, но при этом способе изготовления Г. его прочность значительно понижается.

Г. называют часто также различные смеси веществ для заклеивания на ходу проколов в автошинах. Такие смеси приготавливают путем перемешивания измельченных волокнистых веществ (асбест, бумажная масса, древесные волокна) с разведенными на воде или на другой соответств. жидкости склеивающими веществами (крахмал, мука); для предохранения от замерзания и загнивания прибавляют вещества, понижающие  $t^\circ$  замерзания (спирт, глицерин), и противогнильные (формалин). Указанные жидкие смеси вводят через вентиляющую трубку в автокамеру в количестве до 3 л, после чего в камеру накачивают воздух до нормального давления. При вращении колеса смесь, благодаря своей подвижности, под действием центробежной силы покрывает внутри камеры ее поверхность, обращенную к автопокрышке; в случае прокола шины смесь, вытекая, забивает образовавшееся отверстие, образуя заплату из волокон, зажатую между крышкой и камерой. Смесь не должна склеиваться с резиной, не должна портить резину и не должна свойлачиваться при вращении колеса, не должна замерзать и подвергаться порче при хранении. Пневматическая шина, снабженная предохранительной от проколов смесью, не теряет своей эластичности, так как остается пневматической; поэтому она эластичнее гуматика, но зато при больших прорывах может случиться, что отверстие не заклеится, воздух выйдет из камеры и придется менять резину.

С. Розенберг.

**ГУТА**, см. *Стекольное производство*.

**ГУТТА**, аморфный углеводород, содержащийся в *гуттаперче* (см.) в количестве от 30,5 до 82% и определяющий ее ценные свойства. При  $t^\circ$  от 10 до 30° Г.—яркобелого цвета, отличается твердостью и гибкостью; при 45° она размягчается и темнеет, при 110°—тестообразна, при 130°—жидка, при 135°—кипит и разлагается на газообразные углеводороды и масла. Получают Г. из гуттаперчи кипячением последней с безводным алкоголем; нерастворимый остаток представляет собой гутту. Г. не растворяется в алкоголе, но растворяется в хлороформе, эфире, бензоле, сероуглероде, петролейном эфире, вазелиновом масле, в жирах и эфирных маслах. На солнце, на воздухе, желтеет и теряет способность растворяться в хлороформе.

**ГУТТАПЕРЧА**, затвердевший сок некоторых растений, гл. образом семейства Sapotaceae (см. *Гуттаперчевое дерево*). Добывание сока производится путем подсоски 12—15-летних деревьев. До последнего времени Г. добывали хищническим образом—валкой деревьев и собиранием сока из надрезов коры, что привело к беспощадному истреблению гуттаперчевых деревьев; Г. получают также из листьев и веток путем экстрагирования из них сока толуолом, петролейным эфиром или сероуглеродом; имеется также способ получения Г. путем действия щелочи на измельченные листья и ветки под давлением 5 atm. Лучшие сорта Г. желтовато-красного или желтого цвета, худшие—темного цвета. Г. безвкусна, обладает при нагревании неприятным запахом. Уд. вес 0,960—0,999; Г. несколько тяжелее воды, если удалить из нее воздух. Кубич. коэффициент расширения

чистой Г. при  $t^\circ$  от 0 до 40° равен 0,000496. В поляризованном свете (в особенности под давлением) Г. дает красивые цвета. Сырая Г. морщиниста и под микроскопом представляется пронизанной многими неправильной формы маленькими пустотами; по вальцованию или прессованию замечается волокнистая, малопористая структура. При 25° Г. кожиста, гибка, малоэластична, при 40° размягчается, при 45° тестообразна, при 62—65° мягка и легко формуется, вытягивается в нити, пластины, трубки, при 100° клейка, плавится при 150° в легко подвижную жидкость, к-рая при варке постепенно темнеет. При сухой перегонке Г. получают сгущающиеся пары; дистиллат желтого цвета, имеет неприятный запах и является хорошим растворителем Г.; кроме воды, он содержит преимущественно каучин, изопрен и гевеен. Г. легко зажигается и горит ярко светящим коптящим пламенем. При трении Г. заряжается отрицательным электричеством; свежая Г. является плохим проводником тепла и электричества. Под длительным действием света и воздуха Г. присоединяет кислород и превращается в крошащуюся белую массу; такая Г. становится хорошим проводником электричества и при трении электризуется положительно. Напротив, защищенная от света в воде, в особенности в морской воде, Г. не теряет своих качеств. Разбавленные минеральные к-ты и растворы солей на Г. не действуют; концентрированная  $H_2SO_4$  разрушает Г.; быстро разрушает Г. также и  $HNO_3$ , образуя красные пары. В хлороформе и сероуглероде Г. полностью растворяется при обыкновенной темп-ре; в бензоле, скипидаре, керосине растворяется при нагревании, в алкоголе или эфире—лишь отчасти; в кипящей воде Г. впитывает воду, становится липкой и тянется в нити.

Чистая Г., полученная обеспечиванием раствора очищенной Г. в хлороформе с животным углем и осадением спиртом, является углеводородом ф-лы  $(C_{10}H_{16})_n$ . Сырая гуттаперча содержит смолы, минеральные, сахаристые, белковые, дубильные вещества и следующие три характерные составные части: *гутту* (см.) до 82%, *албан* (см.) 14—15% и *флуавиль* 4—6%. Содержание гутты обуславливает хорошие характерные для Г. свойства—пластичность при высоких температурах, эластичность и растяжимость.

Для практического применения Г. должна удовлетворять известным условиям, зависящим от физических свойств очищенной Г.: соотношение между гуттой и прочими смолами влияет на  $t^\circ$  размягчения; электрич. свойства зависят преимущественно от качества гутты, от количества загрязняющих веществ и от воды. Прежде всего имеют практическое значение физико-механические испытания—так, например, нахождение коэффициента прочности, изолирующей способности, индукционной способности, сопротивления пробиванию электрической искрой, степени пластичности. Далее идут химические испытания на кислотоупорность, содержание влаги, смол и грязи.

Применение Г. по сравнению с каучуком крайне ограничено. Г. применяется как изолирующее вещество для подводных кабелей.

для медицинских и зубоорачебных целей, для формования, для специальных резиновых смесей. Г. вулканизуется с серой так же, как и каучук, но изделия из вулканизированной Г. особыми преимуществами по сравнению с невулканизированными не обладают и не имеют практического значения. Г. значительно дороже каучука, цена ее доходит до 10 рублей за 1 кг.

В СССР на Черноморском побережье Кавказа много лет растет несколько экземпляров среднекитайского дерева *Eucommia ulmoides Oliv.*, листья которого содержат гуттаперчеподобное вещество. Интерес для промышленных целей этого дерева отметил еще в 1889 году Дубовский и позже Вернуччио. Обследования в направлении использования *Eucommia* для получения гуттаперчи ведутся по инициативе Резинотреста Абхазским наркомземом (на Абхазской опытной станции в Сухуме).

Лит.: Босса Г., Проблема гуттаперчи в СССР, «Журн. резин. пром.», Москва, 1928; Obach E., Die Guttapercha, Dresden, 1910; Burck W., Sur les sapotacées des Indes Néerlandaises et les origines botaniques de la gutta-percha. «Annales du Jardin botanique de Buitenzorg», Leiden, 1888, t. 5, p. 1; Jungfleisch E., La production de la gutta-percha, p. 4, Paris, 1892; van Romburgh P., Les plantes à caoutchouc et à gutta-percha, cultivées aux Indes Néerlandaises, Batavia, 1900; Vernuccio, L'eucommia ulmoides, «L'Agricoltura coloniale». Firenze, 1921, 4; Marzahn R., Materialienkunde f. d. Kautschuktechniker, Berlin, 1920 (подробный указатель литературы); Dittmar R., Die Analyse des Kautschuks, der Guttapercha, Balata u. ihrer Zusätze, Wien-Lpz., 1909. Г. Босса и М. Лурье.

**ГУТТАПЕРЧЕВОЕ ДЕРЕВО**, *Palaquium*, *Palaquium Gutta* Burk. (*Isonandra Gutta* Hook) из сем. Sapotaceae, произрастает в большом количестве на Борнео и других островах Малайского архипелага, достигая высоты в 15—20 м при диам. 65—150 см. Затвердевший млечный сок, выделяемый из ствола и листьев этого дерева, первоначально молочного цвета, затем буреет, принимая вид пористой губчатой массы; после отжатия его под водой и спрессовки в куски, весом до 20 кг, поступает в продажу под именем *гуттаперчи* (см.). Высокая ценность получаемого продукта привела к необходимости разведения Г. д. сеянцами и черенками и посадок специальных плантаций. К Г. д. могут быть также отнесены: *Palaquium oblongifolium* Burk.; *P. borneense* Burk.; *P. Treubii* Burk.; *Illice pallida* Burk.; *Payena leerii* Benth. et Hook, *Payena macrophylla* и другие деревья того же семейства Sapotaceae, а кроме того, виллобий-каучук, лиана *Willoughbya firma* из сем. Aprocynaceae.

Лит.: Macmillan H. T., Handbook of Tropical Gardening and Planting, 2 ed., p. 409, L., 1914; Chailet A., Manuel de l'industrie du caoutchouc, p. 211—215, Paris, 1925; Leunis J., Synopsis d. drei Natureiche. T. 2—Botanik, B. 2, p. 566, 3 Aufl., Hannover, 1885. Н. Нобранов.

**ГУБЛЯ ЧИСЛО**, см. *Иодное число*.

**ГЮЙГЕНСА ПРИНЦИП**, теоретич. правило, введенное впервые (1696 г.) Гюйгенсом и упрощающее изучение распространения волнообразного (колебательного) движения в сплошной однородной среде. Волновой поверхностью, как известно, называется поверхность, во всех точках которой колебательное движение имеет одну и ту же фазу (см. *Волны*). Пусть  $S$ —положение волны в момент времени  $t$ . На фиг. изображена ли-

ния пересечения поверхности  $S$  с плоскостью чертежа. Пусть стрелки  $P$  указывают направление распространения волны до прихода в положение  $S$ . Каждая точка поверхности  $S$  рассматривается как центр новой волны; каждую такую волну назовем элементарной. Элементарные волны в изотропной среде будут сферическими, в анизотропной—более сложной формы. Все элементарн. волны через промежуток времени  $\Delta t$  после момента  $t$  займут некоторое определенное положение в пространстве. На фиг. показано пересечение их с плоскостью чертежа для некоторых точек поверхности  $S$ . Элементарные волны имеют две огибающие поверхности  $S'$  и  $S''$ —одну впереди, другую позади волны.

Г. п. устанавливает, что истинное положение волны в момент времени  $t + \Delta t$  будет

положением огибающей поверхности  $S'$ . Другая огибающая поверхность  $S''$  физическ. значения не имеет. Скорость передвижения волны (для изотропной среды) равна расстоянию между  $S$  и  $S'$ , деленному на время  $\Delta t$ . Гюйгенс применял это правило для объяснения распространения света, к-рый он считал колебательным движением особой невесомой упругой материи, наполняющей пространство,—эфира. Он доказывал необходимость существования эфира, рассматривая интерференцию колебаний, происходящих в различных точках среды между  $S'$  и  $S''$  от отдельных элементарных волн. Слабым местом его рассуждений является объяснение отсутствия обратной волны  $S''$ .

Более строгая, но все же не вполне совершенная формулировка и разъяснение Г. п. были даны О. Френелем на основании принципа интерференции (1822 г.). В руках Френеля Г. п. сделался могучим средством как для объяснений уже известных в его время явлений интерференции и дифракции, так и для открытия новых явлений, что и привело в первой половине 19 века к общему признанию волновой теории света вместо господствовавшей до того времени теории истечения Ньютона. Вполне строгая математическая формулировка Г. п. для среды, волновое движение к-рой управляется т. н. волновым уравнением

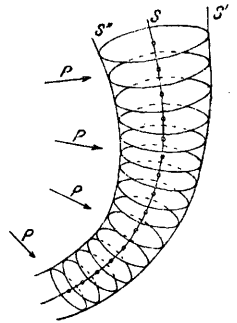
$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0,$$

дана Кирхгофом.

С математической точки зрения Г. п. является преобразованием интеграла волновой функции  $\psi$ , распространенной по объему, в интеграл, взятый по поверхности. Комбинация теоремы Грина и вышеописанного волнового уравнения приводит к следующему выражению Г. п.:

$$\psi(O) = \frac{1}{4\pi} \int \left[ \psi \frac{\partial}{\partial n} \left( \frac{1}{r} \right) - \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial n} - \frac{1}{cr} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} \cdot \frac{\partial r}{\partial n} \right] d\sigma,$$

где  $\psi$ —волновая функция,  $r$ —расстояния рассматриваемой точки от данной произ-



вольной замкнутой поверхности, по которой производится интегрирование,  $n$ —внутренняя нормаль к элементу поверхности,  $c$ —скорость света,  $d\sigma$ —элемент поверхности,  $\psi(0)$ —значение  $\psi$  в данной точке. Вполне точное решение задач о распространении волн в среде, в частности задач дифракции, достигается непосредствен. решением волнового уравнения при данных граничных условиях. Этот прием представляет, однако, очень большие математические трудности.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Френель О., О свете, Москва—Ленинград, 1928; Druide P., Lehrbuch der Optik, Leipzig, 1913; Huyghens Ch., Traité de la lumière, Paris, 1920; Poinscaré H., Théorie mathématique de la lumière, v. 2, Paris, 1892; П л а н с к М., Einführung in die theoretische Physik, B. 4, Leipzig, 1927. Н. Фредерикс.

**ГЮЛЬДЕНА ФОРМУЛЫ**, ф-лы для определения поверхностей и объемов тел вращения. Г. ф. выражают собою содержание следующих двух теорем.

1. Величина поверхности  $S$ , образованной вращением какой-либо плоской кривой около оси, лежащей с ней в одной плоскости и ее не пересекающей, равна произведению длины  $L$  этой образующей линии на длину дуги, пройденной ее центром тяжести. Обозначая через  $x_0$  расстояние центра тяжести образующей линии до оси вращения, получим для всей поверхности тела вращения:  $S = 2\pi x_0 L$ ; для части же поверхности, соответствующей угловому перемещению  $\alpha$ , меньшему  $2\pi$ ,  $S = \alpha x_0 L$ .

2. Величина объема  $V$ , образованного вращением какой-либо плоской фигуры около оси, лежащей с ней в одной плоскости и ее не пересекающей, равна произведению образующей площади  $F$  данной фигуры на длину дуги, пройденной ее центром тяжести.

Обозначая и в этом случае через  $x_0$  расстояние ц. т. образующей площади до оси вращения, получим для всего объема тела вращения:  $V = 2\pi x_0 F$ ; для части объема, соответствующей угловому перемещению  $\alpha$ , меньшему  $2\pi$ ,  $V = \alpha x_0 F$ . Если ось вращения пересекает площадь данной фигуры, то вышеуказанная формула определит разность объемов двух тел вращения описываемых площадями частей фигуры, лежащими по ту и другую сторону от оси вращения. Если вообще меридиональная линия дана уравнением  $y = f(x)$ , ось  $Ox$  есть ось вращения,  $S$ —часть поверхности тела вращения, заключенная между двумя плоскостями, проведенными на расстоянии  $x_1$  и  $x_2$  от начала координат нормально к оси  $x$ -ов, и  $V$ —объем, заключенный между теми же плоскостями и поверхностью тела вращения, то

$$S = 2\pi \int_{x_1}^{x_2} y dl; \quad V = \pi \int_{x_1}^{x_2} y^2 dx,$$

где  $dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ —дифференциал длины дуги меридиональной кривой.

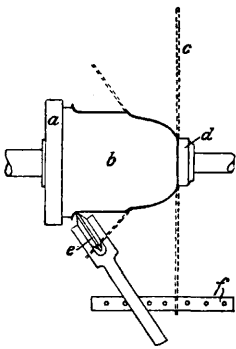
Вышеприведенные Г. ф. могут быть применяемы и вообще к какому угодно движению ц. т., лишь бы площадь фигуры была всегда перпендикулярна к направлению движения, напр., при образовании различных трубчатых поверхностей и объемов. Две теоремы, лежащие в основе формул Гюльдена, изложены Гюльденом (Guldin, 1577—1633 гг.) в его трудах: «De centro gravitatis» и «Centrobarusa», но еще раньше эта же идея об определении поверхностей и объемов тел вращения встречается у греческого математика Паппуса (Pappus, Collectiones mathematicae, lib. VII).

А. Яшнов.

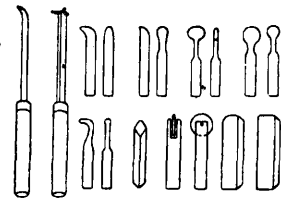


# Д

**ДАВИЛЬНЫЕ СТАНКИ** служат для изготовления из листового металла полых предметов, которые представляют собою тела вращения. Выдавливание заключается в том, что на головке шпинделя *a* Д. с. (фиг. 1), представляющего собой несколько измененный простой токарный станок, закрепляется модель *b* (лучше всего из пальмового дерева), которая имеет очертания внутренней поверхности изготавливаемого изделия. Отрезанный на круговых ножницах или на штампе диск *c* из обрабатываемого металла соответствующего диаметра прижимается к модели при помощи наконечника *d* (на центре задней бабки) и затем нажимается на вращающуюся модель при помощи стального ролика *e* или друг. соответствующего инструмента (фиг. 2).



Фиг. 1.

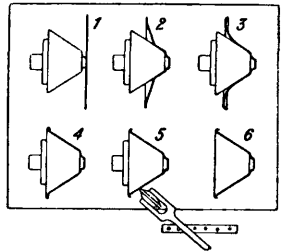


Фиг. 2.

Такое нажатие производится вручную, для чего станок снабжается подручником *f* с рядом отверстий, в которые по мере надобности вставляется штифт, который служит опорой для давилного инструмента (вместо таких подручников иногда применяются специальные суппорты). Перемещая давилный инструмент вдоль модели, диску постепенно придают требуемую форму. В случае выдавливания более сложных форм операцию производят в несколько приемов, пользуясь последовательно промежуточными моделями, при чем материал в виду наклепа иногда приходится отжигать.

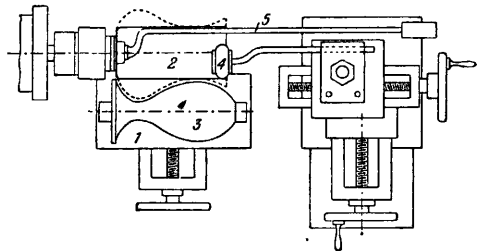
Ход работы на Д. с. (производство металлических абажуров) представлен схематически на фиг. 3. Металлический кружок соответствующих размеров приставляют к модели и слегка прижимают к ней указанным выше

способом (фиг. 3, 1); затем станок пускают в ход, и кружок центрируется легким нажатием на его кромку деревянного бруска, после чего наконечник (на центре задней бабки) прижимается к кружку плотнее и закрепляется в этом положении.



Фиг. 3.

Давильник слегка протирает вращающийся кружок куском воска или мыла, вставляет в соответствующее отверстие подручника штифт и приступает к работе, как было указано выше (фиг. 3, 2—6). Во время работы иногда приходится выравнивать кромки такого кружка при помощи особого реза (в виду растягивания материала при его выдавливании). Загибание бортика производится при помощи инструмента, головка которого представляет собою шарик соответствующего радиуса; край отверстия (с правой стороны) отворачивается и обрезается. На фиг. 4 приведен пример выдавливания пустотелого предмета с внутренней стороны. Для этой цели на втором суппорте *1*, который установлен впереди обрабатываемой заготовки *2*, укрепленной при помощи державки *5*, помещают ролик *3*, представляющий собой обратную (негативную) форму изготавливаемого



Фиг. 4.

предмета, и при помощи давилного ролика *4* нажимают материал на форму *3*. Обычные скорости станка: для железа толщины 1 мм—500 об/м., для цинка—от 1000 до

1 400, для меди, латуни и алюминия — от 800 до 1 400. Для выдавливания, в отличие от прессовки, требуются рабочие более высокой квалификации, но зато для него не требуется изготовления дорогих штампов и приспособлений.

Лит.: Machinery's Encyclopedia, v. 5, p. 453—460, N. Y., 1917.

**ДАВЛЕНИЕ** на поверхности тела, нормальная составляющая суммы сил, приложенных извне к телу, приходящаяся на единицу поверхности. В случае неравномерного распределения нормальн<sup>ы</sup>х составляющих, Д. в разных точках поверхности определяется как  $\frac{dN}{dS}$  (сила приложенная на бесконечно малом элементе площади), где  $N$  — нормальная составляющая суммы внешних сил,  $S$  — величина поверхности, к которой эти силы приложены.

В твердых телах давление вызывает изменение формы и объема и одновременно силы реакции тела. При установившемся равновесии, когда изменение формы и объема прекратилось, сила Д. в каждой точке поверхности тела уравнивается равной и противоположной силой противодействия тела (действие равно противодействию — 3-й закон Ньютона). В упругом твердом теле, при наличии давления, внутри тела действуют упругие силы напряжений, зависящие от величин упругих деформаций, претерпеваемых телом. В изотропных упругих телах упругие силы напряжений определяются в каждой точке тела помощью тензора напряжений; в кристаллических твердых телах — при помощи тетрады напряжений (см. *Векторное исчисление и Упругость*).

Для совершенных флюидов (газов и жидкостей) введено понятие о Д. внутри флюидов. Если мысленно расположить внутри флюида площадку, проходящую через данную точку, и обозначить обе стороны этой площадки через 1 и 2, то со стороны 2 внутри флюида на нее действует нормальная сила  $F$ , равная и противоположная сила, действующей на ту же площадку со стороны 1. Величина силы  $F$  не зависит от ориентации площадки. Д.  $p$  в данной точке флюида, по определению, называется сила, действующая на единицу площадки, т. е.

$$p = \frac{dF}{dS}.$$

Если в совершенной жидкости мысленно провести некоторую замкнутую поверхность  $S$ , ограничивающую объем  $\tau$ , то

$$\oint_S p \cdot dS = \int \nabla p \cdot d\tau,$$

где  $p$  — давление, а  $\nabla p$  — вектор силы, действующей на единицу объема и уравнивающей давление (см. *Векторное исчисление*, теорема Гаусса). Д. внутри весомых жидкостей при равновесии зависит поэтому от положения точки по отношению к уровню жидкости (см. *Гидростатика*). В газах, заключенных в замкнутых сосудах, давление одинаково не только в каждой точке по всем направлениям, но и во всем пространстве, занимаемом газом, если пренебречь его весом (см. *Газ и Кинетическая теория га-*

зов). Избыточным Д. газа называется разница между давлением газа, заключенного в замкнутом сосуде, и давлением среды, окружающей этот сосуд.

За единицу давления в системе CGS принимается бария, равная давлению 1 дин<sup>ы</sup> на 1 см<sup>2</sup>, и бар = 10<sup>6</sup> бариям. В настоящее время в качестве практической единицы Д. во Франции и в СССР введена пизза, равная Д. силы в 1 стэн на 1 м<sup>2</sup> (пизза = 10<sup>4</sup> бариям). В технич. системе метрич. единиц за единицу Д. принимается Д. силы в 1 кг на 1 см<sup>2</sup> (1 кг/см<sup>2</sup> = 98,1 пиззы). В англ. системе мер единицей Д. является Д. силы в 1 фн. на 1 дм. (Д. 1 фн. на 1 дм. = 0,070307 кг/см<sup>2</sup>; Д. 1 т на 1 дм. = 157,488 кг/см<sup>2</sup>).

В гидравлике Д. измеряется в м водяного столба; Д. 1 м вод. столба равно Д. силы в 0,1 кг/см<sup>2</sup>. В учении о газах употребляются в качестве практ. единиц Д.: 1) метрич. атмосфера: (1 атм = 1 кг/см<sup>2</sup> = 98,1 пиззы; не смешивать с нормальн<sup>ой</sup> атмосферой, — см. *Атмосфера*); 2) Д. 1 см столба ртути при 0° (1 см Hg = 1,333 пиззы); 3) Д. 1 см вод. столба при 4° (1 см вод. столба = 0,0981 пиззы = 0,001 кг/см<sup>2</sup>).

Для измерения Д. выше атмосферного служат манометры (см.), для измерения Д. атмосферы употребляют барометры (см.), для измерения Д. ниже атмосферного применяют вакууметры (см. *Манометры*).

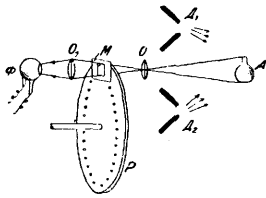
Приведем несколько величин разных Д.: Д. остающихся газов в пустотных лампах 10<sup>-6</sup> см Hg; то же в катодных лампах и рентгеновских трубках — 10<sup>-7</sup> см Hg.; Д. газа в городских газопроводах 1—1,5 см вод. столба; давление пороховых газов в каналах орудий около 8 000 кг/см<sup>2</sup>.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 1, 3, Берлин, 1923; Кирпичев В. Л., Сопоставление материалов, М., 1923; Шпильрейн Я. Н., Векторное исчисление, Москва—Ленинград, 1925; Ignatowsky W., Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik, B. 2, Leipzig, 1926; Förpl A., Vorlesungen über technische Mechanik, B. 3, 10 Aufl., Leipzig—Berlin, 1927; Förpl A. u. Förpl L., Drang und Zwang, B. 1, 2 Auflage, München—Berlin, 1924, B. 2, München—Berlin, 1920; Кеск В., Vorträge über Elastizitätslehre, B. 1, Hannover, 1922.

**ДАЛЬНОВИДЕНИЕ**, телевидение, электрическая телескопия, передача на расстояние изображений движущихся предметов посредством электрич. сигналов, распространяемых по проволоке или через радиостанцию. Передача на расстояние изображений неподвижных предметов (рисунков, фотографий) носит часто название телефотографии.

В основу Д. положено использование двух аппаратов — передающего и приемного, связанных между собой посредством проволоочной линии или радио. Основной системой передачи изображений, действительной для всех современных аппаратов, применяемых в рассматриваемой области, является т. н. точечная система. Она заключается в том, что в передающем аппарате в процессе самой передачи изображение оптическ. путем разделяют на большое число отдельных площадок («точек»), которые воздействуют в последовательном порядке на прибор, превращающий световые импульсы в электрич. (см. *Фотоэлемент*); последние затем распространяются по проволоке или излучаются

антенной. Число «точек», на которые должно быть разделено изображение при передаче, определяется тем, что полученные на приемной станции электрич. сигналы, преобразованные затем в оптические импульсы, должны достаточно отчетливо воспроизвести изображение. Опыт показывает, что с достаточной для практики точностью воспроизводятся изображения, разделенные при передаче на 2 500—5 000 точек. Для получения на приемной станции изображений, весьма точно воспроизводящих оригинал, число точек необходимо довести до 10 000. При передаче изображения движущихся предметов применяется метод наложения одного на другое ряда изображений, при чем каждое из них соответствует отдельному положению предмета. Опыт кинематографии показывает, что для достижения зрительного впечатления о непрерывном перемещении предмета на воспроизводимом изображении необходимо на приемной станции налагать одно на другое ок. 10—16 изображений в течение 1 сек. Т. о., время передачи одного изображения при Д. определяют приблизительно в 0,1—0,06 сек. Для достижения лишь

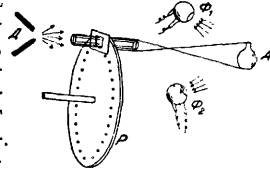


Фиг. 1.

удовлетворительной передачи изображения, состоящего из 2 500 точек, минимальное число передаваемых в 1 сек. электрич. импульсов должно достигать 25 000. Для точной передачи изображений число импульсов должно быть доведено до 100 000—160 000.

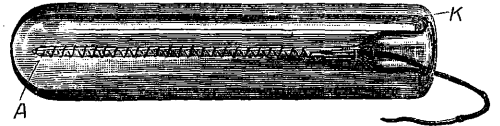
Проблему Д. нельзя еще считать решенной вполне, так как наиболее совершенные современные аппараты дают возможность практически осуществлять передачу не более 25 000—50 000 электр. импульсов в сек., что объясняется, с одной стороны, затруднительностью при большой частоте конструктивного выполнения механич. частей аппарата, а с другой—необходимостью введения весьма мощных ламповых усилителей, работающих без искажения усиливаемых электрических сигналов.

Распределение передаваемого изображения на точки и превращение оптич. сигналов в электрич. импульсы осуществляется приборами, схематически изображенными на фиг. 1 и 2. Объект передачи А, находящийся перед объективом О, освещается мощными источниками света  $D_1$  и  $D_2$ . Отраженные от предмета лучи света отбрасываются объективом на диск Р, служащий распределительным механизмом. Диск Р имеет большое число отверстий (25—50), расположенных по спирали. При вращении диска посредством электромотора отверстия на нем проходят перед окном М, размеры которого (2,5 × 2,5 см) берут такие, чтобы в каждый отдельный момент перед окном проходило только одно отверстие. Лучи света,



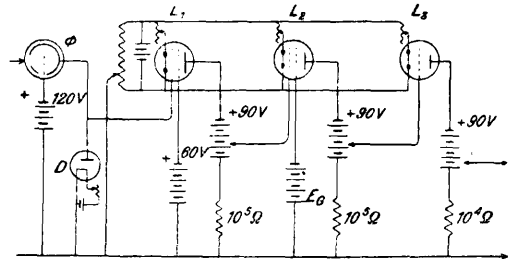
Фиг. 2.

проникающие через отверстие, проходящее перед окном, собираются оптич. линзой  $O_1$  и падают на фотоэлемент Ф, превращающий световые импульсы в электрические. При наличии 50 отверстий на диске, диаметре



Фиг. 3.

отверстия 0,05 см и вращения его со скоростью 10 об/сек., изображение проходит всеми отверстиями диска 10 раз в сек., а на фотоэлемент воздействует свет, пульсирующий с частотой 25 000 колебаний в сек. Схема распределения, приведенная на фиг. 2, отличается от описанной только взаимным расположением отдельных частей. В данном случае предмет А освещается источником света Д, лучи которого предварительно проходят через распределительный механизм Р. Падающие на предмет лучи света освещают в последовательном порядке все точки предмета, при чем в каждый отдельный момент является освещенной лишь одна какая-либо точка. В зависимости от окраски и формы предмета А, отдельные точки отражают на  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  большей или меньшей силы свет, создающий соответствующие электрич. импульсы, частота которых соответствует 25 000 колебаний в сек. Способ распределения, показанный на фиг. 1, дает возможность использовать освещенные



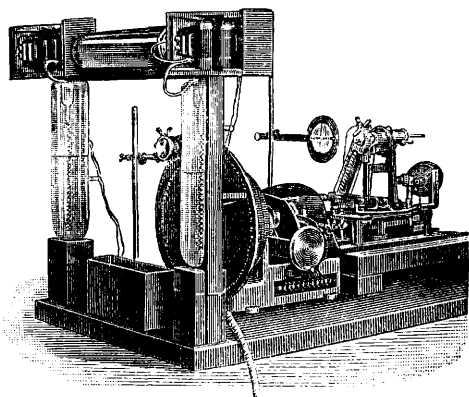
Фиг. 4.

объекта А дневным светом; способ, указанный на фиг. 2, применяется при пользовании искусственным светом.

Фотоэлемент, применяемый при Д. (фиг. 3), представляет собою стеклянную запаянную трубку длиной около 25 см, из которой удален воздух. В трубке помещаются два электрода: анод А имеет вид спиральной платиновой проволоки, катод К представляет собою светочувствительный слой (металлич. калий), наложенный на внутреннюю поверхность трубки. Величина поверхности слоя достигает ~ 775 см<sup>2</sup>. От анода и катода через стекло трубки отходят проводники. При включении в цепь фотоэлемента аккумуляторной батареи, обладающей напряжением в 50—100 В, в его цепи протекает ток большей или меньшей силы, соответствующий освещенности. Сила электрич. сигналов, получаемых в фотоэлементе под действием света от отдельных точек передаваемого изображения, весьма мала и соответствует при-

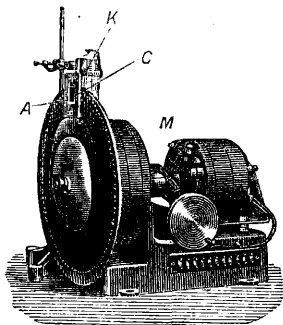
близительно  $10^{-8}$  А. Для передачи электрич. сигналов от фотоэлемента по проводам или через радиопередатчик приходится прибегать к значительному усилению фотосигналов посредством специальных ламповых усилителей. Одна из усилительных схем, применяемых для этой цели, представлена на фиг. 4. Общий вид практически применяемой для дальновидения передающей установки представлен на фиг. 5.

Усиленные электрические сигналы от фотоэлемента передаются по проводам или по радио (модулируя радиопередатчик) на приемную станцию. Воспроизведение изображения на приемной станции осуществляется

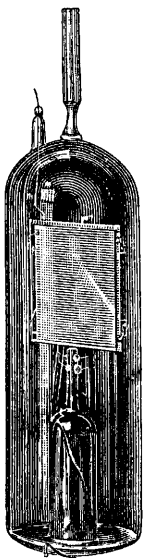


Фиг. 5.

путем применения аппарата, представленного на фиг. 6. Приемный аппарат состоит из точно такого же дискового распределительного механизма *A*, какой имеется в передатчике, вращаемом электромотором *M*. Отверстия распределительного диска проходят перед окном *C*, через которое рассматривают получаемое изображение. Диски распределительных механизмов передатчика и приемника вращаются вполне синхронно, что достигается применением особых регулирующих устройств. При синхронном



Фиг. 6.



Фиг. 7.

вращении каждому положению отверстия диска в окне передатчика соответствует положение отверстия диска в окне приемного аппарата. Усиленные электрич. импульсы, получаемые от фотоэлемента передатчика,

воздействуют на особую неоновую лампу *K*, изображенную отдельно на фиг. 7, находящуюся за диском приемного распределительного механизма. Между электродами лампы *K* (фиг. 6) под действием приемных электрич. сигналов возникает свечение газа неона, находящегося в разрежен. состоянии в баллоне лампы. Сила свечения газа в лампе изменяется пропорционально напряжению от приемных сигналов изображения; так как свечение в газовой среде не обладает запаздыванием по отношению к изменению подводимого напряжения, то импульсы свечения в лампе находятся в строгом соответствии (по силе) со световыми импульсами от отдельных точек передаваемого изображения. Соответствие между вращением дисков распределительных механизмов и соответствие световых пульсаций от неоновой лампы со световыми пульсациями от точек передаваемого изображения дают достаточно удовлетворительное воспроизведение изображения в окне *C* приемного аппарата.

Лит.: Розинг В. Л., Электрич. телескопия, П., 1923; Михали Д., Электрич. дальновидение и телегор, пер. с нем., со статьей В. А. Гурова, Л., 1925; Friedel W., Elektrisches Fernsehen, В., 1925; Eichhorn G., Wetterfunk, Bildfunk, Television, Lpz.—В., 1926; Frank G. a. Horton J. W., The Production a. Utilisation of Television Signals, «The Bell System Technical Journal», N. Y., 1927, October; Dauvillier A., La télévision électrique, «RGЕ», 1928, t. 23, 1, 2, 3.

С. Науриин.

**ДАЛЬНОМЕРЫ**, приборы для определения расстояния между двумя данными точками без непосредственного его измерения и вычисления, при чем предполагается, что *D*. установлен в одной из них. *D*. применяются при геодезических работах в качестве навигационных инструментов на морских судах и в военном деле. *D*. могут быть разделены на следующие группы: акустические, оптические, горизонтально- и вертикально-базные с базой на местности (механические *D*.) и микрометры.

**Акустические *D*.** Действие акустич. *D*. основано на применении законов акустики. Первым и наиболее простым представителем этой группы является дальномер системы ле-Булаже.

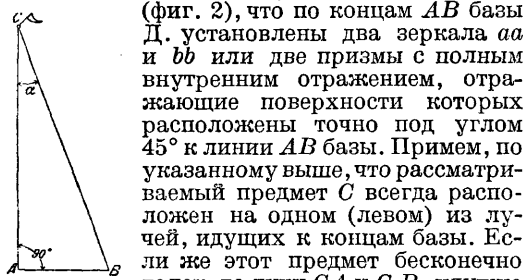
**Оптические *D*.** Здесь задача определения расстояния сводится к решению прямоугольного тр-ка (фиг. 1), одной из вершин которого служит удаленный предмет (цель) *C*, двумя же другими вершинами служат концы *A* и *B* базы *D*. При этом считается, что база *D*. всегда расположена перпендикулярно к направлению на цель, т. е. угол *A*—всегда прямой; длина базы *AB* между центрами объективов дальномера точно (до 0,1%) известна, и наблюдатель находится в точке *A*. При наличии этих условий искомое расстояние *AC* до цели *m. б.* всегда определено из прямоугольного тр-ка *ABC*, если известен один из острых углов. В целях достижения большей точности измеряется малый угол *C = α* при цели, т. н. п а р а л л а к т и ч е с к и й угол (*α* не угол *B*, близкий к 90°), и расстояние определяется по элементарной формуле:

$$D = AC = \frac{AB}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Главной особенностью оптических дальномеров является способ измерения весьма

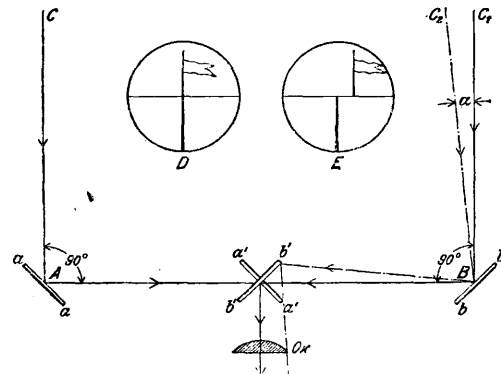
малых углов с точностью, которая недостижима обычным механическим путем.

Проф. Барр и Струд первые разработали прибор, производящий измерение столь малых углов косвенным путем. Представим себе



Фиг. 1.

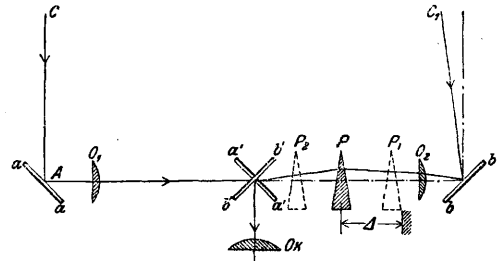
(фиг. 2), что по концам  $AB$  базы  $D$ . установлены два зеркала  $aa'$  и  $bb'$  или две призмы с полным внутренним отражением, отражающие поверхности которых расположены точно под углом  $45^\circ$  к линии  $AB$  базы. Примем, по указанному выше, что рассматриваемый предмет  $C$  всегда расположен на одном (левом) из лучей, идущих к концам базы. Если же этот предмет бесконечно далек, то лучи  $CA$  и  $C_1B$ , идущие от него к концам базы, можно считать параллельными между собой и перпендикулярными к базе, почему и по отражении от концевых зеркал лучи эти пойдут вдоль базы  $AB$ . Встретив на своем пути вторую (центральную) систему зеркал  $a'a''$  и  $b'b''$ , соответственно параллельных первым (но в которой зеркало  $a'a''$  расположено ниже  $b'b''$ ), лучи отразятся от них и пойдут так, что в окуляр  $Ok$   $D$ . верхняя и нижняя половины предмета будут видны лежащими в одной вертикальной плоскости и представляющими точное продолжение одна другой (фиг. 2,  $D$ ). Если после этого наблюдаемый предмет придвинулся из бесконечности к наблюдателю, то правый луч  $C_2B$  окажется наклоненным на некоторый угол  $C_1BC_2 = \alpha$  к своему первоначальному направлению  $C_1B$ . Вследствие этого и отражение  $Bb''$  этого луча от правого концевого зеркала  $B$  пойдет не вдоль базы  $AB$ , а несколько под углом к



Фиг. 2.

ней, вследствие чего и изображение в верхней половине поля зрения сдвинется относительно части предмета, видимой в нижней половине поля зрения, оставшейся неподвижной (фиг. 2,  $E$ ). Поместим в  $D$ . (фиг. 3) на пути правого луча, после его отражения от концевого зеркала  $bb'$ , объектив  $O_2$  и призму  $P$ , преломляющую луч к своему основанию вершиной к цели. Перемещая, в соответствии с расстояниями от цели, призму  $P$  между двумя крайними ее положениями посредством микрометрического винта, вращаемого от измерительного валика  $D$ ., можно добиться такого положения призмы

$P$ , при котором правый преломленный луч упадет как раз на центр зеркала  $b'b''$  и, отразившись от него и пройдя через окуляр  $Ok$ , окажется в одной вертикальной плоскости с лучами, идущими от левого отражающего зеркала  $A$ . Тогда наблюдатель получит впечатление целого наблюдаемого предмета (например, мачты), верхняя и нижняя половины которого будут точно совпадать. Таким образом, всякому расстоянию до цели  $C$  будет соответствовать свое определенное положение призмы  $P$ ; величина  $L$  передвижения призмы  $P$  характеризует собой расстояние цели от  $D$ ., сама же дистанция отсчитывается по шкале, край которой связана с призмой и движется мимо неподвижного индекса. Так как ход призмы



Фиг. 3.

$P$  велик, то даже малое изменение параллактич. угла выражается сравнительно большим и точно измеримым передвижением отклоняющей призмы. Фирма Цейсс в своих  $D$ . применяет для отклонения правого луча не линейное передвижение одной отклоняющей призмы, а вращение одной отклоняющей призмы относительно другой. Оптический  $D$ . делится на два класса: монокулярные, основанные на зрении одним глазом, и бинокулярные (или стереоскопические)  $D$ ., основанные на особенности видения обоими глазами.

Монокулярный  $D$ . состоит из наружного корпуса и внутреннего остова. Наружный корпус  $D$ . имеет вид длинной (до 10 м) трубы, расположенной горизонтально и вращающейся на штативе; он служит для защиты внутреннего остова; кроме того, на нем расположены окулярные части и валик, служащий для измерения расстояний. Внутренний остов заключает в себе всю важнейшую внутреннюю оптическую часть  $D$ . и внутренний механизм его. Оптика монокулярного  $D$ . была описана выше. Точность показаний  $D$ . выражается следующей ф-лой:

$$\Delta D = \frac{D^2}{w \cdot B} \Delta \delta,$$

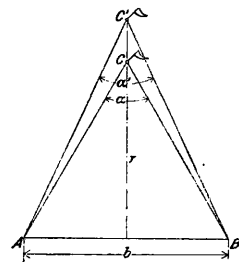
где  $\Delta D$ —ошибка в дистанции (в м),  $D$ —дистанция (в м),  $B$ —величина базы  $D$ . (в м),  $w$ —линейн. увеличение,  $\Delta \delta$ —угловая ошибка сведения изображений, принимаемая равной  $10''$ . На практике величина  $\Delta \delta$  изменяется в зависимости главным образом от степени обученности дальномерщика и от условий наблюдений (освещения и видимости предмета, отсутствия дрожания слоев воздуха и пр.). При наилучших условиях  $\Delta \delta$  будет ок.  $10''$ , при плохих —  $20 \div 30''$ , а в наиболее неблагоприятных случаях (туман, мгла и т. п.) может доходить до  $40''$  (см. табл.).

Теоретические ошибки\* оптических дальномеров в м, вычисленные по ф-ле  $\Delta D = \frac{D^2}{wB} \Delta \delta$ , при постоянном  $\Delta \delta = 10''$ .

Длина базы в м	6		5		4		3		2	
	Линейное увеличение									
1 000	—	—	—	—	—	—	—	—	1,32	—
2 000	1,2	1,4	1,7	2,6	2,3	2,8	3,5	5,26	—	—
3 000	2,6	3,1	3,9	5,7	5,2	6,3	7,8	11,8	—	—
4 000	4,6	5,5	6,9	10,2	9,2	11,2	13,9	21,1	—	—
5 000	7,2	8,6	10,8	16	14,4	18,0	21,6	32,9	—	—
6 000	10,4	12,5	15,6	23	20,8	25,3	31,2	47,4	—	—
7 000	14,1	17,0	21,2	31	28,3	34,5	42,4	64,5	—	—
8 000	19	22	28	41	37	45,0	56	84	—	—
9 000	23	28	35	52	47	57,0	70	107	—	—
10 000	29	35	43	64	58	70,4	87	132	—	—
12 000	42	50	62	92	83	103	125	—	—	—
14 000	57	68	85	125	113	—	170	—	—	—
15 000	65	78	98	145	130	—	188	195	—	—
20 000	115	138	173	256	231	—	282	346	—	—
30 000	260	311	390	576	520	—	633	780	—	—
40 000	462	553	—	1 024	—	—	—	—	—	—
50 000	720	865	—	1 600	—	—	—	—	—	—

\* Практически ошибки могут достигать значений в 3—4 раза больше указанных.

Бинокулярный (стереоскопический) Д. для процесса измерения расстояния требует работы обоих глаз одновременно. Как известно, стереоскопичность зрения, позволяющая воспринимать глубину пространства, происходит, во-первых, от того, что изображения одного и того же предмета на сетине обоих глаз не тождественны; во-вторых, при изменении расстояния  $r$  (фиг. 4) цели  $C$  от глаз  $A$  и  $B$ , меняется угол  $\alpha$  между визирными линиями  $AC$  и  $BC$ . Эти изменения инстинктивно отмечают глаза и вызывают стереоскопичность видения. Однако, при очень малых углах  $\alpha$  глаза теряют эту способность. Пределом  $\alpha$  для хорошего дальномерчика можно считать  $10''$ . Расстояние  $b$  между глазами у различных лиц меняется в пределах от 58 до 72 мм; в среднем,



Фиг. 4.

$b = 64$  мм. Расстояние  $r_0$ , при котором глазной параллакс  $\alpha$  равен  $10''$ , называется радиусом стереоскопического зрения:

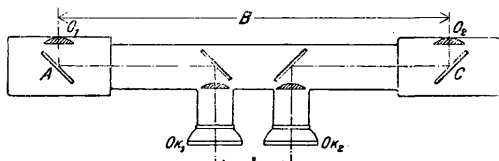
$$r_0 = \frac{6,4}{\text{tg } 10''} = 132\,000 \text{ см,}$$

так как для расстояний, больших  $r_0$ , все предметы кажутся одинаково удаленными; однако, с увеличением базы  $B$  радиус этот увеличивается как отношение расстояния  $B$  между объективами прибора к расстоянию  $b$  между глазами. Это отношение  $P_1 = \frac{B}{b}$  называется удельной пластикой прибора. При введении в прибор еще увеличения  $w$ , увеличиваются в  $w$  раз и предел глазного параллакса ( $10''$ ) и полная пластика прибора  $P = w \frac{B}{b}$ . Пусть  $AC$  (фиг. 5) стереоскопич. труба, у которой объективы  $O_1$ ,  $O_2$  с параллельными осями находятся на расстоянии  $B$  друг от друга ( $B$ —база инструмента). При помощи комбинаций из призм

изображения оборачиваются и подводятся под окуляры  $O_{K_1}$  и  $O_{K_2}$ , оси которых между собою параллельны и находятся на расстоянии  $b$  друг от друга. Тогда, напр., при базе инструмента  $B = 6,4$  м и увеличении в 28 раз, полная пластика  $P$  прибора будет:

$$P = 28 \frac{6\,400}{64} = 2\,800.$$

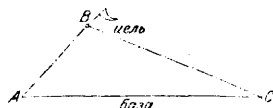
Вообразим, что в фокальных плоскостях трубок прибора помещены стереоскопич. снимки с рядов, находящихся на определенных расстояниях от наблюдателя. Смотри в прибор, увидим, что веки как бы уходят вглубь пространства, и сможем оценить удаление точек обозреваемого ландшафта в зависимости от того, близ которой из вех они придутся. Такой бинокль был в начале 90-х годов прошлого столетия предложен Грузильером в Германии (Шарлоттенбург). Идея Грузильера была практически осуществлена



Фиг. 5.

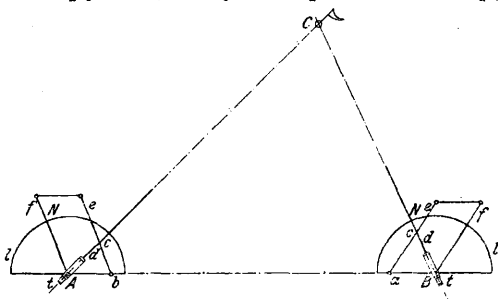
фирмой Цейсс при участии проф. Аббе и Цульфриха, разработавших прототип современного стереодальномера. Теоретическая точность стереоскопического Д. совпадает с таковой монокулярных, ибо в ф-ле ошибки величины предельного глубинного и бокового параллакса совпадают, достигая у хороших дальномерчиков, примерно,  $10''$ . Преимущество стереоскопич. Д. перед монокулярными несомненно: первые не требуют для наблюдения предметов с резко выраженными вертикальными контурами и, не искажая изображения предмета, позволяют лучше его наблюдать.

Горизонтальнобазные Д. с базой на местности основаны на механическом построении тр-ка по известной стороне—базе  $AC$  (фиг. 6) и двум прилежащим к ней углам  $A$  и  $C$ , при чем остальные две стороны  $AB$  и  $BC$  и представляют собой в масштабе искомые расстояния от точек  $A$  и  $C$  до цели  $B$ . При этом углы  $A$  и  $C$  определяются с помощью угломеров, а величина базы, которая в целях точности выбирается возможно большей (несколько км), определяется для данного Д. раз навсегда геодезически



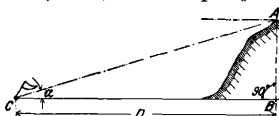
Фиг. 6.

с большой точностью. Горизонтальнобазный береговой дальномер системы Лауница с телефонной передачей (фиг. 7) состоит из двух одинаковых отдельных угломеров, устанавливаемых по концам *A* и *B* большой горизонтальной базы и соединяемых между собой телефонными линиями. Каждый угломер состоит из горизонтального лимба *l*, зрительной трубы *t*, могущей вращаться вокруг



Фиг. 7.

центра лимба (*A* и *B*), базисного бруска (*Ab* и *aB*) и трех линеек: дистанционной *d*, засекающей *e* и вспомогательной *f*. Базисный брусок *Ab* и *aB* закрепляется неподвижно по нулевому диаметру лимба, справа или слева от его центра, в зависимости от расположения вспомогательного наблюдательного пункта *B* относительно главного *A*, от которого и определяют расстояние до цели. Линейки, дальномерная *d* и вспомогательная *f*, могут вращаться вокруг центра лимба (*A* и *B*), засекающая же линейка *e* (соединенная всегда параллельно вспомогательной) вращается вокруг той точки (*b* или *a*) базисного бруска, к-рая изображает на нем точку стояния второго угломера. Расстояния определяются по способу засечек, при чем направление визирного луча со вспомогательного пункта *B* (выраженное в делениях угломера) передается по телефону на главный прибор *A*, после чего на нем строится тр-к *AcB*, подобный тр-ку *ACB* на местности, и

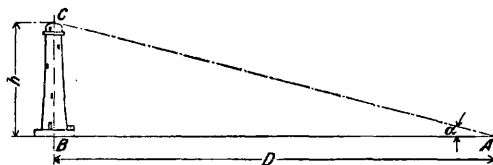


Фиг. 8.

и расстояние *AC* до цели отсчитывается по шкале дистанционной линейки *d* в месте ее пересечения засекающей *e*. При стрельбе по движущейся цели нужно знать расстояние не для момента дальномерного определения, а последующего падения снарядов. Исправление направления зрительных труб производится автоматически посредством так называемых упредительных механизмов. Горизонтальные Д. с большой базой отличаются по сравнению с оптическими большей точностью, но обладают некоторыми недостатками, главными из коих являются длительность и ненадежность передачи по телефону. Во избежание этого недостатка, телефонная передача установки засекающей линейки вспомогательн. угломера на главный заменена электромеханич. передачей, при к-рой засекающая линейка главного прибора движется синхронно с визирной трубкой бокового наблюдателя (французск. система Ривальса; итальянская—Браччиалини; рус-

ская—Петрушевского и де-Шарьера). Наибольшая дистанция, определяемая горизонтальнобазным Д. с достаточной для боевых целей точностью, равна приблизительно учетверенной длине базы.

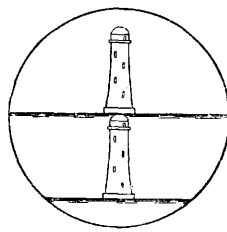
Вертикальнобазные Д. с базой на местности. Определение дистанции сводится к решению прямоугольного тр-ка *ABC* на местности (фиг. 8) по известным катету *AB* (высота стояния Д.) и углу *a* при цели, по ф-ле  $D = AB \operatorname{ctg} a$ . Высота стояния Д. над уровнем моря определяется геодезически и является т. о. постоянной. При наличии сильных приливов и отливов, резко изменяющих высоту стояния Д., последняя все время указывается особым прибором и при пользовании Д. устанавливается соответственно данному моменту. Величина угла *a* представляет собой наклон визира относительно горизонтальной линии. Для автоматизации решения визирная труба движется по криволинейным направляющим, при чем угол наклона *a*, а следовательно, и дистанция, определяются непосредственно по положению трубы и отсчитываются на шкале, нанесенной на направляющих. Прибор дает хорошие, в смысле точности, показания при



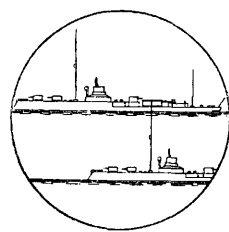
Фиг. 9.

большой высоте базы. Наличие сильных приливов и отливов, особенно при малой высоте стояния Д., равно как и колебания рефракции, значительно уменьшают точность показаний. Величина наибольшей дальности в км, измеряемой с достаточной для боевых целей точностью, равняется высоте базы, выражаемой в м, деленной на 4.

М и к р о м е т р ы, тип Д., к-рые собственно измеряют только угол *a*, под к-рым видна база (параллактич. угол), величина же самого расстояния получается из прямоугольного тр-ка *ABC* (фиг. 9) по формуле:  $D = h \operatorname{ctg} a$



Фиг. 10.



Фиг. 11.

при известной высоте *h* вертикальной базы цели. Микрометр представляет собой обыкновенную зрительную трубу, объектив которой распилен по вертикали пополам; обе половины его могут двигаться по вертикали независимо одна от другой, давая каждая свое изображение цели. Процесс измерения состоит в следующем. Сначала на особой шкале с надписью «высота цели» устанавливают высоту цели. Затем, наведя прибор на

цель, вращают измерительный винт до тех пор, пока оба изображения цели, передвигаясь по вертикали, не станут точно одно над другим, касаясь друг друга, как показано на фиг. 10. Подобным совмещением измеряется параллактик. угол  $\alpha$ , а самое расстояние читается на соответственной шкале. Таково устройство микрометров системы Люкаля, Мякишева, Фюсса. В микрометре системы Крылова возможно еще и боковое смещение изображений. Это обстоятельство важно с точки зрения подбора и возможности совмещения наиболее резко видимых точек изображения, напр., вершин мачт со срезом башен (фиг. 11), что неосуществимо в микрометрах других систем.

*Лит.*: Лемтюжников Д. С., Дальномеры. Теория и устройство, Л., 1928; Отчет Кронштадтской крепостной артиллерии об испытании оптич. дальномеров, СПб., 1912; Золотухин С. Х., Дальномеры Барра и Струда, СПб., 1903; Гуранда И. В., Стереоскопические приборы, П., 1914; Длусский А. П., Оптика и дальномеры, П., 1914; Описание дальномера Барра и Струда типа Р. О., СПб., 1912; Goergz, Télémètre à base pour petites distances, «Revue d'optique théorique et instrumentale», P., 1926, 3, p. 137—139; Télémètre stéréoscopique avec altimètre et tachymètre, ibid., 1925, 1; Nouveau télémètre suisse, «Ztschr. f. Instrumentenkunde», В., 1925, p. 546. **С. Агафонов.**

**ДАЛЬТОНИЗМ**, ненормальное цветоощущение: обладающие им лица видят в спектре оттенки всего лишь двух тонов—желтого и синего; между этими цветами, в области зелено-голубого, имеется участок, кажущийся им серым. При известных соотношениях яркости, лица, страдающие Д., не отличают, например, красного от зеленого, синего от пурпурного и др.

Различают две группы дальтоников, условно обозначаемых как краснослепые (протанопы) и зеленослепые (деутеринопы). В отличие от зеленослепых у краснослепых наблюдаются укорочение видимого спектра с красного его конца и передвинутость места наибольшей яркости в спектре от желтого ближе к зеленому. Сам дальтоник и окружающие его могут часто долго не замечать дефекта зрения, поскольку дальтоник, в силу заученности, правильно называет цвета обычных предметов и различает их по их светлоте. Д. неизлечим. Существует ряд приемов установления Д. (испытание с шерстью по Гольмгрену, таблицы Штиллинга, Нагеля и др.). Испытание подобного рода бывает безусловно необходимо при приеме на службу, требующую нормального цветоощущения (транспорт, колористика и т. п.). **С. Кравков.**

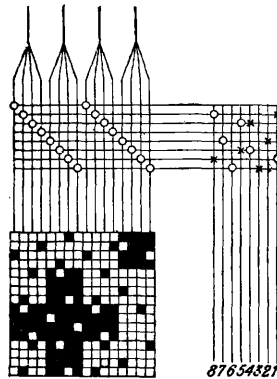
**ДАМАССКАЯ СТАЛЬ**, булат (см.), по своему составу представляет углеродистую сталь с содержанием углерода чаще всего в пределах от 1,3 до 1,8%; однако, встречаются клинки, в анализе которых количество углерода составляет всего 0,6%. Количество Si, Mn и S обычно весьма мало и выражается вторым или третьим десятичным знаком. Количество P в нек-рых образцах гораздо больше, чем это допускается современной металлургией, а именно, в 5 образцах, исследованных Чокке (В. Zschokke), оно колебалось от 0,09 до 0,25%.

*Лит.*: Виноградов А. П., Происхождение булатного узора, «Технико-экономический вестник», М., 1924, т. 4, 8—9; Zschokke В., «RM», 1924, p. 635—669; Nagelsker R., «Stahl und Eisen», 1924, p. 1409—1411. **Н. Соколов.**

**ДАМАСТОВЫЙ СТАНОК**, ткацкая машина для изготовления дамастовой ткани, т. е. такого переплетения, в раппорте к-рого вместо каждой основной и уточной нити взято 2, 3, 4 нити. Если принять, напр., на фиг. 1 увеличение равным 4, то каждый закрашенный квадрат будет соответствовать подъему четырех основных нитей во время образования четырех соседних зевов, каждый же незакрашенный—опусканию их; закрашенная часть чертежа представляет собой рисунок ткани, а незакрашенная—фон. При таком переплетении связь основы и утка получилась бы очень слабой, и нити легко могли бы смещаться друг по другу. Чтобы предотвратить это, их укрепляют и в рисунке и в фоне введением какого-либо добавочного переплетения (фиг. 2). Такую ткань можно выработать, пользуясь одновременно кареткой Жаккарда и переборной кареткой с ремизом, как показано на фиг. 3. Здесь каждая нить основы пробрана в особую лицу  $a$ ; последние в количестве, соответствующем группе, привязывают к одному рамнику жаккардовой машины рамным шнуром  $b$ . Жаккардова машина, т. о., совершает подъем и опускание группы. Для образования же переплетения в группе применяют ремизки  $c$  с удлиненным до 8 см глазком, который позволяет, с одной стороны, перемещаться нитям основы под действием жаккард. машины, а с другой стороны, действовать на них ремизкам. На фиг. 2 показаны проборка и проступание ремизок. При этом способе



Фиг. 1.



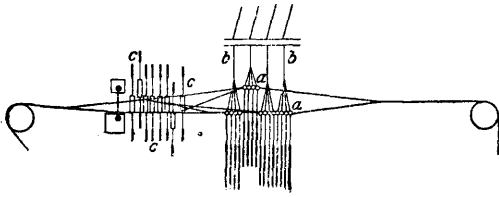
Фиг. 2.

работы основные нити скрещиваются в зеве, что вызывает в них излишнее удлинение и натяжение и заставляет уменьшать высоту зева, применять малые челноки и работать с незначительной скоростью станка. Имеется несколько конструкций спец. Д. с.: Гюнтера, Шлейхера и Гроссе, Кондермана и др.

На фиг. 4 приведена схема наиболее распространенного Д. с. Г. Гюнтера. В нем рисунок вырабатывается жаккардовой машиной  $A$ , крючки  $a$  которой расположены горизонтально. К рамному шнур  $b$  каждого крючка привязывается группа аркатных шнуров  $c$ , численно равная увеличению. Далее аркатные шнуры соединяются с трубочками  $d$ . Через  $d$  пропускаются шнуры от лиц  $e$ , прикрепленные другими концами к пластинам  $f$ . Эти пластины могут перемещаться по вертикали вверх и вниз, направляемые прутками  $h$ , и, кроме того, качаться около прутков влево или вправо, отчего их называют иногда маятниками. Пластины  $f$  имеют внизу треугольные вырезы, к-рыми они могут опираться или на ножи  $k$  или на ножи  $k'$ . Трубочки, пластины и ножи в

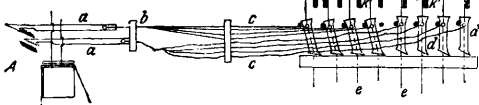


совокупности образуют маятниковую машину *B*, которая служит для переплетения основы и утка в группах нитей, поднимаемых фигурной машиной *A*. Движение ножей



Фиг. 3.

маятниковой машины и картона фигурной машины производится особым прибором. Машина *A* во время образования зева отклоняется влево часть трубочек, к-рые перемещают соответствующие маятники *f* и ставят их под действие ножей *k*. На маятники трубочек, оставшихся в покое, могут действовать ножи *k'*. Ножи *k* и *k'* движутся соответственно переплетению основных нитей рисунка и фона, т. е. при каждом ударе станка часть их поднимается, часть же остается неподвижной. Число ножей *k* и *k'* д. б. кратным числам нитей переплетения рисунка и фона



Фиг. 4.

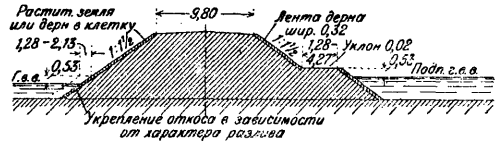
в отдельности. Например, если рисунок вырабатывается 8-ремизным атласом, а фон—5-ремизным, то надо взять по  $5 \times 8 = 40$  тех и других. Благодаря тому, что маятники рисунка и фона перемещаются независимо друг от друга, скрещивания нитей в зеве не получается.

Лит.: М о н а х о в А. Д., Ткацкое производство, с атласом, П., 1923; Г р е б н е р Э., Ткачество, пер. с нем., М., 1905; D o n a t F., Technologie d. Jacquard-Weberei. Lpz.—W., 1902. И. Новиков.

**ДАМБЫ**, возвышения в виде вала, устраиваемые: 1) для проложения пути над водой, оврагом, в русле реки; 2) для защиты местности или сооружений от разлива рек, колебаний уровня озера или моря, от селевых вод; 3) для выправления течения реки; 4) для обеспечения правильной работы головных ирригационных сооружений; 5) для ограждения искусственных водоемов и каналов—морских, речных, оросительных. Дамбы устраивают земляные, фашинные, каменные, карабурные, сипайные, габионные и смешанного типа.

**Путевые дамбы.** Д. дорожная и железнодорожная устраивается для проложения пути над водой и имеет ширину по верху в зависимости от пропускной способности дороги (однопутная, двухпутная), а откосы—в зависимости от качества грунта и высоты Д. Крутизна откосов Д. при крупном постелистом камне—от 1:1 до 1:1 1/4; при средних размерах камня—от 1:1 1/4 до 1:1 1/2;

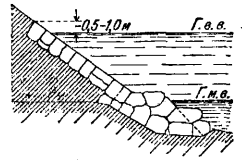
при песчаных Д.—от 1:1 1/2 до 1:3 (в зависимости от качества песка и от возможности воздействия воды на Д., напр., при разливах рек); при глинист. и суглинистых грунтах—от 1:1 1/2 до 1:2. Для высоких дамб откосы делаются книзу более пологими. В случае воздействия на Д. воды, при прохождении пути по берегу реки, устраивают с напорной стороны бермы, придающие дамбе большую устойчивость. Бермы должны превышать максимальный уровень воды на 0,50—1,00 м (фиг. 1). На поймах рек и при пересечении русел рек с устройством искусственных сооружений откосы дамбы необходимо защищать не только от течения, но



Фиг. 1.

и от действия волн. Поэтому такие откосы необходимо укреплять: одиночной мостовой, мостовой в прикол (фиг. 2), двойной мостовой, камнем в плетневых клетках, дерновой, фашиной, подпорной стенкой (фиг. 3), бетонными плитками (см. также Берегоукрепительные работы).

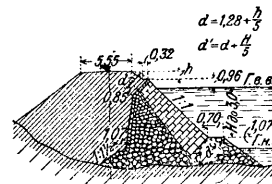
Когда Д. служат обыкновенной дорогой, то ширина по верху делается до 5 м и более. Въезды на них или проезды никогда не врезаются в тело Д., а присыпаются к ней. Если на дороге имеется большое движение, то возможно устройство в дамбе специального проезда в виде особого шлюза, который на время высоких вод закрывается двумя рядами шандор с засыпкой пространства между ними землей или навозом. Шлюзы этим дают хорошо врезанные в Д. устои и солидное основание во избежание протока воды через них или в местах соединения с Д.



Фиг. 2.

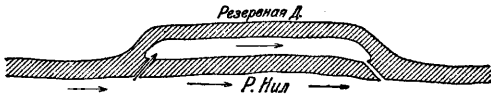
При изысканиях необходимо тщательно собирать все гидрологич. данные и производить бурение и шурфование местности. Особое внимание надо обращать на исследование в местностях, имеющих многочисленные подземные пустоты и поверхностные провалы, так как заполнение таких пустот, расположенных неглубоко от поверхности, и отвод поверхностных и грунтовых вод могут предупредить деформацию дамб.

**Береговые дамбы** (см.). Речные береговые (оградительные) дамбы. В наиболее опасных местах сооружают резервные дамбы (см. фиг. 4) шириною по верху 1,25—5,00 м, с полуторным откосом, а при песчаных грунтах—с тройным.



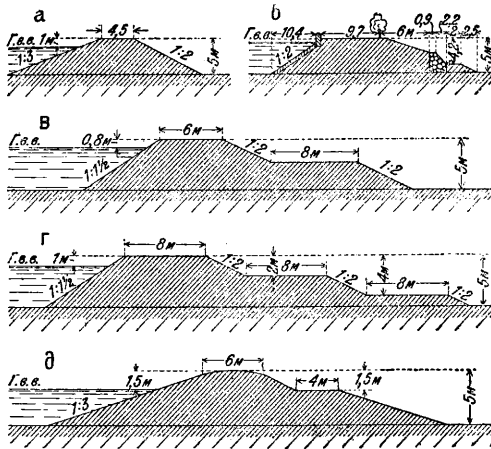
Фиг. 3.

Оградительные дамбы имеют широкое распространение в Голландии, Италии, Франции, Венгрии, Польше, Америке. На р. По длина оградительных Д. составляет 525 км, на р. Луаре—483 км, на р. Дунае—2 484 км,



Фиг. 4.

на реке Тиссе—3 299 км. На фиг. 5 изображено несколько характерных профилей речных береговых Д. На фиг. 6 показан поперечный разрез незатопляемой Д., шириной по верху 2,00 м, с внутренним откосом 1:1½ и внешним 1:1. Внутренний откос покрыт пучками фашин диаметром 0,20 м. Между двумя последовательными пучками остается промежуток в 0,40 м, заполняемый растительной землей и прикрытый ветвями,



Фиг. 5.

к-рые скоро дают ростки и прочно защищают всю Д. На горной реке Арк было построено сначала земляное ядро Д., в 2,20 м шириной, покрытое с внутренней стороны каменной стеной, утолщающейся книзу и заложеной на 0,50 м ниже горизонта межених вод. В виду того, что нижняя часть стенки сползла, был устроен пояс из бутовых камней, опущенный на 1,5 м ниже горизонта высоких вод. На фиг. 7 показан тип Д., который благодаря своей прочности и дешевизне имеет теперь широкого распространения; фиг. 8 изображает береговую Д., предназначенную для укрепления озерной и нагорной сторон реки, а фиг. 9 — оградительную Д., расположенную в болоте (фашины заложены с обеих сторон дамбы).

Для определения очертания оградительных Д. можно пользоваться ф-лой инж. Бернадского:

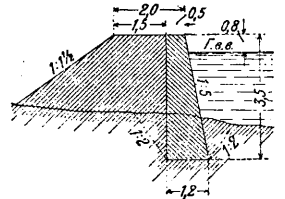
$$B = B_0 \cdot e^{\frac{8.4 CL}{h}}$$

где  $B$ —ширина зеркала,  $C$ —модуль сопротивления,  $h$ —глубина потока,  $L$ —продольная координата,  $e$ —основание неперовых логарифмов,  $B_0$ —отверстие сооружения.

Пользуясь этой формулой, можно создать условия полного примыкания пограничных струй потока к берегам, исключаяющего возможность образования вредных заводей и, следовательно, размыва Д. Повышение уровня высоких вод благодаря сужению русла Д. можно определить по формуле:

$$h = t \left[ \frac{b^2}{B^2} - 1 \right],$$

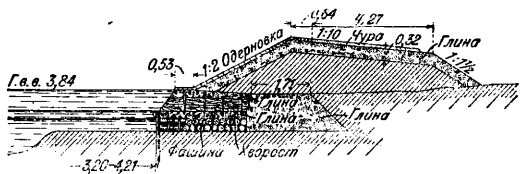
где  $t$ —средняя глубина,  $b$ —ширина русла при высоком горизонте,  $B$ —расстояние между дамбами. Указанное вредное влияние оградительных дамб возможно несколько уменьшить путем регулирования стока данного бассейна, понижая тем самым максимальные горизонты паводка. Однако облесение склонов бассейна реки дает сравнительно ограниченный эффект, а устройством водохранилищ, собирающих паводковые воды, является предприятием очень дорогим и дающим экономический эффект только в связи с использованием водохранилищ для водной энергии или для орошения.



Фиг. 7.

При весенних паводках в воде обычно имеется большое количество весьма ценного для удобрения с.-х. угодий ила, использование которого м. б. достигнуто помощью затопляемых оградительных Д., поднятых немного выше уровня средних паводков. В случае надобности возводятся дополнительно незатопляемые Д. для большого ложа реки. Соединяя затопляемые Д. с незатопляемыми Д. при помощи поперечных Д., образуют бассейны заиления, в к-рых большие воды отлагают свой ил. Затопляемые Д. не должны представлять препятствия для разлива больших вод и вызывать размыв земель ниже их; их главное назначение—создавать площади с малыми уклонами, на которых, благодаря уменьшению скорости, не будет происходить размыва. Устройство затопляемых

Д. может также иметь целью давать речной воде выход при ледяных заторах и тем предохранять Д. от прорыва. В тех случаях, когда через затопляемые Д. переливается слой воды, наружный откос их делают очень пологим—до 1:12. В случае же укрепления его камнем или дерном он может быть круче. Пример затопляемых Д. можно видеть на фиг. 10—12. Река, благодаря ненадежному гравелистому руслу, постоянно повреждала луга во время разлива. Старое русло реки было укреплено помощью затопляемых Д., устроенных из нескольких рядов дубовых кольев, соединенных распорками и плетнем из ивы или ветлы. Промежутки между



Фиг. 8.

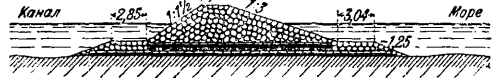
Д. может также иметь целью давать речной воде выход при ледяных заторах и тем предохранять Д. от прорыва. В тех случаях, когда через затопляемые Д. переливается слой воды, наружный откос их делают очень пологим—до 1:12. В случае же укрепления его камнем или дерном он может быть круче. Пример затопляемых Д. можно видеть на фиг. 10—12. Река, благодаря ненадежному гравелистому руслу, постоянно повреждала луга во время разлива. Старое русло реки было укреплено помощью затопляемых Д., устроенных из нескольких рядов дубовых кольев, соединенных распорками и плетнем из ивы или ветлы. Промежутки между

коляями заполнены крупной галькой из реки. Нижняя часть сооружения с наружной от реки стороны снабжена частым забором из ивовых ветвей, удерживаемых легким плетнем. Эти ветви задерживают отложения паводков, которые возвышают поверхность земли. Ветви разрастаются в ряд деревьев, которые своими корнями укрепляют берег.

Площадь с возделанной почвой, ограничиваемая береговыми Д., называется в Германии и в Голландии польдером. Польдеры могут быть морские и речные. Первые обычно состоят из плодородного суглинка, нанесенного морем, и находятся

и со стороны материка, чтобы изолировать его от поверхностного стока атмосферн. вод.

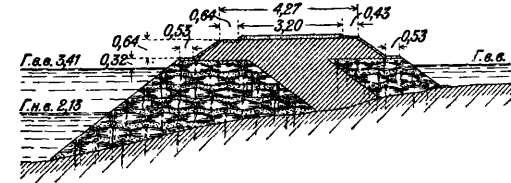
Морские и береговые Д. требуют особо тщательного надзора в виду частых их прорывов. Для защиты гаваней, рейдов от ветра, наносов и ледохода устраивают также



Фиг. 13.

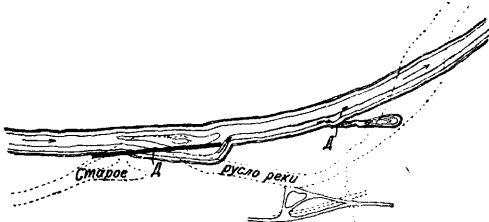
оградительные Д. (см. *Волнолом* и *Мол*). На фиг. 13 и 14 приведены два типичных примера Д., служащих для ограждения морских каналов и гаваней.

**Струнаправляющие дамбы.** Если река во время прохода высоких вод выходит из берегов, то при пересечении реки ж.-д. мостом на поемных берегах д. б. устроены струнаправляющие Д., имеющие обыкновенно в плане или грушевидное очертание (фиг. 15, а), с примыканием к насыпи в двух местах, или же вид одного или нескольких отростков (фиг. 15, в-е), в зависимости от силы течения и интенсивности стока весенних вод (при спаде). При грушевидном очертании Д. делают или замкнутые (фиг. 15, а), снабженные трубой с наружным щитом (для выпуска скопляющейся внутри воды), или разомкнутые с захождением одного отростка за другой (фиг. 15, б). Последнему очертанию следует отдавать предпочтение, так как глухая Д. подвергается сильному напору, что вызывает необходимость в увеличении толщины дамбы и применении водонепроницаемого грунта. Изображенная на фиг. 15 е схема укрепления одним рядом Д. в виде ветвей достаточно только при малых размерах. В противном случае необходимо устраивать несколько отдельных ветвей (фиг. 15, в), постепенно укорачивающихся по мере удаления от главного русла. Расстояние между ветвями (траверсами) каждой



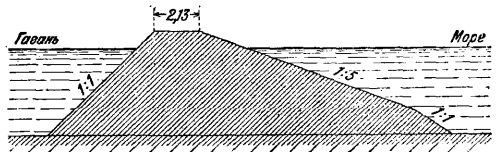
Фиг. 9.

выше морского отлива. Встречаются польдеры, расположенные и ниже уровня моря, что вызывает необходимость применения для их осушки водоотлив. Когда уровень дна поднимается на половину высоты прилива



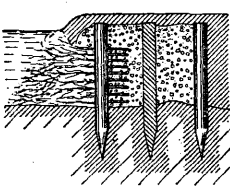
Фиг. 10.

моря, то поверхность земли быстро зарастает. При возвышении ее на 0,3—0,5 м выше уровня нормального прилива она ограждается Д., осушается при помощи системы каналов и используется для сельскохозяйственной культуры. Гребень Д. должен возвышаться над гребнем приливной волны при максимальном штормовом приливе на 0,3—0,5 м. Д. делаются шириною по верху 2—4 м с откосами к морю от 1:3 до 1:6 и внутренним 1:2. Иногда они снабжаются *бермой* (см.). Нижнюю часть Д. делают более пологой и укрепляют камнями, фашинами. Располагать Д. необходимо перпендикулярно к господствующим ветрам и ударам

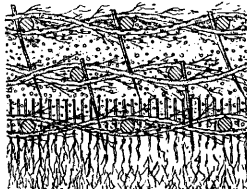


Фиг. 14.

группы делается 50 ÷ 100 м, в зависимости от силы течения и характера грунта; чем сильнее течение и чем слабее грунт, тем расстояние д. б. меньше. Лучше делать ветви с некоторым закруглением (фиг. 15, ж) и на конце их устраивать Г-образные придатки (фиг. 15, г). Иногда, с целью более полного отклонения струи, траверсам придают ломаное очертание (фиг. 15, д). Для уменьшения разрушительного действия воды, пологость откосов концевых частей траверсов следует делать возможно большей (фиг. 15, ж). Головная часть первой ветки (у русла) делается с откосом 10 : 1, а последующих — от 5 : 1 до 3 : 1; на остальном же протяжении — откосы всех траверсов 2 : 1. Все подвергающиеся действию текущей воды откосы д. б. надлежащим образом укреплены. Иногда, в зави-



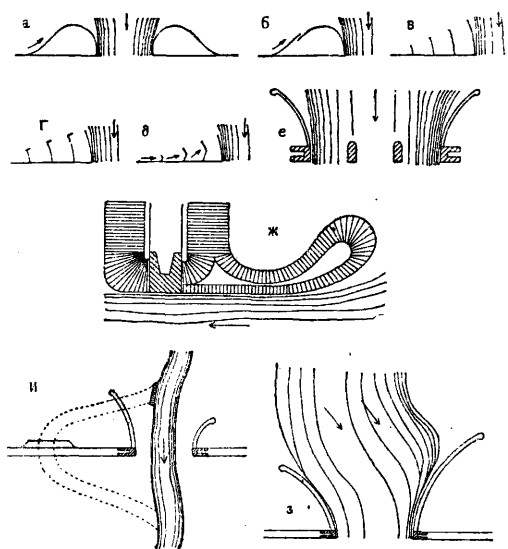
Фиг. 11.



Фиг. 12.

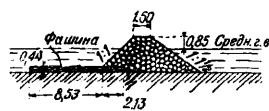
волн. Эти Д., будучи расположены на наносном грунте, оседают, как оседает и пойма. Осадка дамбы происходит иногда на 1/3 ее высоты. Польдер приходится ограждать Д.

смости от местных условий, струенаправляющим дамбам придают особые очертания: трапециoidalное, треугольное, прямоугольное и др. Длина верхних Д., в зависимости от местных условий, обычно делается (передние траверсы) от 0,50 *l* до *l*, где *l*—полное отверстие моста. Эта норма может служить только для предварительных соображений; в окончательном же проекте длина должна вполне соответствовать местным условиям.



Фиг. 15.

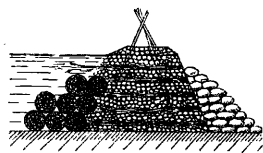
В случае наклонного, относительно оси моста, направления течения встречную этому направлению Д. следует делать длиннее, а противоположную—короче (фиг. 15, а). Если мост устраивается на спрямленном русле, то соответствующая струенаправляющая Д. (фиг. 15, и) д. б. такой длины, чтобы пересечь старорежье, при чем подошву дамбы в пределах старорежья необходимо укрепить шпунтовым рядом; кроме того, в этих случаях рекомендуется укреплять шпунтовым рядом с широкою бермою подошву ж.-д. земляного полотна в месте пересечения старорежья, а у отвлечения нового русла пересыпать старорежье широкою водораздельною Д. С нижней стороны струенаправляющие дамбы или вовсе не делаются или (что рекомендуется) делаются с целью предупреждения течения воды вдоль полотна ж. д., но значительно (в 2—3 раза) меньшей длины. При устройстве на реках преграждающих сооружений, связанных с подъемом горизонта в реке, естественно возникает вопрос об устройстве в пределах подпора сооружений ограждающих Д. для защиты от затопления культурных угодий и населенных пунктов. Такие работы имели место при осуществлении Волховской гидроэлектрической станции и намечены при осуществлении Днепровской и Свирской гидроэлектрич. станций. Продольные струенаправляющие дамбы для



Фиг. 16.

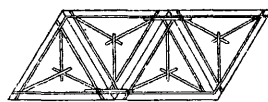
выправления течения реки строят на Волге обычно из тюфячной кладки, а на Днепре—фашинные и каменные (фиг. 16); для заграждения рукавов в реке устраивают каменно-фашинные Д. В Ср. Азии для обеспечения поступления воды в ирригационную систему туземного типа устраивается в русле реки продольная водораздельная Д. с приданием головной части канала, расположенного в реке, меньшего уклона, для того чтобы быстрее вывести канал из русла реки на поверхность орошаемой площади. Эта Д. устраивается каменная, фашинная, карабурная, из кольев с хворостом или сипайная, в зависимости от имеющегося поблизости строительного материала. Головной участок Дальверзинского канала на 6 км отделяется от р. Сыр-Дарьи каменной Д., места даже в виде подпорной стенки из сухой кладки, заливаемой в паводок водами реки Сыр-Дарьи. При помощи струенаправляющих Д. регулируется работа как туземных, так и инженерных ирригационных головных сооружений. Эти Д. устраивают в русле реки выше и ниже головного сооружения, обеспечивая поступление воды в головное сооружение в необходимом количестве при разных расходах источника орошения.

Струенаправляющая Д. устраивается с таким расчетом, чтобы уменьшить заиливание около головного сооружения или отложение около него крупного и мелкого камня. Особого внимания заслуживают сипайные струенаправляющие Д. Сипай состоит из трех или четырех бревен, образующих правильную пирамиду, с устройством у ног сипая перекладины, к-рая по обрешетке из хвороста и соломы нагружается камнем и способствует опусканию всего сипая в землю (фиг. 17). Соединение ряда таких сипаев создает осно-



Фиг. 17.

ву для каменно-сипайной дамбы (фиг. 18), которая иногда устраивается в несколько рядов и в несколько ярусов. Эти работы легко производятся и на быстром течении. Тяжелая фашинная кладка (карабур) применяется в Средней Азии для укрепления подошв откосов Д. Для карабур идет хворост, рисовая солома, крупный галечник; при отсутствии хвороста употребляют камень, а при отсутствии камня—дерн. В последнее время в Средней Азии устроен ряд струенаправляющих Д. из габрионов. В ирригации при выправлении течения водного потока применяются все виды дамб: для отклонения струи потока в желаемом



Фиг. 18.



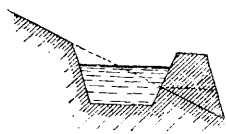
Фиг. 19.

для каменно-сипайной дамбы (фиг. 18), которая иногда устраивается в несколько рядов и в несколько ярусов. Эти работы легко производятся и на быстром течении. Тяжелая фашинная кладка (карабур) применяется в Средней Азии для укрепления подошв откосов Д. Для карабур идет хворост, рисовая солома, крупный галечник; при отсутствии хвороста употребляют камень, а при отсутствии камня—дерн. В последнее время в Средней Азии устроен ряд струенаправляющих Д. из габрионов. В ирригации при выправлении течения водного потока применяются все виды дамб: для отклонения струи потока в желаемом

направлении, для стеснения русла, для заграждения потока. При устройстве *головных сооружений* (см.) инженерного типа пользуются петлею в реке, заграждая ее после окончания работ земляными или каменными Д. (фиг. 19) и пропуская воду по вновь прокопанному руслу.

**Заграждающие дамбы.** Для образования искусственных водоемов или поднятия горизонта воды в озерах устраивают заграждающие Д. (см. *Плотины*). В Египте, Индии, Испании, Крыму, Ср. Азии, на Кавказе в верхних частях долин рек, в естественных ущельях или углублениях местности устраивают такие преграждающие Д. для того, чтобы собирать в них запасы воды для целей орошения. Такие *водохранилища* (см.) могут иметь и другие цели, а именно: регулирование стока данного бассейна, создание водоемов для питания судоходных каналов и для использования водной энергии. Водохранилища снабжают необходимыми преграждающими водоспускными сооружениями, при чем сопряжение их между собой и с материком устраивают в виде заграждающих Д. Кроме того, все пониженные места в берегах водохранилищ в свою очередь снабжают Д. во избежание прорыва в этих местах или затопления водой культурных площадей и населенных пунктов. Мургабские речные и тугайные водохранилища, осуществленные в 1891 и 1909 гг., потребовали устройства большого числа оградительных Д. по берегам водохранилищ и крупнейших преграждающих русло р. Мургаба Д., сопряженных с каменными плотинами—водосливами на самой реке. Многочисленные мелкие водохранилища, осуществленные в Ср. Азии, на юго-востоке Европ. части СССР, в свою очередь, имеют большое число таких Д.

**Ирригационные дамбы.** Особое значение имеют Д. для ирригационных каналов, сооружаемых б. ч. в полувыемке-полунасыпи; мелкая сеть идет почти целиком в насыпи. Несколько меньшее значение Д. имеют в осушительной практике и в ирригации при осуществлении водосборной сети, так как в

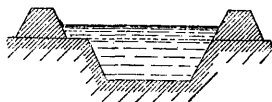


Фиг. 20.

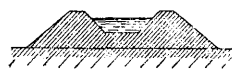
этих видах работ они применяются только для пересечения пониженных мест, логов. Магистральный ирригационный канал, пересекая пойму реки до выхода его на верхнюю береговую территорию, обыкновенно проходит в Д., которая, в виду опасности размыва от разлива реки, требует или специальных мер по регулированию реки или специального укрепления заливаемого откоса Д. При выходе на верхнюю террасу канал проходит в косогоре, и нижняя его часть является Д. (фиг. 20). Наиболее выгодным сечением является в том случае, когда объем Д. равен объему выемки. Обычно во избежание прорыва Д. канал делается такого поперечного профиля, чтобы рабочее его сечение помещалось в выемке. При прокопке канала в полувыемке-полунасыпи сечение его м. б. с бермой или без бермы (фиг. 21). Сечение канала в насыпи видно на фиг. 22. Возвышение Д. над гори-

зонтном воды в канале устанавливается для больших каналов 0,6—0,8, для малых 0,5—0,7 м. В Д. ирригационных каналов устраивают специальные места для водопоя скота путем поверхностного укрепления Д. и устройства специального пологого укрепленного мостового спуска к воде в канале.

Основные требования, предъявляемые к сооружению ирригационных Д., по проф. Ризенкампу, следующие: 1) безусловная прочность Д., а именно, достаточное сопротивление на скольжение и на вымывание из тела Д. фильтрующей водой частиц грунта; 2) минимальные потери воды на просачивание, т. е. минимальная водопроницаемость



Фиг. 21.



Фиг. 22.

тела Д.; 3) минимальные затраты на сооружение Д. и поддержание в порядке. Для первых двух положений проф. Ризенкампф рекомендует применять для тела Д. грунты с диаметром зерен меньше 0,2 мм и уменьшать объем пор в грунте. Необходимо придавать Д. такую ширину, чтобы внешний откос покрывал поверхность фильтрующей вод с некоторым запасом. Откосы Д. устанавливаются в зависимости от качества грунта и д. б. положе угла естественного откоса грунта, из которого сложена Д. Стрендж рекомендует принимать следующие величины: для Д. высотой менее 1 м—1 : 1; для Д. высотой менее 2,5 м—внутр. откос под водой 1 : 1,5, внутр. откос над водой 1 : 1, внешний откос 1 : 1; для Д. высотой 2,5—4 м—внутр. откос под водой 1 : 2, внутрен. откос над водой 1 : 1,5, внешний откос 1 : 1,5. В Индии откосы Д. делают более пологими. Для оросителей превышение Д. над нормальным горизонтом воды в канале допускается 0,20—0,25 м, ширина поверху не менее 0,30 м; внутр. откосы, в зависимости от качества грунта, от 1 : 1 до 1 : 2; внешние откосы определяются из условия, чтобы поверхность фильтрующих вод не выходила из тела Д. Для мельчайшей сети превышение Д. над нормальным горизонтом воды в канале допускается ок. 0,20 м, ширина Д. поверху 0,2—0,3 м; откосы те же, что и для оросителей. При сопряжении Д. с искусственными сооружениями они делаются с уширением и с нек-рым запасом по высоте. В Америке обращается особое внимание на организацию «скорой помощи» для ремонта поврежденных Д., для чего имеются всегда в запасе определенные комплекты инструментов и материалов. При некоторых способах полива полей применяются Д. меньшего размера. В Египте находят широкое применение Д. при системе бассейнов наводнения, к-рая состоит в том, что вся долина р. Нила при помощи поперечных и продольных Д. разделяется на отдельные бассейны. При лиманном орошении в СССР Д. делаются шириною 1—1,4 м с двойным откосом и возвышаются над горизонтом воды в бассейне на 0,3—0,5 м.

**Производство земляных работ.** Для производства земляных работ по устройству Д.

в Управлении водного хозяйства Ср. Азии существуют следующие технические условия (приведен здесь в выдержке). В пределах возводимых Д. и насыпаемых площадок необходимо вырубить все кусты и деревья, выкорчевать пни и полученный от расчистки материал убрать за границу работ. Верхние слои почвы д. б. предварительно разрыхлены (вспаханы) или совсем удалены (последнее особенно необходимо при пухлых солонцах). Земля для возведения Д. должна быть из пород, по возможности трудно размываемых водой и задерживающих последнюю. Мерзлая земля и чистый песок для постройки Д. не допускаются. Если дамба запроектирована с внутренним ядром, то последнее по сделанной в основании траншее засыпается плотной глиной или плотной песчаноглинистой землей и выводится по всей высоте Д. до проектного уровня высоких вод. Вся Д. насыпается слоями от 0,15 до 0,30 м, с тщательной укаткой и поливкой каждого слоя и разбивкой комьев и оставшейся земли. На осадку насыпей и окружающего грунта высота насыпей должна быть увеличена на 5—10%, в зависимости от рода грунта и способа производства работ. Со стороны канала допускается оставление затопляемых бермочек шириною не более 0,50 м. Между Д. (перемычками) и котлованами возводимых искусственных сооружений оставляется такой промежуток, чтобы при производстве каменной кладки в котлованах от давления насыпной Д. не страдала устойчивость стен котлована и не выпиралось дно последних, а также не подвергалась опасности выводимая кладка. При устройстве небольших каналов, с расходом воды до 10 м<sup>3</sup> в сек., возведенная Д. замачивается, для каковой цели канал в некоторых местах перегораживается перемычками и затопляется водой на полную глубину почти до бровки Д.; в таком положении вода должна оставаться в канале до того момента, когда Д., подправляемые все это время, перестанут оседать и давать прорывы. Замачивание Д. больших каналов, с расходом воды свыше 10 м<sup>3</sup> в сек., должно производиться только с особого разрешения. При возведении каналов в насыпи с подсыпным дном или без него необходимо увеличивать высоту Д. против проектной, в зависимости от рода грунта, до 25% на последующую осадку при некатаных и до 10% при катаных Д. При возведении канала в полувыемке, в случае недостатка объема выемки на образование Д., необходимо закладывать наружные резервы с оставлением бермы позади Д. Ширина берм определяется расчетом на фильтрацию. Резервам надлежит придавать правильные продольный и поперечный уклоны, сохраняя прямолинейные очертания в плане и, по возможности, обеспечивая выход воды из них. Глубину резервов делают не более 0,5 м. По окончании насыпи Д. горизонтальные площадки и откосы д. б. точно спланированы по установленным шаблонам и тщательно укатаны под будущую каменную одежду. В дополнение к этим требованиям, обязательным для всяких дамб, можно указать еще на следующие условия: при наличии бокового ската с водопроницаемым

грунтом необходимо, во избежание сползания Д., подготовить основание уступами; при существовании заболоченности необходимо под Д. устроить дренаж в виде дренажных каналов и труб или поглощающего колодца. Укрепление Д. производится после ее осадки. Ил и тина ни при каких условиях для Д. не употребляются.

*Лит.:* Акулов К. А. и Великанов М. А., Краткое изложение главнейших теорий движения речного потока и методов выправления рек, Москва, 1928; Вернадский И. М., Речная гидравлика, вып. 1, М., 1928; Вудревич М. П., Сипайные плотины, Томск, 1922; Быков А. Ф., Применение габионов Пальвиса в мелководном строительстве, Москва, 1928; Дубелин Г. Д. и Толстопятков В. М., Земляные работы, М.—Л., 1927; Дингельштедт В., Сельскохозяйственная гидравлика, СПб, 1904; Ермолаев М. Н., Современное орошение и хлопководство Египта, СПб, 1910; Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Нюберг А. Г., Курс портовых сооружений, СПб, 1894; Ошников Е., Фрюлинг А., Вильман Л., Дамба, Техн. энцикл. изд. т-ва «Прогресс», т. 3, СПб, 1911—15; Патон Е. О., Составление эскизов мостов, Киев, 1927; Ризенкамф Г. К., Основы ирригации, Л., 1925; Соколовский В. В., Типы береговых укреплений рек, каналов и озер, М., 1928; Тромбачев С. П., Орошение и осушение, Ташкент, 1925; Энгельгаardt Ю. В., Железные дороги, т. 1 и прилож., М.—Л., 1924—25. **Б. Шегель.**

**ДАММАР**, собирательное название группы близких между собою естественных, мягких, почти бесцветных смол резинового характера, получаемых от представителей тропич. семейства Dipterocarpaceae, рода Shorea (гл. обр. на о-вах Ост-Индии).

Смоляные каналыцы пронизывают как древесину, так и кору этих деревьев. Смола выделяется самотеком, но для усиления процесса на коре делаются кольцевые насечки. Отвердевая в воздухе, вытекающая смола образует наплывы, слезы 0,5—4 см диаметром и «сталактиты» в несколько сот г весом. Некоторые сорта Д. получают от поражений дерева насекомыми. Застывшая смола, в зависимости от сорта, имеет цвет от палевого до янтарно-желтого; существуют также совсем темные сорта. В смоле попадаются, но сравнительно редко, включения растительной ткани. Д. тверже канифоли, но мягче копалов и мастики; парашается также гипсом. От теплоты руки становится слегка клейким. Свежий излом стекловидно блестящ и раковинист. Старые образцы имеют слабый бальзамич. запах, свежие пахнут сильнее. Уд. в. 1,04—1,12, чаще всего 1,05. Д. размягчается при 75°, при 100° становится вязко-жидким, при 150°—подвижно-жидким и прозрачным. При плавлении Д. сначала сильно пузырится, что затем прекращается. Растворимость Д. характеризуется следующими данными: в этиловом спирте растворяется 50—70%; в хлороформе и сероуглероде—вполне; в уксусной к-те—почти вполне; в 85%-ном хлоралгидрате набухает, но раствором мало, и этим отличается от смол хвойных. Кроме того, даммар отчасти или вполне растворяется в этиловом, петролейном и уксусном эфирах, в терпентине и бензине. Химическ. константы хороших Д.: кислотное число 20—55; число омыления 30—60; эфирное число 9—18; иодное число 103—117. Поглощая кислород из атмосферы, тонкая пленка Д. увеличивается в весе на 6,3%. По химическому составу Д. характеризуется значительным (около 2/3)

присутствием резенов (в отличие от смол хвойных, состоящих г. о. из смоляных к-т), из к-рых  $\alpha$ -даммарезен (40%), с предполагаемым составом  $C_{11}H_{17}O$ , растворим в спирте, а  $\beta$ -даммарезен (22,5%), предполагаемого состава  $C_{31}H_{52}O$ , в спирте нерастворим и растворяется только в хлороформе.

Однако, необходимо иметь в виду, что приведенные химические ф-лы резенов и кислоты не могут считаться твердо обоснованными.

Резеновый характер Д. служит причиной их значительной химич. стойкости и потому прочности даммаровых лаковых пленок, несмотря на их сравнительно малую твердость.

Характеристика сортов даммара по данным Лесного отдела Федерации Малайских государств.

Сорт даммара	Марка	Кислое число	Остаток при растворении в хлороформе (в %)	Зола (в %)	$t^{\circ} \text{ра.}$ (в капилляре)	Цвет и внешний вид	Производящие растения
Мата-кухинг («Кошачий глаз» . . . . .)	Палевый Желтый Янтарный	23,2	0,05	—	—	Твердые прозрачные капли	Shorea intermedia King и Shorea globosa brandis
		21,5	0,47	—	80—100		
		23,8	0,35	—	—		
Пенак . . . . .	Палевый  Желтый Янтарный Грубая пыль	35,5	0,51	—	83—95	Прозрачные сталактиты длиной до 5 см и толщиной 2—0,5 см	Balanocarpus Heimii King — называемое туземцами хенгал или пенна
		35,2	0,41	—	—		
		34,0	0,20	—	80—100		
	37,1	1,50	0,64	88—98	Буровато-желтый, кусками от 5 см длиной и 2,5 см диам. и до 1 см длиной и 0,5 см диаметром	Бледно-желтый	
Тонкая пыль	36,5	3,64	1,75	80—90			
Бату . . . . .	—	18,1	3,8	2,74	140—180	Смесь низкокачественных смол	Различные Shorea
Сенгги . . . . .	—	26,3	2,2	0,04	140—180	—	—
Гитам . . . . .	—	14,2	1,2	0,06	140—170	Красно-бурый, с течением времени черный	Вид Shorea; ранее гитамом называлось выделение из Balanocarpus penangiensis King
Сарая . . . . .	—	24,2	0,7	0,02	135—175	Красно-бурый	Вид Shorea
Дагинг (кусочек мяса) . . . . .	—	23,3	1,6	0,03	120—160	Красный с непрозрачными белыми полосами, похож на сырое мясо	Неизвестны, т. к. смола находится в земле
Кепонг (камень) . . . . .	—	10,1	1,5	0,04	160—180	Мраморный	Вид Shorea
Калулут . . . . .	—	—	—	—	—	—	Вид Dipterocarpaceae; смола, видимому, образуется от поранения насекомыми
Сипун . . . . .	—	—	—	—	—	Желтый; смола сильно загрязнена	Shorea redlejana King; смола образуется от поранения насекомыми

Примерно  $\frac{1}{4}$  количества смолы составляет эфирно- и спирторастворимая смоляная кислота—даммароловая к-та предполагаемого состава  $C_{54}H_{77}O_3(OH)(COOH)_2$ . Кроме того, в Д. содержится 2,5% воды, 3,5% золы и небольшое количество (менее 0,5%) эфирного масла с перечным запахом и  $t^{\circ} \text{кип.}$  82°.

Свое применение Д. находит, главным образом, в изготовлении лаков, когда требуется прозрачность и стойкость лаковой пленки (кристалльные лаки, vernis cristal); таковы негативный лак, ретушный лак, бумажный и т. д., изготавливаемые на летучих растворителях. В частности, цветными даммаровыми

лаками эмалевого характера кроются соломенные шляпы. Применяются также и масляные даммаровые лаки—эмалевый (белая эмаль). В микроскопич. технике, в силу своей прозрачности, Д. идет на заделку препаратов долгого хранения. В медицине Д. применяется для придания водонепроницаемости пластырям (*Emplastrum adhaesivum*, липкий пластырь) и для пропитки гипсовых повязок. Д. идет также на производство линолеума, заменяя иногда каури-копал (см. *Копал*). К скрипичной канифоли иногда прибавляют для твердости до 10% Д. Черные и темно-окрашенные Д. идут на темно-окрашенные лаки и эмали. На рынке за даммар иногда выдают (не злонамеренно) друг. смолы; кроме того, изредка даммар фальсифицируется сознательно. Испытания качества Д. таковы: 1) проверяют степень растворимости в хлороформе и сероуглероде; 2) встряхивают в течение получаса 1 часть тонко измельченной смолы с 10 ч. аммиака; фильтрат (прозрачный или слегка опалесцирующий), будучи подкислен уксусной кислотой, не должен давать помутнения; 3) растворяют в хлороформе с 96%-ным спиртом; раствор мутнеет; 4) определяют кислотное число и число омыления, к-рые от присутствия большинства других смол повышаются.

Торг. сорта Д. и расценка их определяются происхождением смолы, цветом, степенью прозрачности и величиною естествен. кусков.

На европейских рынках различают следующие важнейшие сорта. Наилучший сорт—батавийский Д.; он бывает в виде кусков значительной величины, очень бледно окрашенных, и подразделяется на марки по величине кусков—от наибольших, величиной с кулак (А) до мелких, с горошину (Е). По Коффине, он характеризуется данными:  $t_{пл.}^{100^\circ}$ , кислотное число 35,5, число омыления 39,9, растворимость полная в хлороформе, терпентине, анилине, четыреххлористом углеводе, бензойном альдегиде и бензоле; нерастворимых в спирте частей 28,5%, нерастворимых в эфире 3,5—4,5%. Падаганский Д. (с Суматры)—очень прозрачный, обычно бледножелтый; константы—как у батавийского, но точка плавления несколько ниже. Сингапурский—смесь Д. ленак и мата-кухинг (см. табл.). Д. с Борнео—обычно худшего качества, т. к. содержит пыль и растительные ткани; куски невелики; цвет от белого до бледножелтого; представляет смесь новой смолы и ископаемой смолы молодого возраста. Понтианакский Д., также с Борнео, но качеством выше, напоминает сингапурский. Эту смолу не следует смешивать с понтианакским копалом, напоминающим манильский. Д. вполне растворим в хлороформе и лишь частично в спирте. Черные или темные Д.: малайский бату, получаемый от различных *Shorea*; индийский—от *Canarium strictum*, асамский—от *Canarium resiniferum*, характеризующиеся данными:  $t_{пл.}^{123^\circ}$ , золы—0,78%, кислотное число 81,5, число омыления 94,3. Существует еще черный Д., с Борнео и Суматры, характеризующий, например, данными: золы 0,12%, кислотное число 13,2, число омыления 34,3.

В виду получения европейскими рынками Д. через посредство туземных сборочных пунктов, сорта доходят в смешанном виде. Выше (см. табл.) приведена характеристика сортов Д., составленная Лесным отделом Федерации Малайских государств на основании исследований Д. на месте.

Лит.: Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 6, ч. 2, стр. 87, М., 1914; Киселев В. С., Олифа и лаки, М.—Л., 1926; Вагг у Т. Н., *Drummond A. A., Morrill R. S., Natural & Synthetic Resins*, p. 40—46, L., 1926; Vèzes M., et Dupont G., *Résines et térébenthines*, p. 46—47, P., 1924; Wiesner J. V., *Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches*, 4 Aufl., V. 1, p. 1041—1043, 1099, Lpz., 1927; C u b i t t E., *Journ. of the Oil & Colour Chem. Assoc.*, L., 1924, v. 7, p. 186. t. 8, p. 204, 1925; C o f f i n e G., «Bull. de la Société chimique de France», Paris, 1911, v. 9, p. 549; T s c h i g h A., *Narze u. Harzbehälter*, v. 2, 2. Auflage, Leipzig, 1906.

П. Флоренский.

**ДАТСКАЯ КОЖА**, шведская кожа, тягучая кожа для перчаток; получается комбинированным дублением, состоящим сначала в дублении квасцами, а затем в додублении растительными дубителями (ивой, сумахом и пр.). Раззолненные и вымязненные мелкие шкурки (барашек, козленок и проч.) обрабатываются раствором квасцов и соли (на 100 кг голя—8 кг алюминиевых квасцов и 2 кг соли). Затем, после очистки бахтармы на пемзовальной машине, они намазываются с бахтармы один или несколько раз ивовым настоем с прибавлением красителя, чтобы дубитель едва проник в кожу. Лицо снимается. Особенно важна операция пемзования и отделки бахтармы, т. к. изделия из Д. к. носят бахтармой вверх.

Лит.: M e n n i e r L. et V a n e y C., *La tannerie*, p. 426, Paris, 1903; J e t t m a r J., *Die Lederhandschuhfabrikation*, Lpz., 1915.

Г. Поварнин.

**ДАЧА ЛЕСНАЯ**, хозяйственная дача, ограниченная часть лесничества, выделенная в самостоятельное хозяйство. Разделение лесничества на дачи производится: 1) при особом характере некоторых частей лесничества, как, например, защитные леса, природные леса, участки колонизационного фонда и т. п.; 2) при резких различиях отдельных частей лесничества по условиям сбыта леса, его эксплуатации и транспорта; 3) при резкой разнице в природных условиях отдельных частей леса, представляемых значительными площадями, что заставляет применять в этих частях различные формы хозяйства.

Хозяйственную дачу ограничивают в натуре просеками или живыми урочищами и границы ее заснимают инструментально. На каждую Д. л. составляют особый хозяйственный план, обеспечивающий в ней постоянное и наилучшее пользование лесом. Предельные размеры хозяйственных дач определяются проф. М. М. Орловым: для лесосечного хозяйства от 4 до 24 тыс. га, а при выборочном хозяйстве от 12 до 96 тыс. га; размеры Д. л. не могут выходить за пределы лесничества.

Лит.: О р л о в М. М., Лесоустройство, т. 1, Л., 1927, т. 3, Л., 1928.

Н. Кобранов.

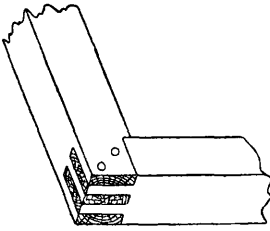
**ДВЕРИ**, обрамленные проемы в стенах, служащие для прохода и закрываемые одной или несколькими подвижными створками.

Д., по своему назначению и положению, бывают: наружные, парадные, внутренние, черные, брандмауерные и др. По устройству различают Д. одностворные, двустворные, одиночные, двойные, стеклянные, с просветом (со светлою фрамугою) и пр. Наконец, по материалу, из к-рого Д. сделаны,—они разделяются на деревянные, железные, деревянные с обивкой кровельным или волнистым железом.

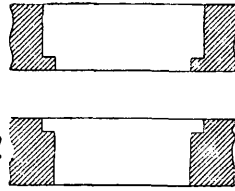
Высота входных с улицы дверей 2,5—3,2 м. Ширина двустворной наружной двери должна быть такова, чтобы через один открытый створ ее мог свободно пройти человек в обуви, т. е. ширина створа в свету должна быть 0,75—0,86 м, ширина дверной рамы (коробки) 1,5—1,65 м, а ширина проема (вестибюля) проему входной двери дают большие размеры; в этом случае двери состоят из фрамуги, стоячих половинок и



дверных полотен. Внутренние двери между комнатами делаются двустворные или одностворные: двустворные Д.—шириной 1,28—1,5 м, высотой 2,67—3,2 м; одностворные—шириной 0,7—0,98 м. Д., ведущие в уборные, чуланы и т. п., имеют ширину 0,6—0,7 м.



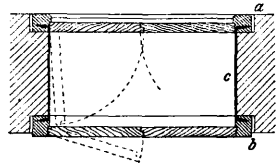
Фиг. 1.



Фиг. 2.

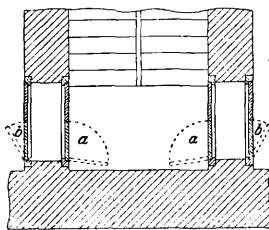
Д., которые выходят на черные лестницы, для удобства проноски дров и других тяжелых, следует делать двустворными, с неравными створами, при чем ширина ходячей половины 0,7—0,8 м, ширина же стоячей 0,27—0,40 м, так что ширина отверстия в свету имеет размеры 0,97—1,2 м; такое же устройство часто дают чердачным и подвальным Д. Наиболее употребительная высота внутренних одностворных Д. 1,93 м, наружных же и ведущих с черных лестниц в кухню 2,13—2,30 м.

Дверные рамы в каменных стенах устраиваются закладные (закладных рам следует избегать) и прислонные; прислонные рамы вяжутся из 18-см брусев или из досок шириной 14—18 см, толщиной 75—100 мм. Рамы, связанные из



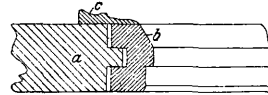
Фиг. 3.

коробками; боковые брусья рамы называются стойками или косяками; верхний брус называется перекладиной, а нижний—порогом; последний может возвышаться над полом, быть с ним заподлицо или лежать ниже чистого пола. В углах части рамы вяжутся в простой или двойной сквозной шип (или лапу) и скрепляются нагелями (фиг. 1). Для установления рамы или коробки в откосах проема устраивают четверть (фиг. 2) или в них забивают спереди или сзади рамы от 4 до 6 закреп, к которым прикрепляют дверную раму винтами или гвоздями; иногда при самой кладке в откосы закладывают 4—6 брусков, толщиной 63 мм, шириной 89—114 мм, к которым коробка прикрепляется гвоздями или винтами. Наружные входные с лестницы или из vestibюля Д. и вообще Д., отделяющие холодные помещения от теплых, обыкновенно устраиваются двойные (фиг. 3). Наружная рама *a* связывается с внутренней *b* желез-

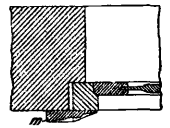


Фиг. 4.

ными скобами с или накладками. Полотна обеих дверей должны открываться внутрь помещений. Д., ведущие из квартир на лестницы, должны открываться (фиг. 4): наружные полотна на лестницу (при чем ходячая половинка *a* должна открываться на стену), а внутренние полотна *b* внутри квартиры. Наружные Д. помещений, предназначенных для большого числа людей (по правилам для г. Москвы, сюда относятся помещения, в которых находится не менее 50 чел.), должны открываться наружу. В промышленных предприятиях наружные Д. также должны открываться в наружную сторону. Это требование должно соблюдаться и при наличии двойных Д., при чем внутренние Д. должны открываться в сторону ближайшего выхода. Дверные рамы, устанавливаем. в проемах каменных стен, осмаливаются и обиваются войлоком со сторон, прилегающих к кладке, а зазор между ними и откосами стен проконопачивается или пробивается паклей с алебастровым раствором.

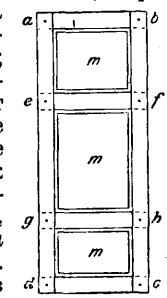


Фиг. 5.



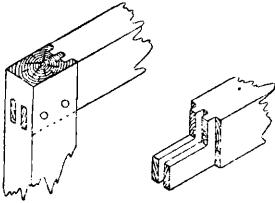
Фиг. 6.

Дверные рамы, устанавливаемые в проемах деревянных рубленых стен (фиг. 5), вытесываются из 26,5—29-см бревен; косяки их *b* соединяются с концами венцов в шпунт *a*; ширина рамы должна равняться толщине стены с обшивкою и штукатуркою. Соединение обшивки или штукатурки с рамой прикрывается наличником *c*, который сделан из 25—38-мм досок, окалеванных и связанных в углах в ус. Такими же наличниками прикрывается соединение рамы с каменной стеной, переборкой и прочее, если рама расположена заподлицо с поверхностью стены *m* (фиг. 6); у пола наличники заканчиваются тумбами *n*, высотой от 18 до 27 см, имеющими более простую обделку. Дверные коробки в проемах переборок делаются для малых и средних дверей из 63-мм досок, а для больших (свыше 2,6 м высотой) — из 75-мм досок. Коробки расклиниваются в углах и прикрепляются к переборке 150—175-мм гвоздями или посредством закреп; коробки ставятся на место до оштукатурки переборок, и поверхность штукатурки должна быть заподлицо с коробками, для чего ширина коробок делается равной ширине переборки, т. е. 13,5—15,5 см при досчатых переборках и 16,5 см — при брусчатых. Дверные рамы, устанавливаемые в проемах деревянных стен, проконопачиваются; над ними должен оставаться запас на осадку в  $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{25}$  высоты проема, закладываемый одной или двумя досками, обернутыми в войлок.

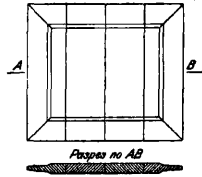


Фиг. 7.

Дверные полотна делают из дерева и из железа; деревянные полотна разделяются по работе на стоярные и плотничные; полотна стоярных или филленчатых Д. состоят (фиг. 7) из филленок *m*, помещенных в рамку, связанную из четырех брусков обвязки *ab*, *bc*, *cd* и *da*, и из одного, двух или трех (в зависимости

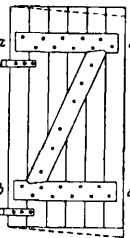


Фиг. 8.



Фиг. 9.

от размера полотен) средников *ef*, *gh*. Обвязка и средники—из 67- или 75-мм досок. В углах бруски обвязки соединяются двойным прорезным шипом (фиг. 1) или двойным глухим шипом (фиг. 8) и скрепляются нагелями; средники с обвязкой соединяются простым или же двойным сквозным шипом и нагелями; внутренние кромки обвязок и обе кромки средников окалеиваются; в обвязках и средниках выбираются пазы, в к-рые входят края филленок. Филленки склеиваются из 38-мм досок и имеют вид щитов (фиг. 9) с краями, скошенными фаскою; эти тонкими краями филленка входит в пазы обвязки и средников. Размеры филленок зависят от величины дверей и от числа средников. Доски, употребляемые для выделки филленок, должны быть хорошо высушены, не должны иметь сучков, гнили, трещин, косося и свилеватости. Наружные двери и те, которые отделяют теплое помещение от холодного, устраиваются с напыльными филленками (из досок толщиной 63÷75 мм или склеенными из двух 38-мм досок); в их кромках делают пазы, которыми они соединяются с брусками обвязки и средников, чтобы прикрыть места соединения обвязки и средников с филленками; здесь часто прикрепляют шурупами или же тонкими гвоздями (шпильками) окладную калевку, образующую рамку вокруг каждой филленки. Если желают, чтобы через Д. проникал в помещение свет, то

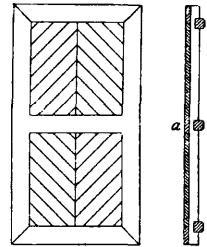


Фиг. 10.

вместо верхних филленок вставляют стекла, для чего с внутренней стороны обвязки и соответствующих средников выбирается четверть и в нее вставляется стекло; стекла следует ставить зеркальные или двойные, так как одинарные от сотрясения при закрывании Д. часто ломаются. Во избежание этого иногда устраивают над дверью светлые фрамуги, отделенные от створной части двери импостом, чтобы сотрясения при закрывании Д. не передавались фрамуге; фрамуга прикрепляется к раме 4—6 шурупами (150-мм) или поперечными задвижками. Двери, открывающиеся в обе стороны, делают обязательно стеклянными,

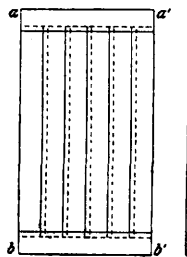
а сходящиеся края створок несколько закругляют; такие Д. обыкновенно не имеют замков, а только дверные ручки; для этих Д. имеются особые петли. Раздвижные или сдвижные Д. входят в пазы, выделанные в кладке, и двигаются на роликах; ролики предпочтительны латунные или бронзовые, т. к. они производят меньше шума и не требуют смазки. Все изделия для Д. должны быть исполнены из соснового леса, с влажностью не более 12—15%, и проолифлены горячей олифой; еловый лес может быть допущен только для наличников.

Простейший вид плотничных полотен—щитовые на планках, состоящие из 25—38-мм досок, которые сплачиваются впритык или в четверть и сбиваются на две планки *aa'* и *bb'* (фиг. 10) из брусков, толщиной 38÷50 мм, шириной 63÷100 мм; каждая доска прибивается к планке двумя 100—125-мм гвоздями, концы которых загибаются; чтобы Д. не давала провеса, на нее набивают подстрелину *ba'*, идущую от нижнего неподвижного к верхнему свободному углу; подстрелина врезывается в планку зубом. Такие полотна устраиваются только для временных Д. и простых калиток в заборах, т. к. они недостаточно прочны. Щитовые полотна на шпонках делаются из 38—50-мм досок, сплачиваемых в четверть, или в шпунт, и на шпонки (вместо планок); шпонки нарезаются в доске сквороднем и приготавливаются из хорошо высушенных 50-мм брусков или досок.



Фиг. 11.

Щитовые обшивочные двери устраиваются, как и щитовые на шпонках, но обшиваются снаружи 13—19-мм вагонной обшивкой *a* (фиг. 11), прикрепляемой 75-мм гвоздями. Такие двери очень тяжелы, но прочны, мало теплопроводны и удобны для входов в конюшни, ледники, подвалы и т. п. Плотничные полотна в наконечник составляются из 38—50-мм досок, которые сплочены в щит четвертью или шпунтом, при чем на торцевых концах досок нарезывается гребень, на который насаживается пазом наконечник



Фиг. 12.

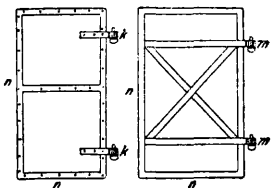
или фундамент *aa'* и *bb'* (фиг. 12) сверху и внизу полотна; наконечник из доски, такой же толщины как и щит, прикрепляется к доскам щита гвоздями, подстрелиной или железными накладками (а также на клею). Наконечник м. б. сделан полным, т. е. с четырех сторон в виде рамы. Полотна в наконечник, обшитые снаружи вагонкою, весьма плотны,

прочны, мало теплопроводны и удобны для черных выходов в жилых помещениях.

Для навешивания полотен дверей служат разного рода петли, а также пятники (для тяжелых Д.); стоячая половина полотна

удерживается на месте железными врезными задвижками (верхней и нижней). Для запираания Д. употребляются врезные замки, замки со щеколдами и с катками, щеколды без замков и поперечные задвижки.

**Железные Д.** состоят из полотно полукотельного железа, толщиной 1,5—5 мм, или кровельного железа весом 4—5 кг лист. Эти листы прикрепляются маленькими заклепками к рамке *тп* из полового или углового железа (фиг. 13); для навешивания полотно к ним приклепывают по две петли *к* или *т*, которыми они навешиваются на крючья, вбитые в откосы проема. Такими железными дверьми должны быть снабжены все дверные проемы в



Фиг. 13.

брандмауерах; однако, железные двери, особенно—больших размеров, накаливаясь во время пожара, коробятся и отстают от рамы или стены. В этом отношении более надежными являются так называемые огнестойкие Д., сделанные из нескольких деревянных щитов и обитые кровельным железом (3,5—4 кг) по войлоку или асбесту. Наилучшими являются опускные Д., автоматически закрывающиеся во время пожара вследствие расплавления легкоплавких деталей.

*Лит.:* Зеленский В., Архитектура. Краткий курс построения частей здания, Москва, 1904; Королев А., Пожарная охрана промышленных предприятий, 2 дополн. изд., М., 1927; Steinmetz G., Grundlagen für d. Bauen in Stadt und Land, B. 2, München, 1917; Meyer O., Türen und Fenster, ihre Gestalt nach alten und neuen Handwerkstechniken, Berlin, 1924.

**ДВИГАТЕЛИ БЕСКОМПРЕССОРНЫЕ**, двигатели, работающие по циклу Дизеля, в которых распыливание топлива осуществляется без помощи сжатого воздуха (см. *Двигатели Дизеля*). Процесс Д. б. отстает от теоретического цикла Дизеля по линии сгорания. Обычно в начале процесса происходит сгорание по линии постоянного объема со значительным повышением давления, с постепенным переходом на сгорание при постоянном давлении, так образом, процесс подходит под смешанный цикл (см. *Двигатели внутреннего сгорания*). Повышение давления получается в пределах 10—15 atm; поэтому степень сжатия бескомпрессорных дизелей выполняют меньше степени сжатия, принятой для компрессорных двигателей. Давление сжатия Д. б. ~25 atm против 30—35 atm, обычно встречающихся в компрессорных машинах. Отсутствие компрессора, упрощение конструкции, увеличение механического кпд дали возможность применить бескомпрессорный дизель для нужд автомобильного и авиационного транспорта (см. *Автомобильный двигатель*), для которого наличие компрессора являлось препятствием к применению двигателя Дизеля. Пуск в ход Д. б. производится сжатым воздухом, подготавливаемым либо небольшим отдельным компрессором, включаемым только на время пополнения убыли пускового воздуха, либо полученным перепуском в пусковой баллон части засосанного в цилиндр

и сжатого воздуха. Механический коэффициент полезного действия благодаря отсутствию компрессора у Д. б. достигает значения  $\eta_m = 0,85$ . Расход топлива на индикаторную силу в машинах компрессорных и бескомпрессорных в общем одинаков, но на эффективную силу в бескомпрессорных машинах расход топлива относительно меньше. Конструктивное описание и литературу см. *Двигатели Дизеля и Двигатели судовые*.

**ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**, двигатели, в к-рых внутри рабочего цилиндра химическая энергия топлива преобразовывается в энергию тепла, превращаемую помощью кривошипно-механического механизма в механическую работу.

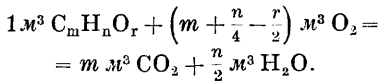
**Топливо и реакция сгорания.** Для Д. в. с. топливо бывает трех родов: газообразное, жидкое и твердое. Жидкое топливо при введении в двигатель перед сгоранием испаряется или распыливается в мелкий туман; твердое топливо путем разложения и частичного сгорания предварительно обращается в горючий газ, к-рый вводится в цилиндр двигателя; продуктами сгорания всякого рода топлива являются также газы. Поэтому все двигатели внутреннего сгорания можно рассматривать как двигатели, работающие на газообразном топливе.

**Основной состав топлива.** Основными химическими элементами, тепло сгорания которых используется в Д. в. с., являются углерод и водород. Из различных химическ. соединений углерода с водородом широкое распространение как топливо для двигателей получили следующие группы: 1) группа ароматиков вида  $C_nH_{2n-6}$ , относящаяся к циклическим соединениям: бензол  $C_6H_6$ , толуол  $C_7H_8$ , ксилол  $C_8H_{10}$ ; 2) группа олефинов вида  $C_nH_{2n}$ : этилен  $C_2H_4$ , пропилен  $C_3H_6$ , бутилен  $C_4H_8$  и т. д.; 3) группа парафинов вида  $C_nH_{2n+2}$ —предельные углеводороды: метан  $CH_4$ , этан  $C_2H_6$ , пропан  $C_3H_8$ , бутан  $C_4H_{10}$ , пентан  $C_5H_{12}$ , гексан  $C_6H_{14}$ , гептан  $C_7H_{16}$ , октан  $C_8H_{18}$ , тридекан  $C_{13}H_{28}$  и т. д. Большинство непредельных углеводородов, слабо оводородоженных, не могут применяться в двигателях непосредственно, так как неустойчивые соединения легко дают смолы, оседающие на рабочих органах двигателей, и лишь в последнее время они нашли применение в специальных конструкциях форсунок с пневматическим распыливанием при сжигании совместно с предельными углеводородами. Большинство видов жидкого топлива представляет собою смесь различных углеводородов разных точек кипения, и потому они не могут быть выражены простыми химическими формулами. Для таких топлив процентное (по весу) содержание всех входящих в них элементов определяется химическим анализом (табл. 1).

Табл. 1.—Состав жидкого топлива в весовых %.

Вид топлива	С	Н	О
Беросин . . . . .	86,32	13,24	0,44
Нефть . . . . .	85,90	13,03	1,07
Бензип . . . . .	85,43	14,57	0,00

Химические реакции. Процесс горения всякого топлива сводится к окислению его составных частей, и продуктами полного сгорания являются: углекислота и водяные пары. При этом объемы газов, вступающих в реакцию, до и после сгорания не остаются постоянными. Если имеется углеводородистое соединение вида  $C_m H_n O_r$ \*, то реакция происходит по формуле:



Зная количество теоретически необходимого кислорода, легко вычислить и теоретически необходимое количество воздуха:

$$L_0 = \frac{m + \frac{n}{4} - \frac{r}{2}}{0,21} \text{ м}^3, \quad (1)$$

где 0,21—доля объемного содержания кислорода в воздухе; точнее брать число 0,209. До реакции смесь горючего с воздухом может содержать количество последнего  $L$ , большее теоретически необходимого. Отношение  $a = \frac{L}{L_0}$  называется коэффициентом избытка воздуха. Разницу в объемах газов ( $\Delta V$ ) до и после сгорания легко получить, вычитая из объемов газов после сгорания объем их до сгорания:

$$\Delta V = -\left(1 - \frac{n}{4} - \frac{r}{2}\right) \text{ м}^3. \quad (2)$$

Изменение объемов не зависит от количества атомов углерода ( $m$ ), входящих в состав данного соединения, а зависит лишь от числа атомов водорода ( $n$ ) и кислорода ( $r$ ).

Теоретически необходимое количество воздуха в килограммолекулах на 1 кг топлива:

$$L''_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \frac{m + \frac{n}{4} - \frac{r}{2}}{12m + n + 16r} \text{ кг-мол.} \quad (3)$$

Изменение числа килограммолекул при сгорании определяется как разность:

$$\Delta M = \frac{m}{12m + n + 16r} + \frac{n}{2(12m + n + 16r)} - \\ - \frac{m + \frac{n}{4} - \frac{r}{2}}{12m + n + 16r} = \frac{\frac{n}{4} + 2}{12m + n + 16r} \text{ кг-мол.} \quad (4)$$

Теплотворная способность топлива. Теплотворной способностью топлива  $H$  называется количество калорий, выделяемое при полном сгорании его единицы (объемной или весовой) и определяемое калориметром Юнкера или бомбой Крера, т. е. при постоянном давлении  $Q_p$  или при постоянном объеме  $Q_v$ . Разница между величинами  $Q_p$  и  $Q_v$  незначительна, и на практике ею пренебрегают. В Д. в. с. нельзя использовать всего тепла, выделяемого топливом, так как часть его теряется в виде скрытой теплоты парообразования, затраченной на испарение образующейся при горении воды, вследствие высоких температур отходящих газов. Поэтому отличают высшую теплотворную способность, без вычета этой затраты тепла, и низшую, или рабочую, учитывающую эту потерю. Так как

\* Для применения указанного метода расчета для нефти и ее отгонов принимают следующие приближенные формулы: для нефти  $C_{13}H_{22}$ , для керосина  $C_{12}H_{20}$  и для бензина  $C_8H_{16}$ .

темп-ра отходящих газов в Д. в. с. высока и, следовательно, вода, находящаяся в продуктах сгорания, уходит в виде пара, унося с собой скрытую теплоту парообразования, то на практике приходится считаться только с низшей теплотворн. способностью. Теплотворную способность, отнесенную к весовым единицам, будем обозначать через  $h$ , при чем низшую теплотворную способность—через  $h_u$ . Те же величины, отнесенные к 1 м<sup>3</sup>, в дальнейшем будем обозначать через  $H$  и  $H_u$ .

Для водорода, который находится в газообразном состоянии, высшая теплотворная способность, отнесенная к 1 кг, будет:  $h = 34\,100$  Cal. При сгорании 1 кг водорода получаем 9 кг воды. Считая скрытую теплоту испарения  $r \cong 600$  Cal/кг, получаем из высшей теплотворной способности рабочую (низшую):

$$h_u = h - 9r = 34\,100 - 5\,400 = 28\,700 \text{ Cal/кг.}$$

Низшая теплотворная способность водорода, находящегося в химическом соединении с углеродом, по Менделееву, равняется

$$h_u = 24\,600 \text{ Cal/кг.}$$

Теплотворная способность 1 кг топлива группы  $C_n H_n$  и  $C_n H_{2n}$  не зависит от числа атомов углерода и водорода.

Характеристические постоянные. Характеристическая постоянная ( $R$ ) после сгорания можно найти из изменения объемов до и после сгорания. Для начального состояния  $G_1$  весовых ед. смеси имеем:  $P_1 V_1 = G_1 R_1 T_1$ ; приведя продукты сгорания к первоначальному давлению  $P_1$  и температуре  $T_1$ , получим после сгорания:  $P_1 V_2 = G_1 R_2 T_1$ , откуда  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_2}{V_1}$ , или, принимая во внимание, что  $V_2 = V_1 + \Delta V$ , имеем:  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_1 + \Delta V}{V_1} = \beta$ , или  $R_2 = \beta R_1$ . Если объем после сгорания увеличивается, то  $\Delta V$  берется со знаком +, если уменьшается, то со знаком -.

Средний химический состав наиболее употребительных видов газообразных топлив, их теплотворная способность, а также теоретически необходимое для их сгорания количество воздуха приведены в табл. 2 и 3.

Теплотворная способность рабочих смесей. Так как в двигателе засасывается не чистое топливо, а смесь его с воздухом, то практически на количество тепла, выделяющегося за один рабочий цикл, оказывает влияние не теплотворная способность самого топлива, а та же величина, отнесенная к единице объема рабочей смеси. Если на 1 м<sup>3</sup> газа для его сгорания тратится  $L$  м<sup>3</sup> воздуха, то теплотворная способность смеси будет

$$H_g = \frac{H_u}{1 + L}, \quad (5)$$

т. к. тепло 1 м<sup>3</sup> газа будет теперь заключаться уже в  $(1 + L)$  м<sup>3</sup> смеси. Два рода топлива, из которых один имеет теплотворную способность большую, чем другой, не всегда дают такое же соотношение и для их рабочих смесей:

Для нефти . . . . .	$h_u = 10\,000$	$H_g = 800$
» 90°-ного спирта . . . . .	$h_u = 5\,630$	$H_g = 827$
» окиси углерода . . . . .	$H_u = 2\,800$	$H_g = 828$
» светильного газа . . . . .	$H_u = 4\,590$	$H_g = 739$

Табл. 2.—Сгорание газов.

Г а з ы	Молекулярный вес $\mu$	Теоретически необходимое количество в м <sup>3</sup> кислорода для сжигания 1 м <sup>3</sup> газа $S_0$	Теоретически необходимое количество в м <sup>3</sup> воздуха для сжигания 1 м <sup>3</sup> газа $L_0$	Уменьшение объема при сжигании 1 м <sup>3</sup> газа $\Delta V$	Высшая теплотворная способность 1 кг газа в Cal $h$	Низшая теплотворная способность 1 кг газа в Cal $h_u$	Высшая теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа при 15° и 1 atm в Cal $H$	Низшая теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа при 15° и 1 atm в Cal $H_u$
Окись углерода								
СО . . . . .	28	0,5	2,38	0,5	2 440	2 440	2 800	2 800
Водород Н <sub>2</sub> . . . . .	2	0,5	2,38	0,5	34 100	28 700	2 800	2 360
Метан СН <sub>4</sub> . . . . .	16	2	9,52	0,0	13 250	11 900	8 700	7 820
Ацетилен С <sub>2</sub> Н <sub>2</sub> . . . . .	26	2,5	11,9	0,5	12 000	11 600	12 800	12 360
Светильный газ . . . . .	12,58	1,10	5,21	0,275	9 960	8 900	5 135	4 590
Водяной газ . . . . .	15,66	0,45	2,15	0,45	3 930	3 580	2 520	2 300
Генераторный газ (силовой) . . . . .	24,25	0,21	1,00	0,21	1 180	1 100	1 175	1 095
Доменный газ . . . . .	28,48	0,16	0,76	0,16	768	757	896	885

Табл. 3.—Основные величины для сгорания жидкого топлива.

В и д т о п л и в а	Молекулярный вес $\mu$	Темп-ра кипения $t_s$	Высшая теплотворная способность для 1 кг в Cal $h$	Низшая теплотворная способность для 1 кг в Cal $h_u$	Теорет. необх. кол-ва кислор. в м <sup>3</sup> при 15° и 1 atm для 1 кг $S_0$
Алкоголь С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub> О . . . . .	46	78,3	7 100	6 400	1,59
Спирт, 95 весовых % . . . . .	—	78,5	6 740	6 000	1,51
Бензол С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub> . . . . .	78	80,4	10 000	9 590	2,35
Бензин . . . . .	—	80—110	10 500—11 200	10 400	2,7
Керосин . . . . .	—	200—250	10 500—11 000	9 800—10 200	2,7

Из приведенных примеров видно, что топливо более бедное иногда оказывается более выгодным.

**Процесс сгорания.** Теплотворная способность  $H$  топлива, определяемая практически по количеству тепла, выделившемуся в воду, при его полном сгорании в бомбе Крера или же в калориметре Юнкера, всегда меньше полного тепла химической реакции, потому что часть последнего идет на повышение внутренней энергии продуктов сгорания, имеющих иную теплоемкость, чем рабочая смесь. Эта разница, благодаря зависимости теплоемкости от температуры, будет изменяться с температурой, при которой ведется опыт, и будет тем больше, чем выше температура. По подсчетам, произведенным Гребером, средние молекулярные теплоемкости таковы:

При постоянном объеме ( $c_p$ )

для простых газов . . . . .  $\mu c_p' = 4,625 + 0,00053T$   
 » углекислоты . . . . .  $\mu c_p'' = 6,774 + 0,00189T$   
 » водяного пара . . . . .  $\mu c_p''' = 6,855 + 0,00116T$

При постоянном давлении ( $c_p$ )

для простых газов . . . . .  $\mu c_p' = 6,610 + 0,00053T$   
 » углекислоты . . . . .  $\mu c_p'' = 8,759 + 0,00189T$   
 » водяного пара . . . . .  $\mu c_p''' = 8,840 + 0,00116T$

Такое уменьшение теплотворной способности становится ощутительным лишь при высоких температурах, а потому с достаточной для практики  $H_u$  в с. точностью можно считать величину  $H_u$  постоянной. Если предположить, что процесс сгорания совершается при постоянном объеме, то все тепло реакции пойдет на повышение внутренней энергии  $U$  за счет: 1) повышения температуры, 2) увеличения суммарной теплоемкости продуктов сгорания по сравнению с ра-

бочей смеси. Это может быть выражено следующим уравнением:

$$dQ = dU, \quad (6)$$

или, интегрируя, получим:

$$Q = U_2 - U_1,$$

$$Q + (c_v)'_m T_1 = (c_v)''_m T_2, \quad (7)$$

[где  $Q$ —тепло реакции,  $(c_v)'_m$  и  $(c_v)''_m$ —средние теплоемкости газов до и после сгорания], или

$$H_u + (c_v)'_m T_1 = (c_v)''_m T_2. \quad (8)$$

Если сгорание протекает при постоянном давлении, то все тепло реакции идет на повышение теплосодержания  $J$ . Из основного уравнения

$$dQ = dJ - Av dp,$$

принимая  $dp = 0$ , найдем:

$$dQ = dJ,$$

или, интегрируя,

$$Q = J_2 - J_1,$$

$$Q + (c_p)''_m T_1 = (c_p)'_m T_2. \quad (9)$$

Заменяя  $Q$  через  $H_u$ , получаем:

$$H_u + (c_p)'_m T_1 = (c_p)''_m T_2. \quad (10)$$

Считая средние теплоемкости зависящими от температуры по закону

$$(c_v)_m = a_v + b_v T,$$

$$(c_p)_m = a_p + b_p T,$$

можно придать уравнениям (8) и (10) следующий вид:

$$1) \text{ для сгорания, при } v = \text{Const}, \\ H_u + (a_v' + b_v' T_1) T_1 = (a_v'' + b_v'' T_2) T_2; \quad (11)$$

$$2) \text{ для сгорания, при } p = \text{Const}, \\ H_u + (a_p' + b_p' T_1) T_1 = (a_p'' + b_p'' T_2) T_2. \quad (12)$$

Имея характеристич. ур-ия рабочих газов до ( $p_1 v_1 = R_1 T_1$ ) и после ( $p_2 v_2 = R_2 T_2$ ) сгорания, можем для процесса сгорания определить соотношения объемов и давлений:

$$1) v = \text{Const:} \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2 R_2}{T_1 R_1}, \quad (13)$$

но

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{\Delta v}{v_1},$$

откуда

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \left(1 + \frac{\Delta v}{v_1}\right) = \beta \frac{T_2}{T_1},$$

где  $\Delta v$ —изменение объема от химической реакции, приведенное к первоначальному состоянию (изменение числа молекул);

2)  $p = \text{Const:}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2 R_2}{T_1 R_1},$$

или, по предыдущему,

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1} \left(1 + \frac{\Delta v}{v_1}\right) = \beta \frac{T_2}{T_1},$$

где  $\Delta v$ —изменение объема от химической реакции.

**Основные процессы при переменных теплоемкостях.** Показатель адиабаты. Отношение  $\frac{c_p}{c_v}$ , т. е. показатель адиабаты  $k$  для данного процесса при переменной теплоемкости, не есть величина постоянная, а зависит от температуры. Действительно:

$$k = \frac{c_p}{c_v}; \quad c_p - c_v = \frac{1,985}{\mu},$$

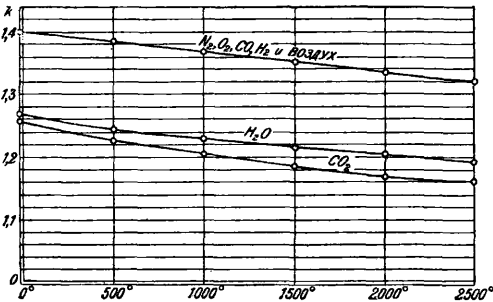
где  $\mu$ —молекулярный вес, откуда

$$c_p = c_v + \frac{1,985}{\mu};$$

разделив на  $c_v$ , получим:

$$k = 1 + \frac{1,985}{\mu c_v} = 1 + \frac{1,985}{a + bT}. \quad (14)$$

В виду весьма пологого протекания кривой  $k$  в зависимости от  $T$  (фиг. 1) выражение



Фиг. 1.

(14) может быть представлено уравнением прямой:

$$k = k_0 - rT$$

и для двухатомных газов

$$k = 1,422 - \frac{0,572 T}{10\,000}.$$

Уравнение адиабаты

$$c_v dT + ap dv = 0$$

при переменной теплоемкости примет вид:

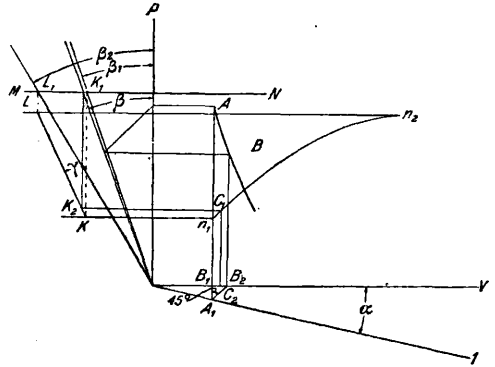
$$\frac{T v^{k_0-1}}{k_0-1-rT} = \text{Const}. \quad (15)$$

Из этого ур-ия можно вывести и следующие два ур-ия адиабатического процесса для двух состояний газа:

$$\frac{v_0}{v} = \left[ \frac{T_0(k_0-1-rT_0)}{T_0(k_0-1-rT)} \right]^{\frac{1}{k_0-1}}, \quad (16)$$

$$\frac{T_0}{T} = \left(1 - \frac{rT_0}{k_0-1}\right) \left(\frac{v}{v_0}\right)^{k_0-1} + \frac{rT_0}{k_0-1}. \quad (17)$$

По этим двум ур-иям можно всегда, зная начальное состояние газов, определить конечное, и наоборот.



Фиг. 2.

Уравнение для политропы при переменных теплоемкостях получается в виде:

$$\frac{1 - \psi k_0}{pv} \frac{1 - \psi}{k_0 - 1 - rT} = \text{Const}, \quad (18)$$

где  $\psi$ —доля тепла, идущая на повышение внутренней энергии.

Для двух состояний газа имеем:

$$\frac{T_0}{T} = \left(1 - \frac{rT_0}{k_0-1}\right) \left(\frac{v}{v_0}\right)^{\frac{\psi}{\psi-1}(k_0-1)} + \frac{rT_0}{k_0-1}. \quad (19)$$

Ур-ие адиабаты получается из данного ур-ия политропы при  $\frac{\psi}{\psi-1} = 1$ . Последнее неопределенное выражение можно определить из основного ур-ия адиабаты:  $\frac{c_p dT}{A dL} = -1$ . Подставляя вместо  $c_p dT$  его значение  $\psi dQ$  и вместо  $A dL$  его значение  $(1-\psi)dQ$ , получим:

$$\frac{c_p dT}{A dL} = \frac{\psi}{1-\psi} = -1, \quad \text{откуда} \quad \frac{\psi}{\psi-1} = 1.$$

Построение политропы при  $n \neq \text{Const}$ . Даны оси координат  $P, V$ , точка  $A$  политропы и кривая  $n_1 n_2$ —значений показателя  $n$  (фиг. 2). Пользуясь основным соотношением Брауера:

$$1 + \text{tg } \beta = (1 + \text{tg } a)^n,$$

видим, что, при  $n \neq \text{Const}$ , и  $\beta$  есть величина переменная. Обозначим  $1 + \text{tg } a$  через  $a$ . При чем, при выбранном  $\angle a$ ,  $a$  есть величина постоянная, и прологарифмируем это выражение:

$$\text{lg}(1 + \text{tg } \beta) = n \text{lg } a. \quad (20)$$

Вычислим  $\angle \beta_1$  для значения  $n_1$  (по кривой  $n_1 n_2$ ) и построим соответствующий луч. Проводим произвольную горизонталь  $MN$  и точку пересечения ее с этим лучом  $K_1$  сносим на горизонталь, проходящую через  $n_1$ . Эту

точку *K* примем за начало кривой  $(1 + \text{tg } \beta)$ , ось абсцис к-рой является вертикаль, отстоящая от оси *p* на расстоянии, равном 1. Если за ось абсцис принять ось *P*, то искомая кривая есть кривая  $\text{tg } \beta$ . Построить эту логарифмику можно по уравнению (20), вычисляя соответствующие углы  $\beta$ ; по этого вычисления можно избежать, зная, что для небольших пределов изменения числа пропорциональны своим логарифмам; тогда логарифмика для этих пределов м. б. заменена прямой, проведенной к вертикали под  $\angle \gamma$ , значение которого определится следующим образом. Имеем:

$$\frac{1 + \text{tg } \beta_1}{n_1} = \frac{1 + \text{tg } \beta_2}{n_2} = \text{Const} = \text{tg } \gamma,$$

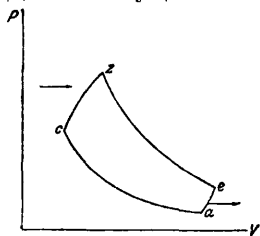
или

$$\frac{a^{n_1}}{n_1} = \frac{a^{n_2}}{n_2} = \frac{a^{n_2} - a^{n_1}}{n_2 - n_1} = \text{Const},$$

$$\text{tg } \gamma = \frac{a^{n_2} - a^{n_1}}{n_2 - n_1} = \frac{\text{tg } \beta_2 - \text{tg } \beta_1}{n_2 - n_1}.$$

Такая замена логарифмики прямой для практических пределов изменения вполне допустима и на протекании искомой политропы не отражается. Отсюда получаем следующий метод построения политропы. Проведя, как обычно, луч 1, вычисляем углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  для значений  $n_1$  и  $n_2$  и строим соответствующие им лучи (фиг. 2); затем проводим произвольную горизонталь *MN* и точки пересечения ее с лучами *L*<sub>1</sub> и *K*<sub>1</sub> сносим на соответствующие горизонтали, проходящие через точки  $n_1$  и  $n_2$  кривой *n*. Соединив эти точки, получим искомую прямую *LK*, образующую с вертикалью угол  $\gamma$ . Затем из точки *A* проводим вертикаль *AA*<sub>1</sub>, а из *A*<sub>1</sub>—прямую под  $\angle 45^\circ$  к оси *V*. Полученный отрезок *B*<sub>1</sub>*B*<sub>2</sub> делим пополам и из точки *C*<sub>2</sub> проводим вертикаль до пересечения с кривой *n* в точке *C*<sub>1</sub>; из *C*<sub>1</sub> ведем горизонталь до пересечения с *KL* в *K*<sub>2</sub> и обычным построением находим угол  $\beta$ , соответствующий среднему значению *n* (точка *C*<sub>1</sub>). Зная угол  $\beta$ , находим точку *B* искомой политропы по методу Брауера. Построение следующих точек производится в таком же порядке.

**Общие положения четырехтактных и двухтактных циклов.** Рабочий цикл современных Д. в. с. осуществляется по схеме, к-рая по своим основным фазам весьма близко подходит к циклу Карно.

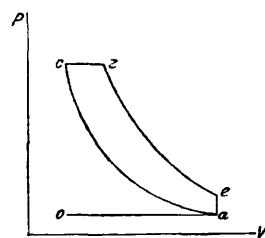


Фиг. 3.

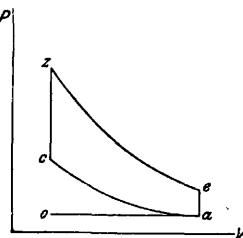
Отличие от цикла Карно заключается главным обр. в способе как получения тепла, так и отдачи его холодному источнику. По циклу Карно, получение и отдача тепла должны идти по изотермам, т. е. лишь при равенстве темп-ры источника с темп-рой рабочего тела возможно получить обратимый процесс с соответствующим максимальным теплоиспользованием. Т. о., рабочий цикл Д. в. с. будет состоять из двух произвольных линий, по к-рым получается тепло (линия *cz*) и отдается тепло (линия *ea*), и двух адиабат: адиабаты сжатия *ac* и адиабаты расширения *ze* (фиг. 3). Все практически осуществленные циклы различаются

между собой характером протекания линий получения и отдачи тепла, при чем сообщение тепла осуществляется или по изоплере (линии постоянного объема), или по изобаре (линии постоянного давления), или, наконец, частью по одной, частью по другой прямой; отдача тепла совершается по  $p = \text{Const}$  или по  $v = \text{Const}$ .

Далее, различают циклы четырехтактные и двухтактные. Четырехтактный цикл (фиг. 4 и 5) осуществляется след. обр. По линии *oa* (1-й такт) происходит всасывание рабочей смеси (или чистого воздуха), по *ac*—сжатие ее (2-й такт); воспламененная

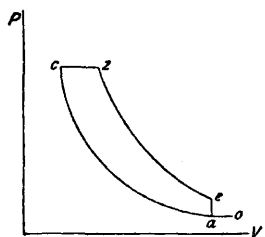


Фиг. 4.

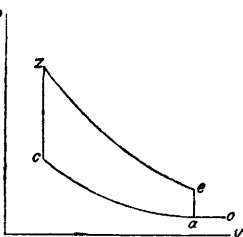


Фиг. 5.

в точке *c* смесь сгорает по линии постоянно объема или давления (*cz*). По *ze* происходит расширение сгоревших газов (3-й такт), по *ea*—уравнивание давлений с выпуском продуктов сгорания и, наконец, по *ao* (4-й такт)—выталкивание оставшихся продуктов сгорания в атмосферу. В случае д в у х т а к т н о г о цикла (фиг. 6 и 7) линии всасывания и выталкивания (1-й и 4-й такты) отпадают и заменяются линией продувки *ao*. Для простоты делается предположение, что рабочий процесс осуществляется по обратимому циклу; в таком случае можно принять, что по линии *cz* происходит не сгорание, а простое сообщение тепла извне, а по



Фиг. 6.



Фиг. 7.

линии *ea*—не вытекание газов, а отдача тепла холодному источнику. Такое предположение никаких существенных отклонений от действительного цикла не дает, за исключением линии *ea*, по которой изменяется количество газов вследствие вытекания, почему состояние рабочего тела по этой кривой не м. б. определено из обычного характеристического уравнения. Далее, предположим, что теплоемкости газов постоянны и не зависят от темп-ры. При термодинамич. исследовании теоретич. цикла линии всасывания и выталкивания в четырехтактном двигателе и линия продувки в двухтактном двигателе м. б. исключены из рассмотрения, так как: 1) алгебраическая сумма работ газа, соответствующих этим тактам, равна нулю; 2) рабочий процесс в этот период протекает с пере-

менным количеством рабочего тела и потому является необратимым. Для рассмотрения отдельных циклов, осущестляемых в Д. в. с., введем следующие общие понятия и обозначения для всех циклов. Рабочим объемом цилиндра  $V_h$  назовем объем, описываемый поршнем между его крайними мертвыми положениями; объемом пространства сжатия  $V_c$  — объем, в котором заключена рабочая смесь в конце сжатия при положении поршня в мертвой точке; сумму объемов  $V_c + V_h$  обозначим через  $V_a$ . Степенью сжатия  $\epsilon$  назовем отношение объемов в начале и в конце

сжатия  $\epsilon$ , степени предварительного расширения  $\rho$  и степени увеличения давления  $\lambda$ . Если в указанной формуле подставим  $\rho = 1$ , то смешанный цикл превращается в нормальный, т. е. цикл Отто, и

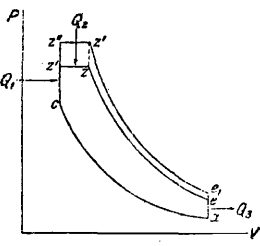
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$$

Из этого выражения для  $\eta_t$ , выведенного в предположении постоянных теплоемкостей, видно, что термический кпд зависит исключительно от степени сжатия  $\epsilon$  и показателя  $k$ , с повышением которых он растет. Зависимость  $\eta_t$  от  $\epsilon$  и  $k$  дана в табл. 4.

Табл. 4. — Кпд  $\eta_t$  для цикла быстрого сгорания (Отто) при различных  $\epsilon$  и  $k$ .

$k \backslash \epsilon$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
1,20	0,129	0,167	0,197	0,221	0,242	0,260	0,275	0,301	0,322	0,340	0,356	0,369
1,25	0,159	0,205	0,270	0,279	0,293	0,313	0,331	0,361	0,385	0,405	0,423	0,438
1,30	0,188	0,241	0,281	0,313	0,340	0,363	0,383	0,416	0,442	0,464	0,483	0,499
1,35	0,216	0,274	0,319	0,355	0,384	0,409	0,431	0,466	0,494	0,517	0,537	0,553
1,40	0,248	0,313	0,363	0,402	0,434	0,460	0,483	0,520	0,550	0,574	0,594	0,610

сжатия, т. е.  $\epsilon = \frac{V_a}{V_c}$ . Объем и давление в конце сгорания обозначим соответственно через  $V_2$  и  $p_2$ . Степенью увеличения давления при сгорании  $\lambda$ , если оно имеет место, назовем отношение давлений в конце и в начале сгорания, т. е.  $\lambda = \frac{p_2}{p_c}$ . Степенью предварительного расширения  $\rho$  назовем отношение объемов в конце и в начале сгорания, т. е.  $\rho = \frac{V_2}{V_c}$ . Тогда степень расширения  $\delta$ , представляющая отношение объемов в конце расширения и в конце сгорания, выразится так:  $\delta = \frac{V_2}{V_c}$ .



Фиг. 8.

Тогда степень расширения  $\delta$ , представляющая отношение объемов в конце расширения и в конце сгорания, выразится так:  $\delta = \frac{V_2}{V_c}$ .

**Термический кпд.** Как общий случай рассмотрим рабочий процесс, в котором часть тепла  $Q_1$  Cal сообщается по линии  $v = \text{Const}$ , другая часть  $Q_2$  Cal — по линии  $p = \text{Const}$ ; холодному источнику отдается  $Q_3$  Cal (фиг. 8). Термический кпд

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_3}{Q_1 + Q_2} \quad (21)$$

Выразив тепло через температуру и теплоемкость  $Q_1 = c_v(T_{z'} - T_c)$ ,  $Q_2 = c_p(T_2 - T_{z'})$ ,  $Q_3 = c_p(T_c - T_a)$  и вставив эти выражения в ур-ие (21), получим:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_c - T_a}{T_{z'} - T_c + k(T_2 - T_{z'})} \quad (22)$$

Выразив все темп-ры, входящие в это ур-ие, через темп-ру  $T_a$ , пользуясь вышеприведенными обозначениями и ур-иями адиабаты:

$$\begin{aligned} T_c &= T_a \epsilon^{k-1}, \\ T_{z'} &= \lambda T_c = \lambda \epsilon^{k-1} T_a, \\ T_2 &= \rho T_{z'} = \rho \lambda \epsilon^{k-1} T_a, \\ T_c &= T_a \left(\frac{\rho}{\epsilon}\right)^{k-1} = \rho^k \lambda T_a, \end{aligned}$$

получаем после подстановки:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^k \lambda - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)} \quad (23)$$

Т. о., термический кпд смешанного цикла зависит от показателя адиабаты  $k$ , степени

Из табл. видно, что с повышением  $k$  при одном и том же  $\epsilon$  термический кпд возрастает; такая же зависимость существует между  $\eta_t$  и  $\epsilon$  при одной и той же величине  $k$ . Подставляя в ф-лу (23)  $\lambda = 1$ , получаем кпд для так называемого цикла Дизеля

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)}$$

Из этого выражения видно, что для двигателя Дизеля термический кпд зависит, кроме  $\epsilon$  и  $k$ , еще от степени предварительного расширения  $\rho$ . Чем больше  $\rho$ , тем меньше  $\eta_t$ , и так как  $\rho$  увеличивается с ростом нагрузки, то  $\eta_t$  Дизеля повышается по мере убывания нагрузки. Зависимость  $\eta_t$  цикла Дизеля от  $\epsilon$  и  $\rho$  приведена в табл. 5.

Табл. 5. — Кпд  $\eta_t$  цикла Дизеля при различных  $\epsilon$ ,  $k$  и  $\rho$ .

$k \backslash \epsilon \rho$	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
1,30	0,535	0,522	0,512	0,499	0,483	0,479	0,471
1,41	0,616	0,602	0,588	0,576	0,564	0,552	0,540

Для определения влияния отдельных факторов на термический кпд и их взаимные отношения необходимо проследить изменение термическ. кпд в зависимости от одной лишь переменной, в то время когда другие величины имеют какие-нибудь постоянные значения. Основной вопрос, который возникает у исследователя: каким образом должно быть подведено тепло для того, чтобы обеспечить максимальное его использование. В смешанном цикле это тепло состоит из тепла, сообщенного по  $v = \text{Const}$  и по  $p = \text{Const}$ . Предположим, что количество тепла  $Q_1 + Q_2$  не меняется, а меняется лишь относительное значение  $Q_1$  и  $Q_2$ , так что сумма  $Q = Q_1 + Q_2 = \text{Const}$ . Имеем:

$$Q_1 = c_v(T_{z'} - T_c) = c_v T_c \left(\frac{T_{z'}}{T_c} - 1\right) = c_v T_c (\lambda - 1),$$

$$Q_2 = c_p(T_2 - T_{z'}) = c_p T_{z'} \left(\frac{T_2}{T_{z'}} - 1\right) = c_p T_{z'} (\rho - 1),$$

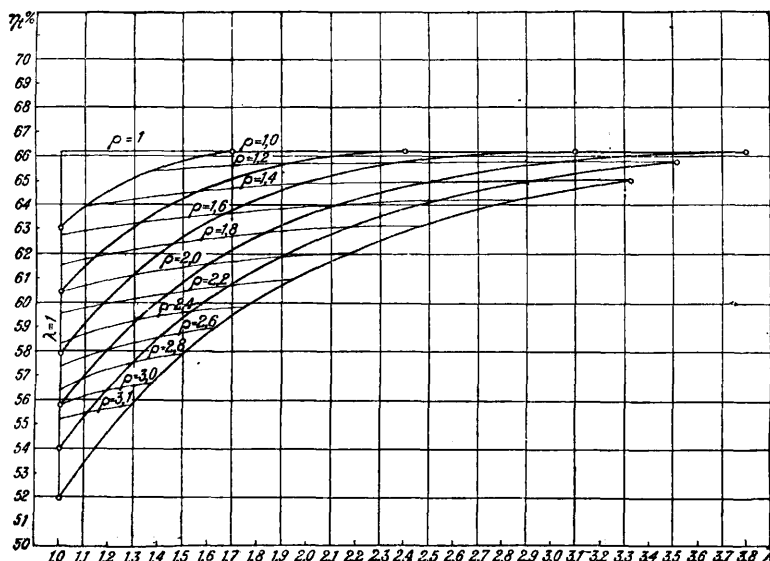
$$Q_1 + Q_2 = c_v T_c (\lambda - 1) + c_p T_{z'} (\rho - 1) = \text{Const},$$

$$\frac{Q_1 + Q_2}{c_p T_c} = \lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1) = \text{Const} \quad (24)$$



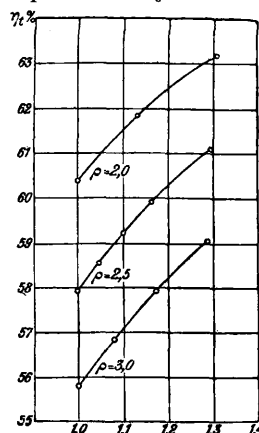
При постоянной теплоемкости и постоянной степени сжатия,  $c_p$  и  $T_c$  суть величины постоянные, и вся левая часть уравнения также постоянна. Полученное выражение (24) позволяет при постоянном сообщении тепла определить связь между  $\lambda$  и  $\rho$ . Задаваясь

увеличить  $\lambda$  за счет большего сообщения тепла, то  $\eta_t$  последнего цикла несколько увеличится. Таким образом, кпд диаграммы  $ac2'e$  меньше кпд диаграммы  $ac2''z'e_1$  (фиг. 8). На фиг. 10 представлены изменения кпд в зависимости от практических изменений  $\rho$  и  $\lambda$



Фиг. 9.

разными значениями для  $\lambda$ , определяя соответствующие им значения  $\rho$  при данном количестве сообщенного тепла  $Q_1 + Q_2$  и подставляя полученные значения в ф-лу термического кпд (23), найдем изменения  $\eta_t$  при вышеуказанных условиях, изображенные на фиг. 9. Здесь жирные кривые соответствуют термическому использованию при постоянном сообщении тепла, в зависимости от изменения  $\rho$  и  $\lambda$ , а тонкие кривые  $\eta_t$ , в зависимости от изменения  $\lambda$  и количества сообщенного тепла, — при постоянном  $\rho$ . Эти кривые построены для степени сжатия  $\epsilon = 15$  и показателя  $k = 1,4$ . При  $\lambda = 1$  получим значения  $\eta_t$  для разных  $\rho$ , которые соответствуют нормальному циклу Дизеля; при  $\rho = 1$  получаем значение  $\eta_t$  для цикла Отто.



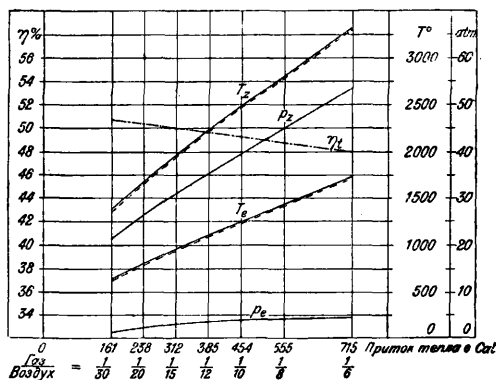
Фиг. 10.

Таким образом, с левой стороны диаграмма ограничена вертикальной прямой  $\lambda = 1$ , а сверху — прямой  $\rho = 1$ . При постоянном количестве сообщенного тепла смешанный цикл, по мере удаления от цикла Дизеля и приближения к циклу Отто, повышает кпд. В пределе, когда все тепло сообщается по  $v = \text{Const}$ , термический кпд, независимо от количества сообщенного тепла, для всех кривых получится одинаковым. Если, при данной степени предварительн. расширения  $\rho$ ,

увеличить  $\lambda$  за счет большего сообщения тепла, то  $\eta_t$  последнего цикла несколько увеличится. Таким образом, кпд диаграммы  $ac2'e$  меньше кпд диаграммы  $ac2''z'e_1$  (фиг. 8). На фиг. 10 представлены изменения кпд в зависимости от практических изменений  $\rho$  и  $\lambda$

Сравнение циклов при постоянной и переменной теплоемкостях. Зависимость величины  $\eta_t$  от состава рабочей смеси при постоянной и переменной теплоемкостях представлена графически на фиг. 11 и 12, при чем первая относится к случаю  $c = \text{Const}$ , а вторая — к  $c$  переменному. По оси абсцисс отложены величины теплотворных способностей смеси и соответствующие им отношения количества газа к воздуху, а по оси ординат — величины  $\eta_t$ , темп-р  $T$  и давлений  $p$  рабочего цикла. Сравнивая кривые этих двух

диаграмм, видим, что при с переменном падение  $\eta_t$  по мере обогащения смеси резче, чем при  $c$  постоянном. Для коэффициента смешения  $1/30$  (соответствующего 161,3 Cal) значения  $\eta_t$  для обоих случаев мало разнятся друг



Фиг. 11.

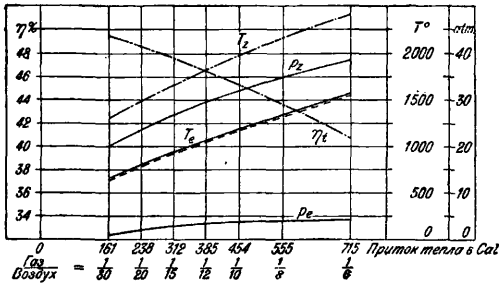
от друга (50,5 и 49%), тогда как для смеси богатой ( $1/6$ ) разница достигает 7% (48 и 41%).

Из рассмотренной каждой из этих диаграмм в отдельности можно проследить зависимость  $p$  и  $T$  начала и конца расширения от состава смеси. По мере обогащения смеси,  $p$  и  $T$  соответственно возрастают, вследствие чего увеличивается теплоемкость рабочей смеси, уменьшается  $k$  и понижается термическое использование в двигателе, что видно и из выражений:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon k - 1} \quad \text{и} \quad \eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{k(\rho - 1)\epsilon k - 1}.$$

(Отто) (Дизель)

Следовательно, для данного рабочего тела кпд находится отчасти в обратной зависимости от температуры. Т. о., и здесь подтверждается заключение, что при определенной наивыгоднейшей степени сжатия  $\epsilon$  работать с бедной смесью лучше, чем с богатой.



Фиг. 12.

Цикл Отто (при  $c \neq \text{Const}$ ). Даны  $Q_1$ ,  $\epsilon$  и состояние точки  $a$  (фиг. 13); рабочий цикл совершается двухатомным газом. По уравнению адиабаты, при  $c \neq \text{Const}$ ,

$$\frac{T_a}{T_c} = \left(1 - \frac{rT_a}{k_0 - 1}\right) \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{k_0 - 1} + \frac{rT_a}{k_0 - 1},$$

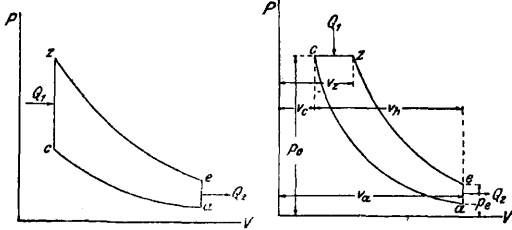
или

$$\frac{T_a}{T_c} = \left(1 - \frac{rT_a}{\epsilon k_0 - 1}\right) \frac{1}{\epsilon k_0 - 1} + \frac{rT_a}{k_0 - 1}, \quad (25)$$

определяем температуру в конце сжатия  $T_c$ . Зная количество сообщенного тепла  $Q_1$ , определяем температуру вспышки  $T_z$  по ур-ию

$$Q_1 + (a_p + b_m T_c) T_c = (a_p + b_m T_z) T_z,$$

при чем все значения  $Q_1$  и  $(a + b_m T)$  м. б. взяты по отношению либо объемных, либо



Фиг. 13.

Фиг. 14.

весовых единиц, а  $b_m$  относится к средней теплоемкости. Температуру в точке  $e$  определяем по ур-ию адиабаты:

$$\frac{T_z}{T_e} = \left(1 - \frac{rT_z}{k_0 - 1}\right) \left(\frac{V_e}{V_z}\right)^{k_0 - 1} + \frac{rT_z}{k_0 - 1},$$

или

$$\frac{T_z}{T_e} = \left(1 - \frac{rT_z}{\epsilon k_0 - 1}\right) \frac{1}{\epsilon k_0 - 1} + \frac{rT_z}{k_0 - 1}.$$

Зная температуры рабочего цикла, находим термический кпд:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{[a_p + b_m (T_a + T_e)] (T_e - T_a)}{Q_1}.$$

Для примера определим кпд при постоянных и переменных теплоемкостях для цикла Отто, для степени сжатия  $\epsilon = 5$ , при сообщении 500 Cal тепла на 1 кг рабочего воздуха, при начальном состоянии воздуха, соответствующем точке  $a$ , 1 atm и 300° K. При  $c = \text{Const}$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon k - 1} = 1 - \frac{1}{5^{1,41}} = 1 - \frac{1}{1,943} = 0,483.$$

При  $c \neq \text{Const}$  для воздуха

$$k = 1,422 - \frac{0,572}{10\,000} T; \quad k_0 = 1,422; \quad r = \frac{0,572}{10\,000};$$

$$\frac{300}{T_c} = \left(1 - \frac{0,572 \cdot 300}{0,422 \cdot 10\,000}\right) \frac{1}{5^{0,422}} + \frac{0,572 \cdot 300}{0,422 \cdot 10\,000};$$

откуда  $T_c = 568^\circ$ .

Пишем уравнение сгорания, относя все величины к 1 кг-мол.: для воздуха ( $\mu = 29$ )  $Q_1 = \mu \cdot 500 = 29 \cdot 500$ ;  $a_p + b_m T = 4,625 + 0,00053T$ ;  $29 \cdot 500 + (4,625 + 0,00053 \cdot 568) 568 = (4,625 + 0,00053T) T_z$ , откуда  $T_z = \approx 830^\circ$ .

Для адиабаты расширения имеем:

$$\frac{2\,830}{T_e} = \left(1 - \frac{0,572 \cdot 2\,830}{0,422 \cdot 10\,000}\right) 5^{0,422} + \frac{0,572 \cdot 2\,830}{0,422 \cdot 10\,000};$$

$$\frac{2\,830}{T_e} = 1,599; \quad T_e = 1\,770^\circ;$$

$$\eta_t = 1 - \frac{[4,625 + 0,00053(300 + 1\,770)](1\,770 - 300)}{29 \cdot 500} = 0,421.$$

Цикл Дизеля (при  $c \neq \text{Const}$ ). Даны  $\rho$  и  $\epsilon$  и состояние точки  $a$ ; цикл совершается двухатомным газом (фиг. 14). Как и в цикле Отто, характерные температуры  $T_c$ ,  $T_z$  и  $T_e$  можно последовательно определить из следующих уравнений:

$$\frac{T_a}{T_c} = \left(1 - \frac{rT_a}{k_0 - 1}\right) \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{k_0 - 1} + \frac{rT_a}{k_0 - 1},$$

или

$$\frac{T_a}{T_c} = \left(1 - \frac{rT_a}{\epsilon k_0 - 1}\right) \frac{1}{\epsilon k_0 - 1} + \frac{rT_a}{k_0 - 1};$$

$$T_z = \rho T_c;$$

$$\frac{T_z}{T_e} = \left(1 - \frac{rT_z}{k_0 - 1}\right) \left(\frac{V_e}{V_z}\right)^{k_0 - 1} + \frac{rT_z}{k_0 - 1},$$

или

$$\frac{T_z}{T_e} = \left(1 - \frac{rT_z}{k_0 - 1}\right) \delta^{k_0 - 1} + \frac{rT_z}{k_0 - 1}.$$

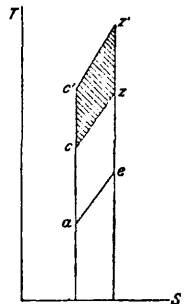
На основании полученных температур термический кпд двигателя выразится:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{[a_p + b_m (T_e + T_a)] (T_e - T_a)}{[a_p + b_m (T_c + T_z)] (T_z - T_c)}.$$

Сравнивая кпд для цикла Дизеля при постоянных и переменных теплоемкостях, например, при  $\epsilon = 15$ ,  $\rho = 3$  и начальном состоянии воздуха 1 atm и 300° K, аналогично получаем: при  $c = \text{Const}$ ,  $\eta_t = 0,567$ ; при  $c \neq \text{Const}$ ,  $\eta_t = 0,503$ .

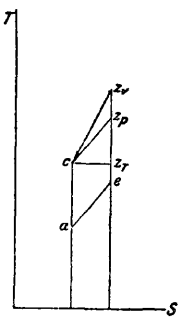
**Сравнение кпд циклов в тепловой диаграмме.**

Весьма наглядное представление об использовании тепла в теоретич. циклах дает тепловая диаграмма. С повышением степени сжатия кпд увеличивается, что видно из фиг. 15, где площадь  $acze$  соответствует полученной работе при данной степени сжатия. С повышением степени сжатия и, соответственно, температуры сжатия до точки  $c'$ , весь избыток тепла  $cc'z'z$ , дополнительно введенный в рабочий цикл, идет на совершенные работы. Теоретические циклы, ограниченные двумя адиабатами и изоплерой отдачи тепла, при разных способах подвода тепла по  $p = \text{Const}$ ,  $v = \text{Const}$ ,  $T = \text{Const}$ , дают разные тепловые эффекты, в зависимости от параметров. За основной исходный параметр м. б. взяты либо постоянная степень сжатия либо максимальное давление. На фиг. 16 представлены три

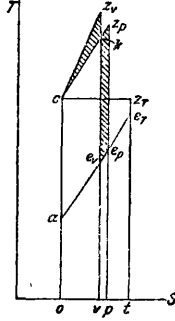


Фиг. 15.

рабочих цикла с постоянной степенью сжатия, при условии, что количество тепла, отданное холодному источнику, для всех трех циклов постоянно. Наибольшему количеству тепла, обращенному в работу, равную площади  $acz_p e$ , соответствует сгорание по  $v = \text{Const}$ , затем идет сгорание по  $p = \text{Const}$ ,



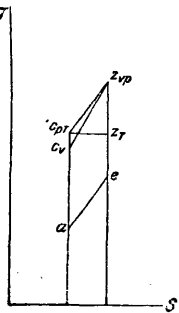
Фиг. 16.



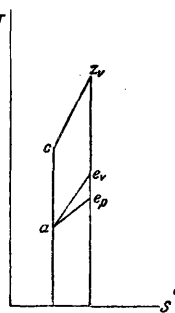
Фиг. 17.

соответствуя площади  $acz_p e$ , и, наконец, наименьшее использование тепла дает сгорание по  $T = \text{Const}$  (площадь  $acz_p e$ ).

Такое же сравнение этих циклов можно произвести в предположении, что работа при всех трех формах сгорания получится одинаковая. На фиг. 17 площадь  $acz_p e_p$  соответствует теплу, обращенному в работу при сгорании по  $v = \text{Const}$ ; при этом холодному источнику отдано тепло, соответствующее площади  $oae_p v$ . Чтобы получить ту же рабочую площадь по  $p = \text{Const}$ , необходимо увеличить энтропию настолько, чтобы площадь  $cz_p k = kz_p e_p e_p$ ; при этом количество тепла, к-рое отдано холодному источнику, будет на площадь  $ve_p e_p p$  больше, чем при сгорании по  $v = \text{Const}$ , а следовательно и термическое использование соответственно упадет. При сгорании по  $T = \text{Const}$  холодному источнику будет отдано тепло, соответствующее площади  $oae_p t$ —большее, чем в предыдущих случаях при получении той же работы. Если сравнивать циклы при одинаковом максимальном давлении, предполагая, что количество тепла, отданное холодному источнику, для всех трех рабочих циклов одинаково, то наибольшее количество тепла, обращенного в работу, обеспечивает сгорание



Фиг. 18.



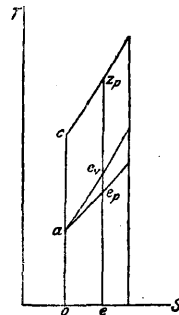
Фиг. 19.

по  $p = \text{Const}$ , затем по  $v = \text{Const}$ , и наилучший результат дает сгорание по  $T = \text{Const}$ , что видно из фиг. 18. Такое же сравнение можно произвести в предположении посто-

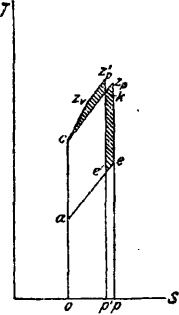
яинства количества тепла, обращенного в работу, при чем результаты получаются те же.

Сравнивая цикл Отто с циклом Гемфри, т. е. с продолженным расширением, видим, что за счет продолженного расширения получается излишек рабочей площади  $ae_p e_p$  при той же затрате тепла (фиг. 19). При сравнении нормального цикла Дизеля с циклом Дизеля, работающим с продолженным расширением, получается излишек площади  $ae_p e_p$ , за счет продолженного расширения при той же затрате тепла, соответствующей площади  $ocz_p e$  (фиг. 20). Кпд цикла, ограниченного двумя изобарами, как видно из диаграммы, не зависит от нагрузки машины. Кроме того, из этой диаграммы видно, что выгодность продолженного расширения увеличивается с ростом нагрузки двигателя.

При сравнении использования тепла по смешанному циклу (фиг. 21), у которого сгорание от точки с идет сначала по  $v = \text{Const}$  до точки  $z_p$ , а затем по  $p = \text{Const}$  до точки  $z_p$ , с циклом Дизеля со сгоранием по линии  $cz_p$ , в предположении, что оба цикла должны дать одинаковую рабочую площадь,—энтропия для цикла Дизеля должна быть увеличена настолько, чтобы площадь  $cz_p z_p k$  получилась равной площади  $e' k z_p e$ ; при этом количество тепла, отданное холодному источнику по смешанному циклу, эквивалентное площади  $oae' p'$ , меньше количества тепла при сгорании по  $p = \text{Const}$  (площадь  $oae p$ ).



Фиг. 20.

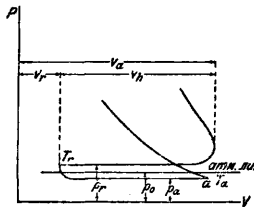


Фиг. 21.

Аналогичные сравнения можно было бы произвести в тепловых диаграммах в предположении переменных теплоемкостей, и конечные результаты получились бы те же.

**Действительные рабочие циклы двигателей внутреннего сгорания.** Основные элементы процесса всасывания. Когда кончается выталкивание сгоревших газов, в пространстве сжатия остается часть их с давлением, несколько большим атмосферного. При обратном ходе поршня давление остаточных газов начинает понижаться до атмосферного; затем падение давления продолжается, и начинается всасывание свежей смеси, продолжающееся до тех пор, пока поршень не придет в другую мертвую точку  $a$  (фиг. 22). Весь объем цилиндра  $V_a$  мы, однако, не в состоянии заполнить свежей смесью, в виду освобождения поршнем лишь рабочего объема цилиндра  $V_p$ , частичного заполнения цилиндра остаточными газами и сопротивления впускных органов. Назовем весовое отношение всасанного количества рабочей смеси к теоре-

тически возможно, отнесенному к объему  $V_h$  в условиях работы, коэффициентом подачи  $\eta_v$ . Следовательно, если объем  $V_h$  при давлении  $p_0$  и темп-ре  $T_0$  окружающей среды будет заполнен целиком, то  $\eta_v = 1$ . Обозначим весовое количество остаточных газов через  $G_r$ , количество свежепоступившей смеси — через  $G_0$  и количество газов в точке  $a$  — через  $G_a$ . Предполагая, что в период всасывания не происходит нагрева рабочей смеси от горячих деталей, а имеет место



Фиг. 22.

только теплообмен между остаточными газами и свежепоступившей смесью, можно написать следующие уравнения:

$$G_r(T_r - T_a) c' = G_0(T_a - T_0) c'',$$

$$G_0 + G_r = G_a.$$

Предполагая, что теплоемкости сгоревших газов  $c'$  и свежепоступившей смеси  $c''$  мало отличаются друг от друга, и сокращая на это значение, получим после открытия скобок и соединения членов, содержащих  $T_a$ :

$$T_a(G_r + G_0) = G_r T_r + G_0 T_0. \quad (26)$$

Заменяя соответствующие веса из характеристических ур-ий:

$$G_a = \frac{P_a V_a}{R_a T_a}; \quad G_r = \frac{P_r V_r}{R_r T_r}; \quad G_0 = \eta_v \frac{P_0 V_h}{R_0 T_0},$$

подставляя эти значения в ур-ие (26) и предполагая равенство характеристич. постоянных, получаем после сокращения:

$$P_a V_a = P_r V_r + \eta_v P_0 V_h,$$

откуда

$$\eta_v = \frac{P_a V_a - P_r V_r}{P_0 V_h},$$

или, разделив числитель и знаменатель на  $V_r$  и приняв во внимание, что  $\frac{V_a}{V_r} = \epsilon$  (степень сжатия) и  $\frac{V_h}{V_r} = \frac{V_a - V_r}{V_r} = \epsilon - 1$ , получим:

$$\eta_v = \frac{1}{P_0(\epsilon - 1)} (\epsilon P_a - P_r). \quad (27)$$

Вводя в скобки выражение  $P_a - P_a$ , преобразуем данное ур-ие в

$$\eta_v = \frac{1}{P_0(\epsilon - 1)} (\epsilon P_a - P_a + P_a - P_r) =$$

$$= \frac{P_a(\epsilon - 1) + P_a - P_r}{P_0(\epsilon - 1)} = \frac{P_a}{P_0} - \left( \frac{P_r}{P_0} - \frac{P_a}{P_0} \right) \frac{1}{\epsilon - 1}, \quad (28)$$

т. е. если смесь в процессе всасывания не нагревается о горячие стенки рабочих органов, то коэфф. подачи не зависит от темп-ры остаточных газов, а зависит лишь от относительного разрежения во время всасывания, относительного сопротивления во время выхлопа и от степени сжатия. С повышением степени сжатия коэфф. подачи растет, с увеличением сопротивления во время всасывания и выталкивания он падает. Назовем коэфф-том остаточных газов  $\gamma$  отношение

весового количества остаточных газов к весовому количеству свежезасосанной смеси:

$$\gamma = \frac{G_r}{G_0}.$$

Так как

$$G_r = \frac{P_r V_r}{R_r T_r}, \quad \text{а} \quad G_0 = \eta_v \frac{P_0 V_h}{R_0 T_0},$$

то

$$\gamma = \frac{P_r V_r R_0 T_0}{R_r T_r P_0 V_h \eta_v}.$$

Считая  $R_0 = R_r$  и вводя соотношение  $\frac{V_h}{V_r} = \epsilon - 1$ , получаем:

$$\gamma = \frac{P_r T_0}{P_0 \eta_v T_r (\epsilon - 1)} = \frac{1}{\eta_v (\epsilon - 1)} \cdot \frac{P_r T_0}{P_0 T_r}. \quad (29a)$$

Подставляя значение  $\eta_v$  из формулы (27), получаем:

$$\gamma = \frac{P_r T_0}{T_r (\epsilon P_a - P_r)}. \quad (29b)$$

Температура смеси в точке  $a$  начала сжатия определяется из формулы  $G_0 + G_r = G_a$ :

$$G_a = G_0 + G_r = G_0 + \gamma G_0 = G_0 (1 + \gamma),$$

$$\frac{P_a V_a}{R_a T_a} = \frac{P_0 V_h \eta_v (1 + \gamma)}{R_0 T_0}.$$

Полагая  $R_0 = R_a$ , находим:

$$T_a = \frac{P_a V_a T_0}{P_0 \eta_v V_h (1 + \gamma)}.$$

Подставляя из ф-лы (27)  $\eta_v$  и вводя соотношение  $\frac{V_h}{V_a} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$ , получаем:

$$T_a = \frac{\epsilon P_a T_0}{\epsilon P_a - P_r} \frac{T_r - T_0}{T_r}. \quad (30)$$

Как видим, три основные величины процесса всасывания:  $\eta_v$ ,  $\gamma$  и  $T_a$  определяются через давления всасывания и выхлопа, условия окружающей среды и температуру остаточных газов.

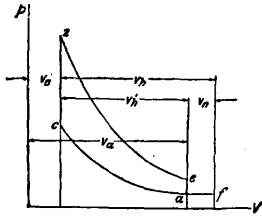
Если предположить, что смесь в процессе всасывания нагревается о горячие стенки рабочих деталей, то коэффициент подачи будет зависеть, кроме вышеуказанных факторов, также и от относительной величины подогрева и выражается формулой:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_a} \left[ \frac{P_a}{P_0} - \left( \frac{P_r T_a}{P_0 T_r} - \frac{P_a}{P_0} \right) \frac{1}{\epsilon - 1} \right]. \quad (31)$$

Имея диаграмму, снятую с лавой пружинной и дающую  $P_r$  и  $P_a$ , зная условия окружающей среды и задаваясь темп-рой остаточных газов, можем определить температуру  $T'_a$  по ф-ле (30). Затем, учитывая подогрев от стенок и поршня некоторым повышением температуры  $\Delta T_a$  и подставляя в формулу (31)  $T_a = T'_a + \Delta T_a$ , определяем коэффициент подачи  $\eta_v$ . Имея последнюю величину, по формуле (29a) вычисляем коэфф. остаточных газов  $\gamma$ . Величину  $\Delta T_a$  можно брать в пределах  $10 \div 25^\circ$ . Обратно, если имеется коэфф. подачи исполненных машин в зависимости от конструкции распределительных органов и сопротивлений всасывания и выталкивания, определяем  $T_a$  начала рабочего процесса и  $\gamma$ .

Заполнение рабочей смеси в цилиндре двухтактных Д. в. с. В двухтактных двигателях процесс заполнения цилиндра свежей смесью производится за счет работы особого продувочного насоса (для мелких двигателей используется кривошипная камера), сжимающего рабочую смесь до давления на  $0,15 - 0,35 \text{ атм}$  выше

давления окружающего воздуха. Теоретически в точке *e* по прямой *ea* (фиг. 23) производится выхлоп газа, после чего через орган, управляющий продувкой, в цилиндр поступает сжатая продувочным насосом рабочая смесь (или воздух) по линии *af-fa* и вытесняет через выхлопной орган продукты сгорания. Сжатие начинается с точки *a*, в которой закрываются все органы распределения. При выхлопе через щели, управляемые поршнем, точки *e* и *a* лежат на одной вертикали диаграммы. Таким образом из всего рабочего объема  $V_h$



Фиг. 23.

теряется объем  $V_n$  и используется объем  $V_h$ . Обозначая степень сжатия  $\epsilon = \frac{V_a}{V_c}$ , видим из чертежа, что из geometr. размеров цилиндра машины м. б. введено второе соотношение  $\epsilon' = \frac{V_f}{V_c}$ , исчисленное по отношению ко всему ходу. Цикл и отдельные процессы его, естественно, должны подсчитываться по величине  $\epsilon = \frac{V_a}{V_c}$ . Связь между этими двумя величинами определяется следующим образом:

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Обозначая  $\frac{V_n}{V_h}$  через  $\lambda$  (доля потеряннго хода), получаем:

$$\epsilon = (\epsilon' - 1)(1 - \lambda) + 1 = A\epsilon'$$

где

$$A = \frac{(\epsilon' - 1)(1 - \lambda) + 1}{\epsilon'}$$

Коэфф-т подачи, отнесенный к объему  $V_h'$ ,

$$\eta_v = \frac{(1 - \psi)\eta_k V_k}{V_h'} = \frac{(1 - \psi)\eta_k V_k}{V_h(1 - \lambda)}$$

где  $\psi$ —коэффициент утечки,  $V_k$  и  $\eta_k$ —рабочий объем и коэффициент подачи компрессора. Коэффициент остаточных газов  $\gamma$  определяем по формуле:

$$\gamma = \frac{P_a V_a - P_0 r_0 V_h}{P_r r_0 V_h'} \cdot \frac{T_0}{T_r} = \frac{T_0}{T_r} \left( \frac{P_a}{r_0 P_0} \cdot \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} - 1 \right) \quad (32)$$

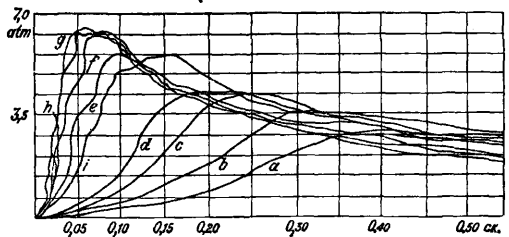
Начальная темп-ра сжатия  $T_a$  определяется по формуле:

$$T_a = \frac{T_r}{1 + \frac{r_0 P_0 (\epsilon - 1)}{P_a \epsilon} \left( \frac{T_r}{T_0} - 1 \right)} \quad (33)$$

Период сжатия. В идеальном случае сжатие должно протекать по адиабате с переменным показателем. В действительном же процессе происходит потеря тепла, и сжатие идет приблизительно по нек-рой политропической кривой с постоянным показателем 1,35, отличающимся от показателя адиабаты. Можно принять показатель линии сжатия соответствующим политропич. кривой с постоянными теплоемкостями, и как основные элементы, влияющие на величину этого показателя, следует признать размер машины и скорость рабочего поршня. Чем больше объем цилиндра, тем меньше относительная площадь охлаждения; чем машина быстрходнее, тем меньше время соприкосновения рабочего тела с холодной стенкой.

Оба эти фактора повышают показатель политропы. Для двигателей Дизеля, работающих с большой степенью сжатия, указанное явление протекает в том же порядке. Для двигателей, работающих с калоризатором, явление подогрева в конце сжатия идет еще более интенсивно. Практически показатель политропы линии сжатия колеблется для нормально исполненных моделей от 1,3 до 1,35, достигая иногда и бoльших значений (до 1,4). Вообще же следует отметить, что влияние показателя политропы на развитие рабочей диаграммы весьма незначительно, что видно будет из последующего. Впрыск воды в процессе сжатия для понижения температуры, конечно, уменьшает показатель, и для простых нефтяных двигателей, работающих с впрыском воды, он колеблется от 1,2 до 1,25 за счет испарения воды.

Период сгорания. Обычно в Д. в. с. введенное топливо не успевает сгореть за время видимого сгорания и частью догорает на линии расширения. Чтобы разобраться в истинной причине явления догорания, необходимо рассмотреть те условия, которые обеспечивают полноту сгорания и лучшее использование тепла. Как было уже указано, лучшее теплоиспользование может быть достигнуто сгоранием по линии постоянного объема, для чего нужно сжечь все топливо в мертвой точке. Точное выполнение этого требования не может быть достигнуто, так как для сгорания требуется определенное время. Скорость же сгорания, по новейшим исследованиям, зависит от состава рабочей смеси, т. е. от коэффициента  $\alpha$ , от хорошего ее перемешивания и гл. обр. от тех вихревых движений, к-рые вызваны в рабочей смеси, в меньшей степени — от темп-ры и давления в начале сгорания. Скорость сгорания различных смесей неодинакова. Опыты Клерка (фиг. 24) вполне подтверждают это положение. Клерк произвел свои опыты в цилиндре с диаметром  $d = 180$  мм и ходом поршня  $s = 250$  мм. Самопищущий прибор дал кривые, изображенные на фиг. 24.



Фиг. 24.

Кривая <i>a</i> соответствует смеси газа и воздуха в объемных долях	1 : 14
» <i>b</i> » » »	1 : 13
» <i>c</i> » » »	1 : 12
» <i>d</i> » » »	1 : 11
» <i>e</i> » » »	1 : 9
» <i>f</i> » » »	1 : 7
» <i>g</i> » » »	1 : 6
» <i>h</i> » » »	1 : 5
» <i>i</i> » » »	1 : 4

Эти кривые скорости сгорания даны в зависимости от коэфф-та смешения. Как видно, скорость сгорания повышается с переходом от бедных смесей к богатым, достигая

своего максимума. Дальнейшее обогащение смеси понижает скорость сгорания. Так, при коэффициенте смешения 1:6 продолжительность сгорания равна 0,05 секунды, тогда как при коэффициенте смешения 1:14 она в 10 раз больше (0,5 секунды) и при коэффициенте смешения 1:4 достигает 0,15 сек. Скорость сгорания зависит также от давления сжатия, под которым протекает сгорание. Те же опыты Клерка иллюстрируют это положение (табл. 6).

Табл. 6.—Скорость сгорания по опытам Клерка (при скорости поршня  $v=5$  м/сек).

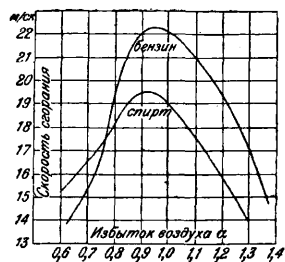
Виды смеси	Скорость сгорания в м/сек	
	без сжатия	при сжатии $p = 2,5 \text{ atm}$
Богатая	22	18
Бедная	7	6,25

Зависимость скорости сгорания от  $t^\circ$  всасывания для светильного и генераторного газов, по опытам Негеля, характеризуется табл. 7; из нее видно, что повышение  $t^\circ$  оказывает положительное влияние на скорость сгорания. Итак, хотя нагревание во время всасывания и сжатия способствует лучшему перемешиванию газов, но повышающееся вместе с тем давление мешает газам хорошо диффундировать.

Табл. 7.—Зависимость скорости сгорания от  $t^\circ$  всасывания.

Наименование и состав смеси	Скорость сгорания в м/сек	
	при $15^\circ$	при $75^\circ$
Светильный газ 16%	3,5	3,8
Генераторн. » 46,9%	1,95	2,1

На диаграмме (фиг. 25) приведены скорости сгорания бензиновых и спиртовых смесей, в зависимости от избытка воздуха  $a$  в двигателе «Скрипс», по опытам Лаборатории Д. в. с. Московского высшего технич. училища. Как видно из диаграммы, максимальная скорость сгорания для таких топлив получается для  $a \cong 0,9$  и достигает для бензина 22 м/сек. Как с обеднением, так и с обогащением смеси скорость сгорания сильно падает. Если сравнивать численные значения скорости сгорания, полученные Клерком,



Фиг. 25.

Негелем и лабораторией Московск. высшего технического училища, бросается в глаза их несоответствие: Клерком и лабораторией МВТУ получено число 22, а Негелем — 3 м/сек. Это объясняется тем, что Клерк и лаборатория производили свои опыты на работающем двигателе, тогда как Негель — в бомбах. Если предположить, что в закрытой

бомбе газ с воздухом хорошо диффундировали в однородную смесь, то опыты Негеля дают действительную скорость сгорания, когда смесь находится в покое. Эти скорости недостаточны для того, чтобы закончить сгорание даже за один рабочий ход: так, например, для автомобильного двигателя, делающего 1 800 об/м., рабочий ход (сжатие и расширение) совершается в  $\frac{60}{1800 \cdot 2} = \frac{1}{60}$  сек.; при ходе поршня равном 100 мм и

скорости сгорания в 3 м/сек сгорание заканчивалось бы в начале всасывания. В действительных рабочих диаграммах, однако, мы видим, что двигатели развивают нормальную рабочую диаграмму с небольшими отклонениями от  $v = \text{Const}$ , соответствующую скорости сгорания 20–30 м/сек, в зависимости от числа оборотов машины. С повышением числа оборотов увеличивается скорость вихревых потоков в рабочем цилиндре и очаг сгорания быстро переносится на всю рабочую смесь, так как вихревые скорости значительно превосходят скорости распространения волны сгорания в покоящейся смеси.

Коэффициент выделения тепла. В связи со всеми перечисленными выше влияниями на линию сгорания, из располагаемого тепла лишь часть будет обращена в полезное давление для двигателя Отто и в соответствующее увеличение объема для двигателя Дизеля. Остальная часть пойдет в охлаждающую воду; часть топлива совершенно не горит, характеризует неполноту сгорания; часть же топлива горит в процессе расширения, и некоторое влияние на теоретические давление и объем окажет также диссоциация. Назовем долю от введенного тепла, получаемую как полезное тепло в процессе видимого сгорания, коэффициентом выделения тепла  $\xi$ . Тогда, при сжигании единицы количества топлива с теплотворной способностью  $H_u$ , количество тепла, которое выделится в процесс видимого сгорания, будет  $\xi H_u$ . Значение  $\xi$  зависит от конструкции машины, очертаний камеры сгорания, однородности смеси или способа распыливания топлива и от числа оборотов машины; с повышением степени сжатия убывают потери в охлаждающую воду; совершенство диффузии и распыливания влечет за собой полноту сгорания; увеличение числа оборотов уменьшает теплоотдачу в стенки, но увеличивает фактор догорания. Практически для хорошо исполненных моделей коэффициент выделения тепла  $\xi$  колеблется в пределах от 0,75 до 0,95. Малое значение коэфф.  $\xi$  явно указывает на догорание в процессе расширения, и при выборе значений для  $\xi$  необходимо их связывать с соответствующим значением показателя политропы расширения  $n_2$ ; чем меньше  $\xi$ , тем меньше и  $n_2$ . Вообще следует отметить, что в большинстве двигателей может иметь место догорание за весь процесс расширения, и невыделившееся в процесс видимого сгорания тепло отчасти используется в процессе расширения. Значение коэфф. выделения тепла  $\xi$  для разных типов двигателей можно для предварительного теплового расчета брать по табл. 8.

Табл. 8.— Значения коэффициента выделения тепла  $\xi$ .

Двигатели Дизеля . . . . .	0,82—0,92
Нефтяные двигатели . . . . .	0,75—0,85
Газовые двигатели . . . . .	0,80—0,88
Высородные автомобили и авиационные двигатели . . . . .	0,80—0,97

Период расширения. Теоретически, адиабата линии расширения идет с переменным показателем, увеличивающимся по мере расширения газов в пределах от 1,25 до 1,32, в зависимости от нагрузки. В виду теплоотдачи в стенки кривая расширения должна идти круче адиабаты и с большим показателем против нее. В свою очередь, догорание компенсирует потерю на охлаждение, приближая действительную линию расширения к адиабатич. кривой. Практически при построении рабочей диаграммы принято считать линию расширения идущей с постоянным показателем, что, однако, не соответствует действительному рабочему процессу, но дает значительное упрощение при сравнительно небольших неточностях.

Для хорошо исполненных моделей  $n_2$  колеблется в пределах 1,28 ÷ 1,35, в зависимости от выбора коэффициента  $\xi$ , но может в неудачно исполненных моделях упасть даже до 1. По опытам Герберга, показатель линии расширения зависит гл. обр. от давления сжатия, что видно из след. сопоставления:

При давлении сжатия $p_c$ в <i>atm</i> . . . . .	10	10	8	6	4	3
Показатель линии расширения $n_2$ . . . . .	1,285	1,295	1,365	1,385	1,395	1,43.

т. е. с повышением сжатия показатель линии расширения падает. На показатель влияет, хотя не в сильной степени, и величина нагрузки. Герберг производил опыты при разных нагрузках, от больших до холостого хода, и нашел, что показатель при этом менялся в пределах 1,28 ÷ 1,33; для холостого хода он был равен 1,38. Такая зависимость показателя  $n_2$  от нагрузки понятна: с уменьшением нагрузки уменьшается и количество рабочей смеси, поверхность же охлаждения остается одна и та же, так что, несмотря на понижение температуры относительная теплоотдача как бы увеличивается, и показатель возрастает. На величину показателя линии расширения влияет также и число оборотов двигателя: чем оно больше, тем короче время соприкосновения газов со стенками в период расширения, а значит и теплоотдача в этот период меньше; следовательно, показатель  $n_2$  уменьшается. Эту зависимость подтверждает и Клерк, который нашел колебания  $n_2$  для разных чисел оборотов в пределах от 1,2 до 1,43. Впрыскивание воды в цилиндр тоже влияет на уменьшение показателя  $n_2$ . Часть тепла тратится на испарение впрыскиваемой воды, темп-ра понижается, и уменьшается теплоотдача во внешнюю среду, что и вызывает понижение  $n_2$  до 1,2; иногда оно доходит даже до 1. Это бывает при перегрузках, когда часть смеси не успевает сгорать, и по линии расширения происходит сильное догорание.

Продувка двухтактных двигателей. В двигателях внутреннего сгорания, в частности—в двухтактных, давление сгоревших газов в конце расширения равно 2 ÷ 5 *atm*. В момент открытия выхлопных

окон сгоревшие газы с постоянной скоростью, равной скорости звуковой волны (соответственно показателю  $k$  и температуре), устремляются через выхлопные окна в атмосферу, при чем с понижением давления в цилиндре ниже критического скорость истечения будет постепенно падать. Обозначим давление внутри цилиндра через  $p_i$ , давление в выхлопном трубопроводе—через  $p_a$ ; тогда с падением давления в цилиндре наступает критическое отношение давлений:

$$\left(\frac{p_i}{p_a}\right)_{кр} = \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (34)$$

Для двухатомных газов ( $k=1,4$ ) это отношение равно 1,89.

Если начальное давление в цилиндре больше давления, соответствующего критическому значению, т. е.

$$p_0 > \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} p_a,$$

то секундный вытекающий вес в кг определяется из выражения

$$G_{ск} = \mu \psi_{max} f \sqrt{\frac{p_i}{v_i}},$$

где  $f$ —площадь поперечного сечения окон,  $\mu$ —коэфф. истечения, а  $\psi_{max}$ —постоянная величина, не зависящая от начального давления:

$$\psi_{max} = \left(\frac{1}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{2gh}{k+1}}. \quad (35)$$

Если

$$p_0 < \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} p_a,$$

то

$$G_{ск} = \mu \psi f \sqrt{\frac{p_i}{v_i}},$$

где

$$\psi = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \left[ \left(\frac{p_a}{p_i}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_a}{p_i}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (36)$$

и, следовательно, количество вытекающ. газа зависит от постоянно падающего отношения давлений  $\frac{p_i}{p_a}$ . Т. о., за время  $dt$  вытекает

$$dG = \mu \psi f \sqrt{\frac{p_i}{v_i}} dt. \quad (37)$$

Предполагая, что процесс идет по закону политропы (с показателем  $m=1,25 \div 1,35$ ), и обозначая через  $p_0$  и  $v_0$  давление и уд. объем в начале рассматриваемого процесса, при  $p_i$  и  $v_i$ , меняющихся по времени, имеем:

$$p_i v_i^m = p_0 v_0^m,$$

$$\frac{p_i}{v_i} = \frac{p_i}{v_0} \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1}{m}} = \frac{p_0}{v_0} \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{1 + \frac{1}{m}},$$

откуда

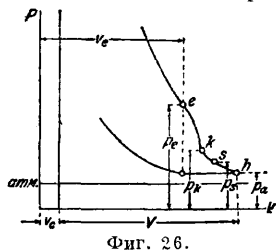
$$dG = \mu \psi f \sqrt{\frac{p_0}{v_0} \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1}{2} + \frac{1}{2m}}} dt. \quad (38)$$

После соответствующих подстановок и интегрирования получаем время-сечение для выхлопа и продувки:

$$\int f dt = -\frac{1}{m} \frac{V}{\mu} \frac{1}{\sqrt{p_0 v_0}} \int_{p_0}^{p_a} \frac{\left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\frac{1}{2} - \frac{1}{2m}}}{\psi} d\left(\frac{p_i}{p_0}\right), \quad (39)$$

где  $V$ —объем цилиндра в процессе выхлопа и продувки—принимается постоянным.

Очищение цилиндра от сгоревших газов идет по трем законам истечения (фиг. 26). 1) В момент, когда выхлопные окна открываются (точка *e*), устанавливается критическая постоянная скорость истечения вплоть до критич. давлени (точка *k*), и коэфф.  $\psi$  в этот период истечения (кривая *ek*) принимает постоянное значение  $\psi_{max}$ ; для среднего состава продувтов сгорания, при  $k=1,3$ ,  $\psi_{max}=2,09$ . 2) Затем, начиная с критическ. давлени, в



Фиг. 26.

пределах низких давлений истечения (участок *ks*) скорости вытекания постепенно падают в зависимости от падения давлени в цилиндре. 3) В тот момент, когда давлени в цилиндре упадет до давлени в ресивере или в продувочно-кривошипной камере  $p_s$  (точка *s*), открываются продувочные окна, и сгоревшие газы в цилиндре, с одной стороны, вытесняемые продувочным воздухом, а с другой—под влиянием разности давлений в цилиндре и выхлопном трубопроводе выталкиваются через выхлопн. окна. Для первого периода получаем для определения время-сечения до критич. давлени след. ф-лу:

$$\int_{t_0}^{t_k} f dt = 0,717 \sqrt{\frac{V}{T_e}} (0,932 p_e^{0,115} - 1). \quad (40)$$

Аналитич. решение интеграла для второго периода (выхлоп ниже критич. скорости), для области низких давлений, в виду переменности  $\psi$  невозможно, и решать его придется графически, в результате чего необходимое время-сечение берется по формуле:

$$\int_{t_0}^{t_k} f dt + \int_{t_k}^{t_s} f dt = 0,173 \sqrt{\frac{V}{T_e}} [(3,86 + Z_s) p_e^{0,115} - 4,14], \quad (41)$$

где  $Z_s$ , в зависимости от  $\frac{p_a}{p_i}$ , берется по графику (фиг. 27).

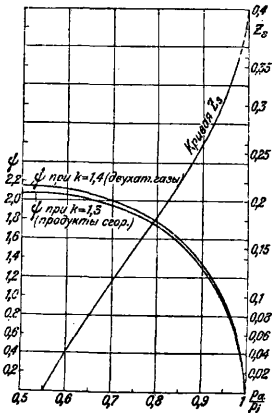
Период продувки. В момент открытия продувочных окон давлени в цилиндре равно давлени в ресивере  $p_s$ , и продувка цилиндра идет от продувочных окон к выхлопным, преодолевая сопротивление обоих этих окон. В виду того, что выхлопные окна в начале продувки имеют значительно большее сечение против продувочных, уравнивание давлений в цилиндре пойдет быстрее, чем подача свежего воздуха в рабочий цилиндр через продувочные окна. Предполагая для всего процесса продувки постоянное давлени в ресивере  $p_s$ , определим необходимое время-сечение продувочных окон. Количество воздуха, вытекающего за время  $dt$ :

$$dG = \mu \psi f \sqrt{\frac{p_s}{v_s}} dt; f dt = \frac{dG}{\mu \psi \sqrt{\frac{p_s}{v_s}}};$$

$$\int f dt = \frac{G}{\mu \psi \sqrt{\frac{p_s}{v_s}}}. \quad (42)$$

Это выражение содержит два неизвестных:

1) время-сечение  $\int f dt$ , 2) величину  $\psi$ , зависящую от давлени  $p_s$  в цилиндре. Для щелевой продувки, задаваясь началом открытия выхлопных окон и определяя начало открытия продувочных окон, тем самым получаем время-сечение для продувки и для всего выхлопа. Определение время-сечения для продувки и выхлопа произведем графически, зная диаметр и ход поршня и отношение длины шатуна к радиусу кривошипа. Для этой цели построим кривую зависимости от угла поворота кривошипа  $\alpha$  момента открытия выхлопных щелей (фиг. 28).

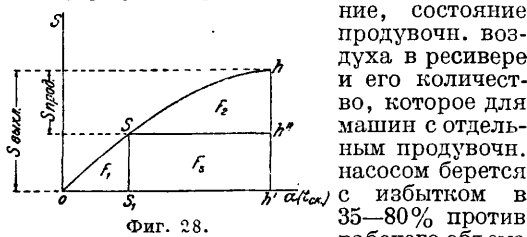


Фиг. 27.

По оси абсцисс откладываем угол поворота кривошипа  $\alpha$ , а по оси ординат—соответствующий ему ход поршня  $s$  (от начала открытия выхлопных щелей), построенный по точкам. Полученная интегральная площадь  $ohh'$  разбивается на 3 площади:  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$ , где  $F_1$  соответствует время-сечению предварения выхлопа до уравнивания давлени с ресивером,  $2(F_2 + F_3)$ —время-сечению выхлопа за период продувки (учитывая обратный ход поршня),  $2F_2$ —время-сечению продувки. Определяя масштабы диаграмм, находим необходимое время-сечение продувки по указанной площади. Из уравнения (42) определяем значение  $\psi$ :

$$\psi = \frac{G}{\mu \sqrt{\frac{p_s}{v_s} A_1}}, \quad (43)$$

где  $A_1 = \int f dt$  (время-сечение продувки). В этой формуле по фиг. 28 известно время-сечение



Фиг. 28.

цилиндра:  $\varphi = 1,35 - 1,80$ . У двигателя с кривошипно-камерной продувкой  $\varphi$  равно  $0,8 \div 0,6$ . Таким образом, имеем:

$$G = \frac{V}{v_0} \varphi,$$

но:

$$T_0 v_0^{n-1} = T_s v_s^{n-1}; v_0 = v_s \left(\frac{T_s}{T_0}\right)^{\frac{1}{n-1}};$$

$$G = \frac{V \varphi}{v_s \left(\frac{T_s}{T_0}\right)^{\frac{1}{n-1}}}. \quad (44)$$

Принимая показатель сжатия в компрессоре



$n=1,3$ , получаем следующее значение  $G$ :

$$G = \frac{V\varphi}{v_s} \left(\frac{T_0}{T_s}\right)^{3,33}$$

Подставляя в ур-ие (43), находим:

$$\psi = \frac{1}{A_1} \cdot \frac{V\varphi}{\mu \sqrt{p_s v_s}} \left(\frac{T_0}{T_s}\right)^{3,33} = \frac{1}{A_1} \cdot \frac{V\varphi}{\mu \sqrt{RT_s}} \left(\frac{T_0}{T_s}\right)^{3,33} \quad (45)$$

Принимая  $T_0 = 288^\circ$ ,  $\mu = 0,825$  и  $R = 29,2$ , получаем окончательно:

$$\psi = \frac{0,224}{A_1} \cdot \frac{V\varphi}{\sqrt{T_s}} \left(\frac{288}{T_s}\right)^{3,33} \quad (46)$$

В этой формуле температура  $T_s$  определяется в зависимости от давления продувочного воздуха  $p_s$  по табл. 9.

Табл. 9.—Зависимость между  $p_s$  и  $T_s$ .

$p_s$	1,15	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$T_s$	301	305	314	323	331	339	347	354

Определив  $\psi$  из формулы (46), находим по фиг.27 соответствующее отношение давлений  $\frac{p_2}{p_s}$  (при  $k=1,4$  для воздуха), а по заданному  $p_s$ —величину  $p_2$ .

Теперь можно проверить, достаточно ли располагаемое время-сечение для выхлопа в период продувки двигателя при известном отношении давления цилиндра  $p_2$  к давлению в выхлопном трубопроводе  $p_a$ . На основании предыдущих рассуждений можно написать аналогичное выражение и для конца выхлопа, т. е. предполагая, что выхлоп идет при отношении давления  $p_a$  к  $p_2$  в цилиндре; при этом время-сечение выхлопных окон, соответствующее площади  $2(F_2 + F_3)$ , не д. б. меньше необходимого при указанном отношении давлений, т. е.

$$\int f dt \geq \frac{G}{\mu\psi \sqrt{\frac{p_2}{v_2}}} \quad (47)$$

Подставляя вместо  $G$  его значение  $G = \frac{V}{v_2} \varphi$ , получим:

$$\int f dt \geq \frac{V\varphi}{\mu\psi \sqrt{p_2 v_2}}, \text{ или } \int f dt \geq \frac{V\varphi}{\mu\psi \sqrt{R} \sqrt{T_2}}$$

но

$$T_2 = T_e \left(\frac{p_2}{p_e}\right)^{\frac{m-1}{m}};$$

при  $m = 1,3$ ,

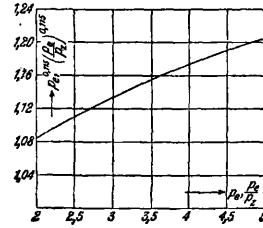
$$T_2 = T_e \left(\frac{p_2}{p_e}\right)^{0,231} \quad (48)$$

или, принимая  $\mu = 0,825$ ,  $R = 29,2$ :

$$\int f dt \geq 0,224 \frac{V\varphi}{\varphi \sqrt{T_e}} \left(\frac{p_e}{p_2}\right)^{0,115} \quad (49)$$

Здесь  $\psi$  берется по фиг. 27 для отношения давлений  $\frac{p_a}{p_2}$  и  $k = 1,3$ ; все остальные величины известны. Если это условие будет удовлетворено, то выхлопные окна будут достаточны. В случае же, если время-сечение для выхлопа в период продувки получится с большим избытком против необходимого по ф-ле (49), нужно пересчитать продувку, задаваясь новым моментом открытия выхлопных окон. В случае кривошипно-камерной про-

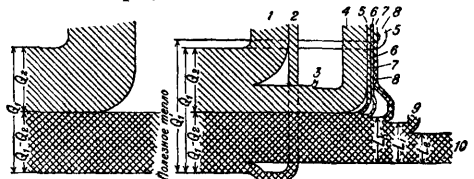
дувки давление продувки  $p_s$  должно быть принято как среднее значение изменения давления от начала до конца продувки. Практически, при максимальном давлении продувочного воздуха в кривошипной камере  $1,3 \text{ атм}$  абс., расчет ведется на среднее значение  $p_s = 1,2$ . Количество продувочного воздуха подсчитывается по коэффициенту подачи насоса, и значение коэффициента  $\varphi$  в этом случае меньше единицы. На диаграмме фиг. 29 дана кривая значений  $p_e^{0,115}$  и  $\left(\frac{p_e}{p_2}\right)^{0,115}$  в формулах (41), (49).



Фиг. 29.

Теплоиспользование в двигателях внутреннего сгорания. Тепловой баланс. В идеальной машине из располагаемого тепла  $Q_1$  передается холодному источнику количество тепла  $Q_2$  и используется только часть тепла, равная  $Q_1 - Q_2$  (фиг. 30). Это использование тепла соответствует термическому кпд  $\eta_t$ . В действительной машине вследствие охлаждения двигателя водой большинство потерь относятся за счет тепла, подлежащего отдаче холодному источнику, и лишь часть тепла уходит в воду за счет возможного термическ. использования. Потерю тепла в действительной машине, соответствующую потере тепла  $Q_2$  в идеальной машине, можно разбить на три основные потери: 1) в охлаждающую воду, 2) в окружающую среду и 3) с отходящими газами. Кроме этих потерь, в действительном двигателе

имеются еще следующие потери: 4) от работы трения поршня, отдающей тепло через стенки цилиндра в охлаждающую воду, 5) от замедленной вспышки, 6) от догорания, 7) на работу насосов, 8) от неполноты горения и 9) от работы трения. Остающаяся часть тепла обращается в полезную эффективную работу двигателя.



Фиг. 30. Тепловой баланс. Потери: 1—в охлаждающую воду, 2—часть потерь от трения, несовершенства горения и работы насосов и компрессоров, отходящая с охлаждающей водой, 3—от лучеиспускания, 4—с выхлопными газами, 5—от замедленной вспышки, 6—от догорания, 7—на работу насосов, 8—от неполноты горения, 9 — от работы трения. 10—Полезная работа двигателя.

Кэфф-ты полезного действия. В зависимости от распределения тепла в двигателе отличаются следующие кпд: 1) Термическим кпд  $\eta_t$  называется отношение тепла ( $AL_t$ ), обращенного в работу, к затраченному теплу  $Q_1$  в идеальной машине, т. е. работающей без потерь. Вычисление его приведено было выше. 2) Отношение тепла, соответствующего действительной работе газов в цилиндре,

к теплу  $Q_1$  в идеальной машине, т. е. работающей без потерь, называется коэффициентом полезного действия  $\eta_e$ .

3) Отношение тепла, соответствующего действительной работе газов в цилиндре, к теплу  $Q_1$  в идеальной машине, т. е. работающей без потерь, называется коэффициентом полезного действия  $\eta_e$ .

4) Отношение тепла, соответствующего действительной работе газов в цилиндре, к теплу  $Q_1$  в идеальной машине, т. е. работающей без потерь, называется коэффициентом полезного действия  $\eta_e$ .

при учете действительных потерь в рабочем цикле (индикаторная работа  $L_i$ ), ко всему затраченному теплу называется индикаторным кпд  $\eta_i$ .

3) Отношение индикаторного кпд к термическому называется относительным кпд, или степенью использования:  $\eta_g = \frac{\eta_i}{\eta_t} = \frac{L_i}{L_t}$ . Этот коэфф-т учитывает т. о. потери работы газов действительной машины по отношению к идеальной.

4) Работе  $L_i$  газов противодействует трение двигателя  $L_r$ , и действительная работа, полученная на валу машины,  $L_e = L_i - L_r$ . Отношение количества тепла, обращенного в действительную работу на валу машины, к затраченному теплу называется действительным, или эффективным, кпд  $\eta_e$ .

5) Отношение эффективного кпд, или эффективной работы, к индикаторному кпд, или индикаторной работе, называется механическим кпд:  $\eta_m = \frac{\eta_e}{\eta_i} = \frac{L_e}{L_i}$ .

Так обр., механический кпд характеризует относительную работу трения механизма. Итак, связь между указанными кпд, характеризующими рабочий процесс действительной машины, следующая:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_m.$$

Влияние степени сжатия и состава смеси на баланс тепла. Табл. 10 дает на примере генераторного газа ( $\alpha=1,5$ ) распределение тепла (в %), в зависимости от степени сжатия  $\epsilon$ .

Табл. 10.—Распределение теплов % в зависимости от степени сжатия  $\epsilon$ .

$\epsilon$	$q_e$	$q_w$	$q_g$	Остаток
3,63	21,5	50,4	22,7	5,4
4,58	24,0	49,9	21,6	4,5
6,58	27,9	48,5	18,3	5,3
8,16	29,3	45,6	19,3	5,8

Как видно из нее, чем больше  $\epsilon$ , т. е. чем больше давление сжатия, тем больше тепла обращается в полезную работу ( $q_e$ ). Потеря тепла в воду ( $q_w$ ) с увеличением  $\epsilon$  несколько убывает, так же как и потеря в выхлопах ( $q_g$ ). Остаточный член, включающий потерю от неполноты сгорания и в окружающую среду, остается почти без изменения, что указывает на достаточную точность приведенных опытов. Табл. 11 показывает, что максимум работы двигателя получается при вполне определенном составе рабочей смеси и что при уклонении в ту или другую сторону от этой величины полезная работа убывает.

Табл. 11.—Распределение тепла в зависимости от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  ( $\epsilon=8,16$ ).

$\alpha$	$q_e$	$q_w$	$q_g$	Остаток
1,33	27,8	48,3	17,2	6,4
1,56	29,1	45,9	18,6	6,4
1,88	30,6	41,1	20,4	7,9
2,21	30,4	37,1	22,4	10,1
2,58	29,6	36,1	25,1	9,2

Т. о., для наиболее выгодного использования тепла в двигателе необходим определенный

состав смеси, дающий наиболее полное сгорание. Вопрос об удачном подборе состава рабочей смеси особенно важен при выборе системы регулирования двигателя. Степень сжатия влияет на количество индикаторной работы двигателя ( $L_i$ ), а следовательно, и на индикаторный кпд ( $\eta_i$ ). Однако, с увеличением степени сжатия повышается одновременно и кпд идеальной машины ( $\eta_t$ ), а также растет количество теоретически возможной работы ( $L_t$ ). Поэтому степень теплоиспользования определенного двигателя

$$\eta_g = \frac{L_i}{L_t} = \frac{\eta_i}{\eta_t}$$

остается приблизительно постоянной. Таблица 12, составленная по опытам Негеля, иллюстрирует это.

Табл. 12.—Кпд двигателей в зависимости от давления сжатия.

$p_c$	$\eta_t$	$\eta_i$	$\eta_g$
5,87	0,352	0,230	0,650
8,21	0,400	0,264	0,660
13,50	0,483	0,306	0,634
18,40	0,507	0,328	0,647

Повышение давления сжатия  $p_c$  с 5,87 до 18,4 atm дало повышение  $\eta_t$  от 0,35 до 0,50; индикаторный кпд, полученный непосредственно из опытов, поднялся с 0,230 до 0,328. Относительный же кпд  $\eta_g = \frac{\eta_i}{\eta_t}$  остается приблизительно постоянным, колеблясь в пределах 64÷66%.

**Расчет двигателя.** Расчет по рабочему воздуху и среднему давлению и ю. Расчет двигателя по заданной мощности сводится к определению рабочего объема его цилиндров  $V_h$ , а по последнему — диаметра  $D$  и хода поршня  $S$ . Исходными параметрами, кроме мощности  $N_e$  и числа оборотов коленчатого вала в минуту, служит или количество рабочего воздуха, задаваемое на основании тех опытных данных, которые получены с двигателями данного типа, работающими на данном топливе, или среднем индикаторное давление  $p_i$ ; эта величина или выбирается опять-таки на основании опытных данных или определяется из теплового расчета, впервые предложенного проф. В. И. Гриневецким. Если двигатель работает на топливе с теплотворной способностью  $H_u$  (в Cal на 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива нормального состояния при 15° и 1 atm abs.) или  $h_u$  (в Cal на 1 кг жидкого топлива) и на 1 м<sup>3</sup> его мы даем  $L$  м<sup>3</sup> воздуха (при жидком топливе — на 1 кг —  $L'$  м<sup>3</sup> воздуха нормального состояния), то тепло, выделяемое всей рабочей смесью при полном ее сгорании, будет

$$\frac{H_u \cdot V_h}{1 + L \cdot V_h}.$$

Принимая во внимание, что рабочая смесь, засосанная двигателем, будучи приведена к условиям окружающей среды, займет лишь часть рабочего цилиндра, мы должны в полученное выражение внести поправку на  $t^\circ T_0$  и давление  $P_0$  окружающей среды и умножить его на коэфф-т подачи  $\eta_v$ . Получим:

$$\frac{288}{T_0} \cdot \frac{P_0}{10\,000} \cdot \frac{H_u}{1 + L} \cdot V_h \cdot \eta_v.$$

Если двигатель дает  $n$  об/м., то для случаев

четырёхтактного цикла это выражение надо умножить на  $\frac{n}{2}$  (за два оборота—один рабочий ход), а для двухтактного цикла—умножить на  $n$ . На основании этого мощность двигателя выразится:

$$N_e = \frac{H_u}{1+L} \cdot V_h \cdot \eta_v \cdot \frac{288P_0}{10\,000T_0} \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{427}{60 \cdot 75} \cdot \eta_e, \quad (50)$$

где  $\eta_e$ —эффективный кпд двигателя. Отсюда рабочий объем в  $m^3$

$$V_h = \frac{10\,000 \cdot 2 \cdot 60 \cdot 75 N_e (1+L)}{288 \cdot 427 H_u \eta_v \eta_e n} \cdot \frac{T_0}{P_0}.$$

Для четырехтактных двигателей:

$$V_h = 732 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{N_e (1+L)}{H_u \eta_v \eta_e n}. \quad (51)$$

Для двухтактных двигателей:

$$V_h = 366 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{N_e (1+L)}{H_u \eta_v \eta_e n}. \quad (52)$$

Итак, если известен  $\eta_e$  данного типа двигателей, то, задаваясь определенным  $S$ , можно из этих ф-л определить и  $D$ . Из полученных формул можно было бы сделать вывод, что мощность четырехтактного двигателя при одних и тех же размерах и том же использовании вдвое меньше мощности двигателя двухтактного.

Основные размеры двигателя можно также подсчитать, зная из практики среднее эффективное давление для данного типа двигателей. По уравнению работы пишем для четырехтактного двигателя:

$$N_e = \frac{P_e V_h n}{2 \cdot 60 \cdot 75} = \frac{P_e V_h n}{9\,000}, \quad (53)$$

$$V_h = \frac{9\,000 N_e}{P_e n}. \quad (54)$$

Здесь  $N_e$ —в HP;  $P_e$ —в  $kg/cm^2$ ;  $V_h$ —в  $m^3$ . Для двухтактного двигателя:

$$N_e = \frac{P_e V_h n}{4\,500}, \quad (55)$$

откуда

$$V_h = \frac{4\,500}{P_e n} N_e. \quad (56)$$

Если  $V_h$  выражено в л, а  $p_e$  в  $kg/cm^2$ , то для четырехтактного двигателя

$$N_e = \frac{p_e V_h n}{900} \text{ HP}, \quad (57)$$

для двухтактных двигателей

$$N_e = \frac{p_e V_h n}{450} \text{ HP}. \quad (58)$$

Обе выведенные ф-лы для определения основных размеров должны дать одни и те же результаты. Приравнявая ур-ие (51) и (54), можем написать:

$$732 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{N_e (1+L)}{H_u \eta_v \eta_e n} = \frac{9\,000 N_e}{P_e n}.$$

Заменяя здесь  $P_e$  через  $P_i \eta_m$  и  $\eta_e$  через  $\eta_i \eta_m$ , получим:

$$0,0813 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{1+L}{H_u \eta_v \eta_m \eta_e} = \frac{1}{P_i \eta_m}, \quad (59)$$

откуда

$$\eta_i = 0,0813 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{p_i (1+L)}{H_u \eta_v}. \quad (60)$$

Для жидкого топлива, объемом к-рого для стационарных двигателей обычно пренебрегают, получим:

$$\eta_i = 0,0813 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{p_i L'}{h_u \eta_v} \quad (61)$$

(где  $p_i$  и  $p_0$  в  $kg/cm^2$ ). Из выведенных ф-л видно, что индикаторный кпд  $\eta_i$  зависит,

при прочих равных условиях, от среднего индикаторного давления  $p_i$  и, чем оно больше, тем двигатель экономичнее. Из выражения для  $\eta_i$  становится понятным влияние качественного и количественного регулирования на кпд двигателя: давая смеси больше воздуха, т. е. увеличивая  $L$ , мы тем самым понижаем  $p_i$ ; произведение же  $p_i(1+L)$  остается приблизительно постоянным, и  $\eta_i$  сохраняет свою величину. При количественном регулировании с изменением  $p_i$  меняется коэфф-т подачи  $\eta_v$ , и отношение этих значений мало влияет на изменение индикаторного кпд. Это справедливо, конечно, если отвлечься от влияния регулирования на потери в рабочем цикле.

Расход топлива. Обозначая через  $C_i$  расход топлива на индикаторный силовой час в  $kg$ , имеем:

$$\eta_i = \frac{632}{C_i H_u} \quad (62)$$

(632 Cal—термический эквивалент силового часа). Приравнявая это выражение полученному выше, имеем:

$$\frac{632}{C_i H_u} = 0,0813 \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{p_i (1+L)}{H_u \eta_v}.$$

Отсюда для газообразного топлива:

$$C_i = \frac{7\,780 p_i \eta_v}{T_0 p_i (1+L)}, \quad (63)$$

а для жидкого топлива (для стационарных двигателей):

$$C_i' = \frac{7\,780 p_i \eta_v}{T_0 p_i L'}. \quad (64)$$

Следовательно, расход топлива тем меньше, чем больше  $p_i$ , и Гюльднер, повышая среднее индикаторное давление до 7 atm, значительно понижает этим расход топлива в своем двигателе.

Тепловой расчет (по Гриневецкому). Для определения размеров двигателя выше применялись практич. величины: или среднее эффективное давление или эффективный кпд (что равносильно расходу топлива на силовой час). Эти два значения, в свою очередь, связывают третий важный элемент в расчете двигателей—коэфф-т подачи:

$$\eta_v = \frac{1}{7\,780} \cdot \frac{T_0}{P_0} C_e p_e (1+L), \quad (65)$$

где  $C_e$  расход топлива на эффективный силовой час в  $kg$ . В тех случаях когда проектируется новая машина, для к-рой возможна оценка частных коэфф-тов рабочего цикла по аналогии с отдельными деталями уже существующих двигателей, желательно произвести полный тепловой расчет, выявляющий точную термодинамич. связь основных величин, входящих в расчетное уравнение (65).

Действительное количество воздуха, введенного в рабочий процесс, будет: для газообразного топлива:  $L = L_0 \alpha$   $kg$ -мол., для жидкого топлива:  $L' = \frac{l}{28,95} = L_0' \alpha$   $kg$ -мол. (где 28,95—вес 1  $kg$ -мол. воздуха,  $l$ —количество воздуха в  $kg$  на 1  $kg$  жидкого топлива). Остаточный коэфф-т  $\gamma$  будет: для четырехтактных двигателей

$$\gamma = \frac{1}{\eta_v (\varepsilon - 1)} \cdot \frac{p_r}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_r},$$

для двухтактных двигателей

$$\gamma = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{\eta_v} \cdot \frac{p_a}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_a} - 1.$$

Число кг-мол. в цилиндре перед началом сгорания будет равно: для газообразного топлива  $(1 + L)(1 + \gamma)$  кг-мол., для жидкого топлива  $\frac{l}{28,95}(1 + \gamma)$  кг-мол. Во время сгорания число кг-мол. введенной смеси изменится на  $\Delta M$ , и коэффициент молекулярного изменения  $\beta$  определяется для газообразного топлива из выражения

$$\beta = 1 + \frac{\Delta M}{(1 + L)(1 + \gamma)} \quad (66)$$

и для жидкого топлива—из выражения

$$\beta = 1 + \frac{\Delta M}{\frac{l}{28,95}(1 + \gamma)} \quad (67)$$

Отношение числа кг-мол. остаточных газов к числу кг-мол. продуктов сгорания (без остаточных газов) будет равно: для газообразного топлива

$$\frac{(1 + L)\gamma}{1 + L + \Delta M}, \quad (68)$$

для жидкого топлива

$$\frac{\frac{l}{28,95} \gamma}{\frac{l}{28,95} + \Delta M} \quad (69)$$

Пользуясь выражениями (66), (67), получаем:

$$\frac{(1 + L)\gamma}{\beta(1 + L)(1 + \gamma) - (1 + L)\gamma} = \frac{\gamma}{\beta - \gamma(1 - \beta)},$$

$$\frac{\frac{l}{28,95} \gamma}{\beta(1 + \gamma) \frac{l}{28,95} - \gamma \frac{l}{28,95}} = \frac{\gamma}{\beta - \gamma(1 - \beta)}$$

В виду незначительности  $\gamma$  и близости  $\beta$  к 1 последний член в знаменателе м. б. откинут, и все отношение остаточных газов к сгоревшим, выраженным в кг-мол., можно приравнять  $\frac{\gamma}{\beta}$ .

Из всего введенного в рабочий цикл количества тепла  $H_u^m = 24,4H_u$  на 1 кг-мол. газообразного топлива или  $h_u$  на 1 кг жидкого топлива за фазу видимого сгорания соответственно используется  $\xi H_u^m$  или  $\xi h_u$ , где  $\xi$ —коэффициент выделения тепла. К этой термомохим. энергии д. б. прибавлена термодинамическая энергия в конце сжатия рабочей смеси  $(A' + B'T_c)T_c$ —и остаточных газов, составляющих долю  $\frac{\gamma}{\beta}$  от сгоревших

газов:  $\frac{\gamma}{\beta}(A'' + B''T_c)T_c$ . Выражения:  $A'' + B''T$ — суммарная средняя теплоемкость продуктов сгорания, полученных при сгорании 1 кг-мол. газообразного топлива или 1 кг жидкого топлива,  $A' + B'T$ —та же величина для рабочей смеси. После сгорания теплоемкости остаточных газов и сгоревших газов одинаковы, и необходимо суммарную теплоемкость сгоревших газов отнести ко всей сумме сгоревших газов плюс остаточные, т. е. увеличить  $A'' + B''T_c$  в  $(1 + \frac{\gamma}{\beta})$  раз. Тогда ур-ие сгорания примет вид:

$$\xi H_u^m + (A' + B'T_c)T_c + \frac{\gamma}{\beta}(A'' + B''T_c)T_c = (1 + \frac{\gamma}{\beta})(A'' + B''T_c)T_c \quad (70)$$

В этом ур-ии теплоемкости берутся согласно рабочему процессу: для цикла Отто—теплоемкости при постоянном объеме, для цикла Дизеля—при постоянном давлении. Из ур-ия (70), зная темп-ру в конце сжатия  $T_c$ , опре-

деляемую из ур-ия политропы:  $T_c = T_a \epsilon^{n-1}$ , находим темп-ру сгорания  $T_z$ . Для определения давления вспышки  $p_z$  для цикла Отто имеем следующее соотношение:  $p_z = \beta p_c \frac{T_z}{T_c}$ , где  $\beta$ —коэффициент молекулярного изменения, т. е.  $\beta = \frac{R_2}{R_1}$ , и  $p_c = p_a \epsilon^{n_1}$ . Для определения степени предварительного расширения  $e$  для цикла Дизеля имеем:  $e = \beta \frac{T_z}{T_c}$ , где  $\beta = \frac{R_2}{R_1}(1 + \frac{l}{1})$ , при чем  $R_1$  относится к чистому воздуху плюс остаточные газы, а  $R_2$  к продуктам сгорания. Поправка  $(1 + \frac{l}{1})$  обуславливается изменением количества рабочего тела после сгорания на величину введенного 1 кг топлива. Значения  $p_c$  и  $T_c$  в конце политропического расширения определяются из выражения:  $p_c = \frac{p_z}{\delta^{n_2}}$  и  $T_c = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$ , где  $\delta$ —степень расширения (для цикла Отто  $\delta = \epsilon$ , для цикла Дизеля  $\delta = \frac{\epsilon}{e}$ ).

На основании полученных давлений и изменений объемов определяются средние теоретические индикаторные давления: для двигателей быстрого сгорания

$$p_i = p_c \left\{ \frac{1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2-1}}}{n_2 - 1} - \frac{1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1-1}}}{n_1 - 1} \right\}; \quad (71)$$

для двигателей Дизеля:

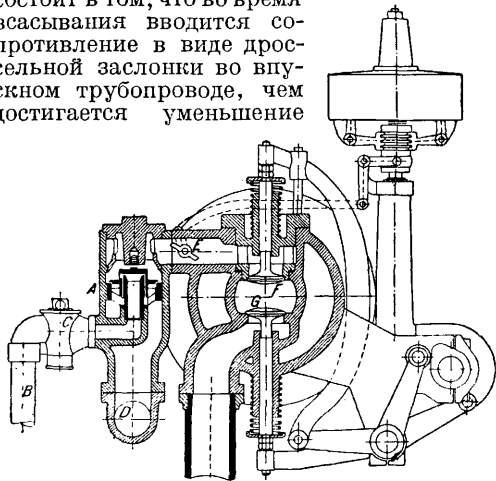
$$p_i = p_c \left\{ e^{-\frac{1}{n_2} \frac{1}{\delta^{n_2-1}}} - \frac{1}{n_1 - 1} \right\}. \quad (72)$$

Действительные средние индикаторные давления получаются из теоретических путем помножения на поправочный коэффициент  $\mu$  (полноту диаграммы) и за вычетом отрицательной работы на всасывание и выталкивание газов  $\Delta p$ , т. е.  $p'_i = \mu p_i - \Delta p$ . На основании полученного среднего индикаторного давления можно определить по вышеприведенным формулам индикаторный кпд  $\eta_i$  и расход топлива на индикаторную силу в час  $C_i$ , а задаваясь механическим коэффициентом полезного действия  $\eta_m$ —те же значения, отнесенные к работе на валу машины.

**Регулирование.** Задачей регулирования является поддержание соответствия между мощностью, снимаемой с машины, и количеством тепла топлива, преобразуемым в механич. энергию. В стационарных установках обычно двигатель работает при постоянном числе оборотов, при чем органы регулирования находятся под воздействием автоматич. регулятора. Регулирование Д. в. с., работающих на газовом или карбюрированном жидком топливе, бывает качественное, количественное и смешанное. Качественное регулирование состоит в изменении состава рабочей смеси; количественное—в изменении степени наполнения смесью цилиндра при сохранении одного и того же ее состава, и, наконец, регулирование смешанное представляет собой комбинацию того и другого. К количественному регулированию можно отнести и регулирование «пропусками», состоящее в полном прекращении подачи топлива при возрастании числа оборотов двигателя. Этот способ регулирования является с термич. \*

стороны наиболее выгодным, т. к. неизменяемость состава смеси, выбранного заранее, обеспечивает полную горения и рабочая смесь после пропусков не загрязнена остаточными газами. Однако, отсутствие вспышек во время пропусков ведет к большой неравномерности хода двигателя, что влечет за собой необходимость больших маховиков. Поэтому регулирование пропусками применяется в двигателях малой мощности.

Количественное регулирование. Количественное регулирование достигается двумя способами. Первый способ состоит в том, что во время всасывания вводится сопротивление в виде дроссельной заслонки во впускном трубопроводе, чем достигается уменьшение



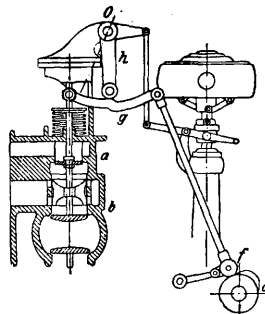
Фиг. 31.

количества всосанной смеси; при втором способе сопротивление отсутствует, уменьшение же количества смеси достигается тем, что в определенный момент всасывающего хода газовый и воздушный клапаны закрываются. Недостаток количественного регулирования заключается в том, что при малых нагрузках получается слишком малое давление сжатия и инерционные усилия становятся больше давления сжатия, в результате чего кривошипный механизм под влиянием сил инерции будет прижат в конце сжатия к частям вкладышей поршневого болта, шатунной головки и коренного подшипника. В момент вспышки, при быстром увеличении давления в цилиндре, рабочее давление будет передаваться на противоположные стороны вкладышей, и, в виду существования трех зазоров, эта перемена давления произойдет при большей скорости поршня, что вызовет стук в кривошипном механизме. Избежать этих стуков при малых нагрузках можно применением более бедных смесей, для чего потребуется при той же нагрузке большее наполнение цилиндра, вследствие чего давление в конце сжатия повысится до величины большей, чем сила инерции, т. е. частичным переходом к качественному регулированию.

Качественное и смешанное регулирование. Качественное регулирование, по сравнению с количественным, обладает тем достоинством, что сжатие при нем остается неизменным. Недостатком же его является то, что при малых нагрузках, т. е. при пользовании бедными смесями, можно

выйти из пределов воспламеняемости данного топлива и не получить вспышки. Кроме того, при качественном регулировании, для получения правильной диаграммы приходится для разных нагрузок переставлять запал. Желание избежать недостатков качественного и количественного регулирования и воспользоваться их достоинствами привело к смешанному регулированию, при котором, в зависимости от величины нагрузки, пользуются то количественным, то качественным регулированием. Смешанное регулирование выполняется различно. Рейнгарт, например, в своем регулировании впускает сначала воздух, а затем газовую смесь постоянного состава. Рабочая смесь предварительно пропускается через смешивательный прибор, что обеспечивает хорошую диффузию смеси, подлежащей сжиганию, оставляя заранее всосанный воздух инертным. Во многих других способах смешанного регулирования при больших нагрузках прибегают к регулированию качества смеси, при переходе же к малым нагрузкам—регулированию ее количества.

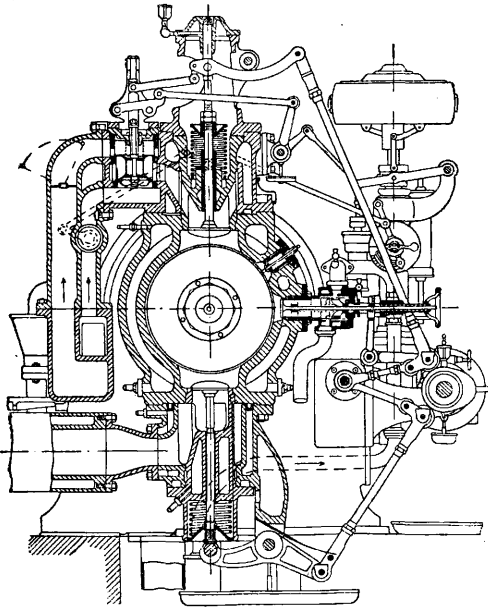
Конструктивное выполнение регулирования. Количественное регулирование бр. Кертинг является одной из типичных конструкций. Как видно из фиг. 31, газ поступает по трубе *B* через вентиль *C* в смешивательную камеру *A*, куда также входит по трубе *D* воздух в направлении, перпендикулярном движению газа; этим достигается хорошее перемешивание. Из смешивательной камеры *A* рабочая смесь поступает в цилиндр двигателя по каналу *E*, в котором помещается дроссельная заслонка, управляемая регулятором. Клапан *G* служит для выпуска газов, а клапан *F*—для впуска; оба клапана работают от распределительного вала с помощью кулачковых шайб. При увеличении числа оборотов дроссельная заслонка в канале *E*, уменьшая свободный проход рабочей смеси, изменяет ее количество, поступающее в цилиндр; качество же смеси остается все время неизменным, благодаря двухпорному клапану, открывающему при разных подъемах пропорциональн. сечения для потока газа и воздуха, и м. б. изменяемо лишь вручную, путем изменения открытия газового окна. В конструкции завода Дейц (фиг. 32) регулирование происходит след. образ.:



Фиг. 32.

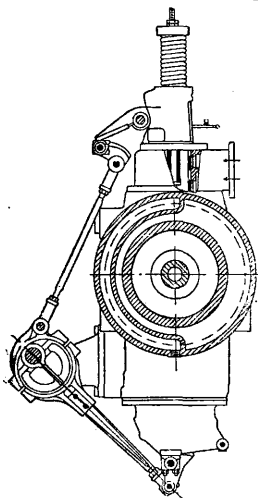
кулак *d* действует на ролик *f*, укрепленный на длинной штанге, и через криволинейный рычаг *g* передает движение двухпорному клапану *ab*, управляющему впуском газа и воздуха. При изменении числа оборотов двигателя регулятор, посредством сист. рычагов, поворачивает вокруг точки *O* коленчатый рычаг *h* с сидящим на нем роликом, меняющим соответственно этому точку опоры рычага *g*, чем и достигается изменение со-

отношения его плеч и в зависимости от последнего большее или меньшее открытие клапана. Эта конструкция на практике оказалась очень удачной и в несколько измененном виде применяется и для двигателей



Фиг. 33.

больших мощностей. В этом случае (фиг. 33) смешивательный прибор, во избежание перегрева и для более удобного ухода, монтирован отдельно. Регулятор действует только на смешивательный прибор; подъемы же всасывающего и выхлопного клапанов остаются постоянными. Газ и воздух все время, кроме периода всасывания, разобщены. Впуск воздуха



Фиг. 34.

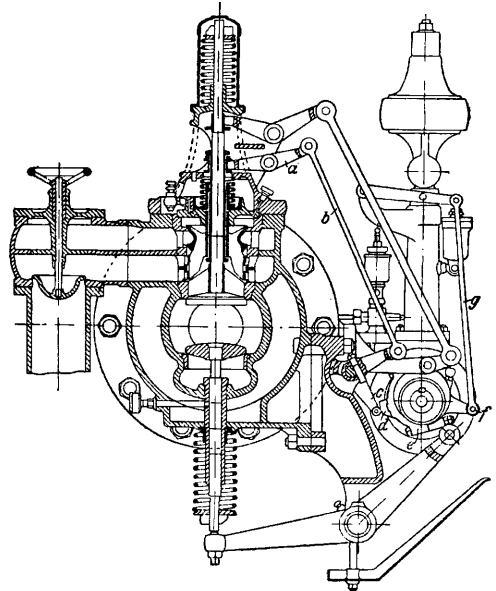
начинается несколько раньше открытия газового клапана; воздух таким образом обгоняет газ и, как бы окружая его, устраняет возможность преждевременного воспламенения. Для остановки двигателя имеется особое приспособление у регулятора, закрывающее газовый канал. Недостатком этой конструкции, как и вообще количественного регулирования, является необходимость ставить очень сильные пружины на всасывающем и выхлопном клапанах,

так как при малых нагрузках, т. е. при малом количестве рабочей смеси, в цилиндре образуется разрежение, доходящее иногда до  $0,5 \text{ atm}$ , и выхлопной клапан может открыться под влиянием разрежения; сильные пружины, в свою очередь, вызывают силь-

ные удары клапана о седло и быстрое его изнашивание. В позднейшей конструкции завод Дейц устранил эти недостатки: он сделал принужденными все движения открытия впускного и выхлопного клапанов, достигнув этой управляемости при помощи системы ломаных рычагов.

Количественное регулирование завода Вестингауз изображено на фиг. 34. Смешивательный орган, в виде круглого золотника с окнами для воздуха и газа, сидит на шпинделе всасывающего клапана. Регулирование достигается поворачиванием круглого золотника, чем изменяется сечение прохода для газа и воздуха. Регулятор действует на золотник через сервомотор. Применение смешивательных золотников, связанных с всасывающим клапаном, возможно исключительно при очень хорошо очищенном газе и при принужденном движении клапана, так как не исключена возможность заедания золотника.

На фиг. 35 дан разрез через клапанную головку с видом на распределение и регулирование газовсасывающего горизонтального двигателя Швейцарского паровозостроительного з-да в Винтертуре. Всасывающий и выхлопной клапаны приводятся в движение от кулачков распределительного вала помощью рычагов и толкающих штанг. Отсечный золотник, в виде двухопорного клапана, посаженный на трубчатой штанге, получает свой подъем через двуплечий рычаг *a*, штангу *b* и угловой рычаг *c* от кулачка *d*, посаженного на обоим эксцентрика *e*, сидящего на распределительном валу; точка *f*



Фиг. 35.

обоймы через штангу *g* связана с муфтой регулятора и тем изменяет момент соскакивания ролика с кулачка *d* и закрытия отсечного золотника. С момента закрытия последнего происходит расширение засосан. смеси без дросселирования ее, и линия сжатия совпадает с линией предшествовавш. расширения.

Качественное регулирование. Наиболее простой и удачной конструкцией качественного регулирования является конструкция Нюрнбергского з-да, применяемая для крупных двигателей (фиг. 36). Здесь дросселируется только один газ; впуск же воздуха остается постоянным. Самый процесс регулирования происходит следующим образом: эксцентриковая штанга *b* помощью ножа *b'* перемещает рычаг *a*, который поднимает или опускает газ. Клапан. Рычаг *a* катится по подушке рычага *d*, перемещаемого от регулятора посредством ломаного рычага *e*. Перемещение рычага *d* меняет точку опоры рычага *a*, в зависимости от чего изменяется момент начала подъема клапана. С рычагом *a* связан воздушный тормоз *f*, способствующий более плавной посадке клапана на седло. К этому буферу прикреплен ролик *с*, который размыкает нож от рычага *a* в момент окончания процесса всасывания.

Смешанное регулирование. На фиг. 37 дана конструкция смешанного регулирования Рейнгарта. Круглый золотник, перекрывающий три ряда окон, управляет впуском газа и воздуха в смешивательный прибор; верхние окна *c* и нижние *a* служат для впуска воздуха, средние *b*—для газа;

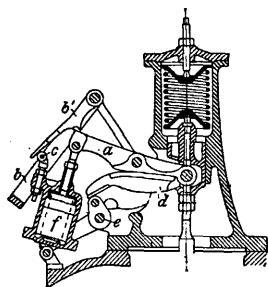
когда золотник открывается, то золотник, связанный с другой штангой от того же эксцентрика, начинает подниматься и, закрывая средний и верхний ряд окон, открывает нижние окна, через которые входит чистый воздух, устремляющийся в цилиндр и отгесняющий остаточные газы. При дальнейшем своем движении золотник особым роликом разобьется со штангой и под действием пружины идет вниз, открывая верхние два ряда окон и закрывая нижний ряд для предварительного впуска воздуха. К этому времени дроссельные заслонки, связанные с всасывающим клапаном, уже открыты, и через верхние окна поступают газ и воздух, перемешиваются и входят в цилиндр. В конце хода всасывания всасывающий клапан закрывается, так же как и дроссельные заслонки, золотник снова сообщается со штангой, и все готово к следующему процессу. Итак, в цилиндр поступает сначала переменное количество чистого воздуха, а в конце—соответствующее количество газовой смеси постоянного состава. Наполнение цилиндра продолжается в течение всего всасывающего хода, почему давление сжатия все время и остается постоянным. Регулирование производится путем изменения момента открытия окон для составных частей рабочей смеси. Конец всасывания рабочей смеси при всех нагрузках бывает постояен. Достоинством регулирования Рейнгарта является то, что предварительно впущенный воздух, отгоняет остаточные газы, сам мало перемешивается с впущенной вслед за ним в цилиндр рабочей смесью, благодаря чему к моменту сгорания мы всегда имеем чистую однородную смесь наилучшего состава. При переменных нагрузках зона, разделяющая чистый воздух и рабочую смесь, меняет свое положение, и при полной нагрузке в цилиндр поступает только рабочая смесь. В этой конструкции выхлопной клапан монтирован сбоку, что облегчает возможность хорошего охлаждения и уменьшает размер конструкции, но, с другой стороны, является недостатком в термич. отношении, т. к. пространство сгорания является вытянутым в виде трубы, что ухудшает сгорание.

На несколько ином принципе основана конструкция смешанного регулирования Месса (фиг. 38 и 39). При переходе от больших нагрузок к малым качественное регулирование становится невыгодным, так как с переходом к более бедным смесям воспламенение, а с ним и теплоиспользование ухудшаются. Поэтому является более выгодным, в целях сохранения хорошего теплоиспользования, при малых нагрузках переходить к количественному регулированию. Это и делает Месс в своей конструкции, сохраняя при этом определенный, наилучший для данного топлива состав смеси. Со шпindelем всасывающего клапана связан при помощи пальца *q* поршневой золотник *k* с двумя рядами окон *i*<sub>1</sub> и *m*<sub>1</sub>, которые открывают соответственно воздушный канал *i* и газовый канал *m*. Шпindelь клапана движется в трубе *p*<sub>1</sub>, связаннойверху при помощи шарнира *l* с регулятором и получающей от него вращательное дви-

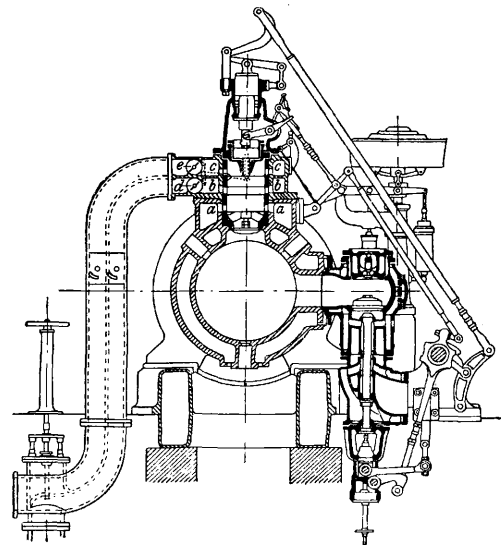
нижний ряд окон служит для предварительного впуска воздуха. Кроме того, имеются еще две дроссельные заслонки *e* и *d* в воздушном и газовом трубопроводах. Перед началом всасывающего хода круглый золотник находится в нижнем положении, и открыты только верхние два ряда окон, но газ и воздух в них не поступают, т. к. дроссельные заслонки перекрывают впуск. Когда всасывающий клапан действием эксцентри-

ковой штанги открывается, то золотник, связанный с другой штангой от того же эксцентрика, начинает подниматься и, закрывая средний и верхний ряд окон, открывает нижние окна, через которые входит чистый воздух, устремляющийся в цилиндр и отгесняющий остаточные газы. При дальнейшем своем движении золотник особым роликом разобьется со штангой и под действием пружины идет вниз, открывая верхние два ряда окон и закрывая нижний ряд для предварительного впуска воздуха. К этому времени дроссельные заслонки, связанные с всасывающим клапаном, уже открыты, и через верхние окна поступают газ и воздух, перемешиваются и входят в цилиндр. В конце хода всасывания всасывающий клапан закрывается, так же как и дроссельные заслонки, золотник снова сообщается со штангой, и все готово к следующему процессу. Итак, в цилиндр поступает сначала переменное количество чистого воздуха, а в конце—соответствующее количество газовой смеси постоянного состава. Наполнение цилиндра продолжается в течение всего всасывающего хода, почему давление сжатия все время и остается постоянным. Регулирование производится путем изменения момента открытия окон для составных частей рабочей смеси. Конец всасывания рабочей смеси при всех нагрузках бывает постояен. Достоинством регулирования Рейнгарта является то, что предварительно впущенный воздух, отгоняет остаточные газы, сам мало перемешивается с впущенной вслед за ним в цилиндр рабочей смесью, благодаря чему к моменту сгорания мы всегда имеем чистую однородную смесь наилучшего состава. При переменных нагрузках зона, разделяющая чистый воздух и рабочую смесь, меняет свое положение, и при полной нагрузке в цилиндр поступает только рабочая смесь. В этой конструкции выхлопной клапан монтирован сбоку, что облегчает возможность хорошего охлаждения и уменьшает размер конструкции, но, с другой стороны, является недостатком в термич. отношении, т. к. пространство сгорания является вытянутым в виде трубы, что ухудшает сгорание.

На несколько ином принципе основана конструкция смешанного регулирования Месса (фиг. 38 и 39). При переходе от больших нагрузок к малым качественное регулирование становится невыгодным, так как с переходом к более бедным смесям воспламенение, а с ним и теплоиспользование ухудшаются. Поэтому является более выгодным, в целях сохранения хорошего теплоиспользования, при малых нагрузках переходить к количественному регулированию. Это и делает Месс в своей конструкции, сохраняя при этом определенный, наилучший для данного топлива состав смеси. Со шпindelем всасывающего клапана связан при помощи пальца *q* поршневой золотник *k* с двумя рядами окон *i*<sub>1</sub> и *m*<sub>1</sub>, которые открывают соответственно воздушный канал *i* и газовый канал *m*. Шпindelь клапана движется в трубе *p*<sub>1</sub>, связаннойверху при помощи шарнира *l* с регулятором и получающей от него вращательное дви-

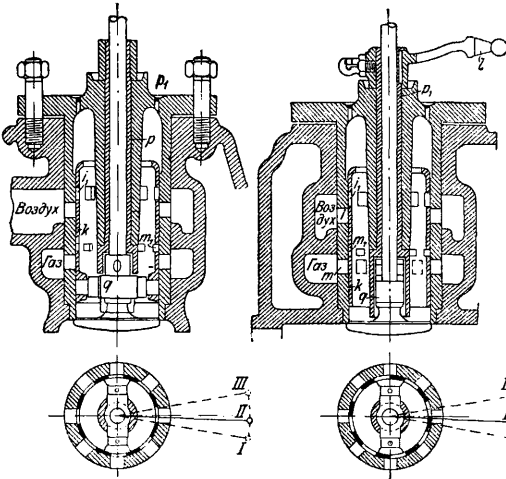


Фиг. 36.



Фиг. 37.

жение, которое она передает, захватывая внизу палец  $q$ , поршневому золотнику  $k$ . Окна поршневого золотника расположены таким образом, что газовый канал начинает перекрываться, а окна для впуска воздуха остаются еще некоторое время открытыми полностью. Лишь при малых нагрузках



Фиг. 38.

Фиг. 39.

(положение III на фиг. 38 и 39) вместе с газовыми окнами начинают перекрываться и окна для воздуха, т. е. дросселируются одновременно и газ и воздух, и регулирование из качественного становится количественным при наилучшем качестве смеси, установленном заранее. Положение I на фиг. 38 и 39 соответствует положению при перегрузке двигателя, когда газовые окна открыты наиболее полно и в цилиндр поступает богатая смесь. Положение II соответствует норм. нагрузке. Регулирование Месса дало на практике хорошие результаты.

Конструктивное описание Д. в. с. см. *Двигатели газовые, Двигатели Дизеля, Двигатели судовые, Двигатели нефтяные мелкие.* Лит.: см. *Двигатели Дизеля.* Н. Брилинг.

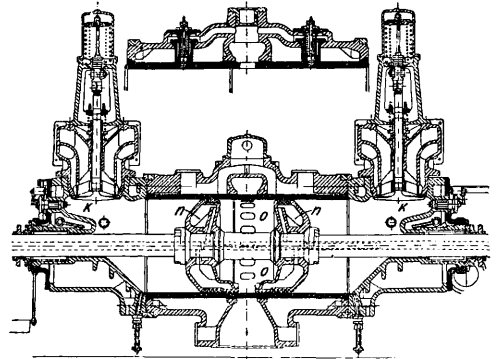
**ДВИГАТЕЛИ ГАЗОВЫЕ**, двигатели внутреннего сгорания, работающие на газообразном топливе (естественном или генераторном), которая, перемешиваясь с воздухом до поступления в рабочий цилиндр, образует горючую смесь.

Различая эти двигатели по роду потребляемого топлива, необходимо отметить громадное значение Д. г., работающих на колошниковых газах доменного процесса, т. к., несмотря на сравнительную calorиметрическую бедность этих газов, общее количество их тепловой энергии очень велико: в одной только Германии, по современным данным, выплавляется в год около 12 млн. т чугуна, а так как потребление кокса составляет в среднем 1 т на каждую т чугуна, то выход колошникового газа в Германии достигает 45 млрд. м<sup>3</sup> в год. Д. г., работающие на колошниковых газах, не являясь, конечно, исключительными потребителями этой огромной энергии, т. к. наряду с ними весьма большое распространение имеют и паросиловые установки, но в настоящее время

Д. г. несомненно количественно преобладают, несмотря на весьма высокие первоначальные затраты. Современная паровая турбина, благодаря очень высокой утилизации тепла, является серьезным конкурентом Д. г., так как основное преимущество последних—высокий КПД—немногим превосходит КПД современной турбины. Выбор того или иного типа силового хозяйства м. б. решен лишь на основании реальных местных факторов. Своим развитием Д. г. обязаны тому, что для их работы могут быть использованы в качестве топлива различные сорта дешевых газов.

Д. г. начинают появляться в России немногим позже, чем за границей. Пионером их применения явилась металлургическая промышленность юга России (Днепровский з-д—1902 г. и Петровский з-д) и Урала (Надеждинский з-д—1904 г. и Кыштымский з-д); металлургическая же промышленность и осталась главным потребителем этих машин. Подавляющее большинство Д. г. работает на колошниковом газе и имеет своим назначением обслуживание главным образом воздуходувок и генераторов переменного и постоянного тока. Общая мощность газовых двигателей, установленных до сих пор в СССР, (по данным проф. Д. Д. Филиппова) выражается величиной в 100 000 HP.

Конструкция Д. г. за 30 лет ее развития нашла свои установившиеся формы, по крайней мере у старейших фирм. Так, MAN, Deutz, Thyssen, Körting, Krupp, Tosi, Société Cockerille строят горизонтальные четырехтактные двигатели с цилиндрами двойного действия тендем; лишь три крупных фирмы (Güldner, Lokom.-u. Maschinenfabrik и National) применяют вертикальную конструкцию, ограничиваясь, впрочем, сравнительно небольшими мощностями. На фиг. 1



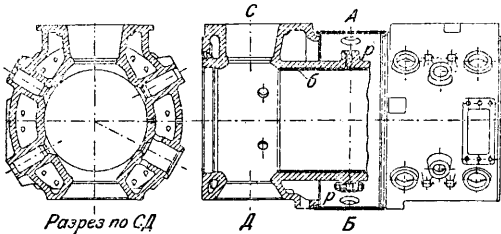
Фиг. 1.

показана конструктивная схема двухтактного двигателя фирмы Maschinen-A.-G. v. Klein; поршни  $n, n$  охлаждаются водой; впуск в цилиндр управляют клапаны  $k, k$ ; выпуск—продувочные окна  $o, o$ . Несмотря на ряд общеизвестных преимуществ вертикального типа (меньшее трение поршней, лучшее уравновешивание и т. д.), горизонтальная конструкция Д. г. получила почти исключительное распространение. Это объясняется тем, что условия эксплуатации Д. г. требуют частой переборки и чистки клапанов, и доступность частей в горизонтальных



машинах значительно сокращает простой. Кроме того, твердые образования в продуктах горения и механич. негорючие загрязнения газа, скопляясь в нижней части цилиндра, легче выдуваются выхлопными газами. Немаловажными преимуществами являются также возможность расположения горизонтальных двигателей в сравнительно низких помещениях и удобство общего наблюдения. Поэтому в настоящее время горизонтальные машины получили исключительную монополию на большие мощности. Что касается преобладания четырехтактного типа машин, то это надо объяснить большей их экономичностью, ибо необходимая ровная, безвихревая продувка двухтактных двигателей далеко не всегда осуществляется, следствием чего является недостаточная очистка или утечка газа через выхлопные органы двигателя.

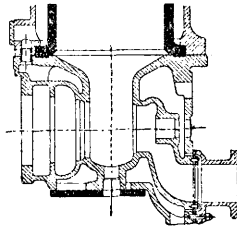
Современная конструкция в основном лишь немногим отличается от старой, тогда как детали претерпели в течение ряда лет



Фиг. 2.

весьма серьезные конструктивные изменения. Эти изменения имели целью достижение большей простоты и взаимозаменяемости деталей и были обусловлены соответственным выбором материала. Стальное литье для цилиндров не нашло себе применения вследствие сложности формы и больших тепловых удлинений стали. Напротив, поршни всех диаметров с большим успехом отливаются в настоящее время из стали. Следует, впрочем, отметить, что из стали отливают только т. н. нетрущиеся поршни, в то время как материалом для остальных служит чугуун. Введение в обиход нетрущихся стальных поршней повлекло за собою усложнение обработки поршневых штоков. Оси последних придаетя форма, примерно соответствующая очертанию упругой линии нагруженного поршнем штока, подпертого с двух сторон ползунами. В монтированной машине такой гнутый шток прогибается под действием веса поршня и принимает прямолинейное очертание, предохраняя так. обр., поршень от соприкосновения со стенками цилиндра (трется только уплотнительные кольца). Точное центрирование штока относительно оси цилиндра имеет большое значение для сохранения уплотнений в крышках цилиндров. Тигельную сталь, шедшую раньше на подделку поршневых штоков, удалось с успехом заменить более дешевой, тщательно прокованной мартеповской сталью. Переконструирована также и рама, отливаемая из нескольких частей. Для двигателей больших мощностей цилиндры (фиг. 2) отливаются разъемными по сечению АБ, с водяной рубашкой рр

большой емкости. Материал—мягкий и вязкий чугуун. В середину цилиндра загоняется буква б из твердого чугуна, могущая свободно расширяться в осевом направлении. Фирма Тиссен отливает неразъемные цилиндры и для больших мощностей. Наиболее существенным усовершенствованием надо признать упразднение специального, отдельно приводимого в действие смесительного клапана. В новых конструкциях функции смесительн. органов выполняют впускные клапаны; они же осуществляют и регулирование. Помимо упрощения и удешевления



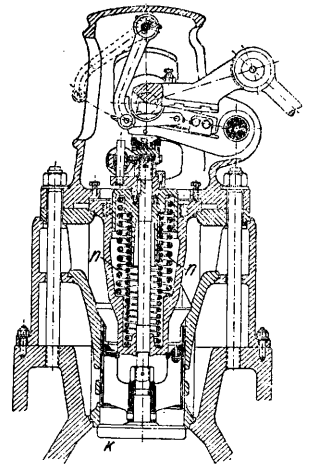
Фиг. 3.

распределения и регулирования, это нововведение значительно упростило и ускорило процесс периодич. чистки цилиндров; этому обстоятельству новая конструкция (фиг. 3). обязана своим всеобщим распространением.

В двигателях воздухоувок обычно имеется ручное регулирование, в противоположность газодинамо, где применяется автомат. регулятор. Причина заключается в различии постоянства нагрузки обоих видов двигателей. Число оборотов Д. г. большой мощности обычно невелико—около 100 об/м. Приведение клапанов в действие осуществляется при помощи горизонтального распределительного вала, получающего движение от коленчатого вала посредством промежуточного вала. Регулятор обычно помещается на распределительном или промежуточном валу, чаще всего посредине рамы, воздействуя на газораспределение при помощи так называемого регуляторного валика. Собственно привод клапанов осуществляется часто при помощи катающихся один по другому профилированных рычагов с перемещающимся мгновенным центром вращения.

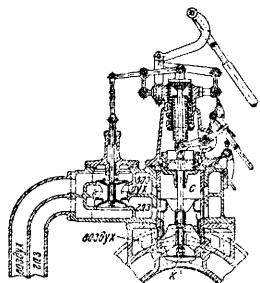
Весьма сильные клапанные пружины *п.п* (фиг. 4), применение к-рых вызывается наличием больших масс движущихся частей клапанов *к* и их приводов, создают серьезные затруднения при применении кулачкового распределения, а поэтому последняя конструкция применяется лишь в Д. г. малых мощностей. Значительное распространение имеют и эксцентрикковые распределения, главн. образом в Д. г. больших мощностей.

Необходимое, с точки зрения газораспределения, перекрывание выхлопного и всасывающего клапанов дает возможность горячим выхлопным газам войти в соприко-



Фиг. 4.

сложение со свежей смесью, следствием чего бывают взрывы в смесительных органах. Поэтому применение желательного, с точки зрения наилучшего перемешивания газа с воздухом, смесительного резервуара становится невозможным. Смесительная камера *c* (фиг. 5) должна помещаться в непосредственной близости от седла всасывающего клапана *k* и быть по возможности малых размеров, а подводящие газ и воздух каналы должны отделяться заслонкой. Желательно ставить предохранительные клапаны. Все Д. г. должны снабжаться действующими от руки заслонками на газопроводах до связанных с регулятором смесительных органов. Эти заслонки, не влияя непосредственно на смесеобразование, должны дать возможность машинисту приспособлять процесс смесеобразования к переменному режиму газогенератора и домы. Для подсчетов процесса образования смеси Гелленшмит рекомендует средние числа, приведенные в



Фиг. 5.

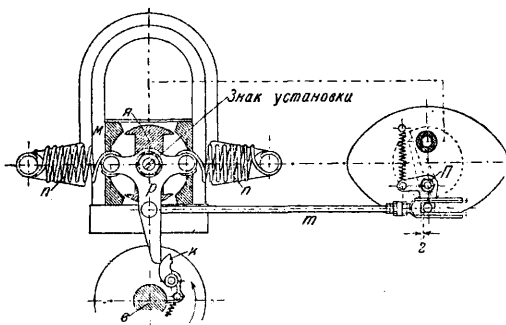
Табл. 1. — Средние числа для подсчетов процесса образования смеси.

Наименование топлива	Элементарный анализ газа (%)					Удельн. вес в $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплотворн. способность в $\text{Cal}/\text{м}^3$	Теоретическ. избыток воздуха в $\text{м}^3$ на $1 \text{ м}^3$ газа	Теплотворная способн. смеси в $\text{Cal}/\text{м}^3$	Объемн. отношение вод. к газу в смеси	Степень сжатия $\epsilon$	Конечное давление сжатия в $\text{atm}$ .
	Углероды $\text{C}_2\text{H}_4$	Метан $\text{CH}_4$	Окись углерода $\text{CO}$	Угле-кислый газ $\text{CO}_2$	Водород $\text{H}_2$							
Светильный газ . . .	3,5—7,0	30—40	5—11	1—3	40—50	0,52	5 500	5,25	550	9,0	5,0	8
Газ коксовальный печей . . . . .	2	28—36	5—8	1—3	50—55	0,47	4 500	5,00	520	7,5	5,0	8
Газ дровяного генератора Riché . . . . .	—	12,5	22	10	44	0,75	2 800	2,75	500	4,5	6,0	10
Генераторный газ . . . . .	29	1,0—2,5	16—25	3—7	12—20	1,10	1 250	1,20	450	1,8	6,5	12
Колошниковый » . . . . .	—	0,4	26	6—12	3	1,26	900	0,70	450	1,0	7,0	13

табл. 1. Регулирование представляет одну из характернейших особенностей этих двигателей (см. *Двигатели внутреннего сгорания*).

Зажигание в тихоходных двигателях большой мощности применяется почти исключительно низкого напряжения, так называемого действия. В месте разрыва цепи проскакивает искра, весьма горячая даже при низких напряжениях, не превосходящих 100—150 В. Примером подобной конструкции может служить аппарат фирмы Роберт Бош (фиг. 6 и 7). Сидящий на распределительном валу *к* кулак *к* отклоняет при своем вращении рычаг *р* крестообразной формы. Этот рычаг заклинен на цапфе якоря *я*, помещенной между полюсами *2* магнитов *м*, так что отклонение рычага генерирует электрич. ток. Приведение рычага в первоначальное положение осуществляется двумя боковыми пружинами *п*. Крестообразный рычаг свободно связан длинной тягой *т* с отрывным патроном *П*, удлиненный конец которого, проникающий в камеру горения, действием особой пружины постоянно прижат к контакту *к* патрона (фиг. 7), изолированного от стенок цилиндра и соединенного проводом с

источником тока. Т. о., в момент отклонения рычага, т. е. в момент генерирования тока, тяга поворачивает отрывной патрон вокруг

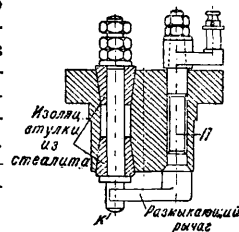


Фиг. 6.

его оси *и*, отведя его внутренний конец от контактного патрона, размыкает цепь. Проскакивающая искра воспламеняет смесь. Несмотря на ряд преимуществ описанной системы (надежность действия, простота запального аппарата, длинная и горячая искра), с ней успешно конкурирует зажигание высокого напряжения. Причина лежит в следующем. Для надежного воспламенения смеси ставят по 3—4 свечи с каждой

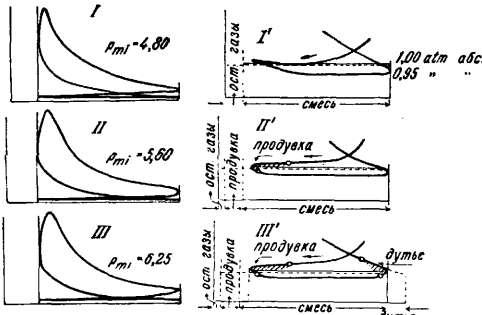
стороны цилиндра, а необходимость синхронизации их работы делает установку зажигания низкого напряжения слишком сложной. В противоположность этому высокое напряжение дает возможность упростить как всю установку, так и коммутацию.

Повышение мощности газовых двигателей требовало весьма больших размеров цилиндра. Тиссен дошел до  $1500 \times 1500$  мм; повышение числа оборотов выше 100 в мин. представлялось нецелесообразным в отношении электрических агрегатов. Остался один путь — повышение среднего индикаторного давления. Тут наметились два различных метода: 1) использование способа так называемой наддувки, т. е. наполнения цилиндра смесью повышенного давления (этот метод представлял опасность взрывов во всасывающем газопроводе); 2) применение более тщательной очистки цилиндров от продуктов



Фиг. 7.

горения, для того чтобы заполнять свежей смесью не только объем, описываемый поршнем, но и камеру сжатия. Далее, наддувку представлялось возможным применить в виде дополнительного нагнетания продувочн. воздуха в цилиндр в период сжатия. Этот способ позволил увеличить коэфф. наполнения



Фиг. 8.

зарядки и тем поднять среднее индикаторное давление. Т. о. мощность удалось повысить на 25—30%. При этом оказалось необходимым увеличить объем камеры сжатия, т. к. в противном случае значительно возрастают усилия в двигателе, что сокращает срок его службы, а неизбежное повышение  $t^\circ$  процесса ведет к преждевременной вспышке. Помимо существенного значения охлаждающего эффекта, производимого продувочным воздухом на стенки, что влечет за собой понижение  $t^\circ$  конца всасывания, описанный способ имеет еще ряд преимуществ: чистое содержание цилиндров улучшает горение и тем способствует повышению и равномерности термического кпд; механический кпд относительно улучшается; ход двигателя становится равномернее, что позволяет уменьшить вес маховика. На фиг. 8 представлены три нормальные диаграммы и им соответствующие, снятые со слабой пружиной: I и I' принадлежат нормальному двигателю, II и II' — машине с продувкой, III и III' — машине с продувкой и дутьем, т. е. нагнетанием продувочного воздуха после закрытия газового и воздушного каналов. Применяя продувочный воздух давлением в 1,25—1,30 atm, можно достигнуть увеличения наполнения на 25—30%. Действительное давление конца всасывания соответственно возрастает до 1,05 atm вместо обычных 0,95. Как видно из диаграмм, среднее индикаторное давление возрастает с 4,8 до 6,25 atm. Характерна конструкция клапана с тремя каналами (фиг. 9): по верхнему поступает продувочный воздух, по среднему — воздух для рабочей смеси, по нижнему — газ. Управление щелями a, б и в всех трех каналов достигается тремя цилиндрическими золотниками г, д и е, насаженными на стержень всасывающего клапана к. При закрытом всасывающем клапане канал a для сжатого воздуха полностью открыт и закрывается при подъеме клапана, когда открываются щели б и в для воздуха и газа. Регулирование при уменьшении хода происходит так, что сперва перекрывается дроссель з в канале для сжатого воздуха, так что двигатель работает

без наддувки, а в дальнейшем происходит дросселирование газа и воздуха. Цилиндр фирмы Тиссен с подобными клапанами развивал 2 750 HP при 97 об/м. Характеристики, связанных с применением указанного метода, дает табл. 2.

Табл. 2. — Результаты двухмесячного испытания двух двигателей.

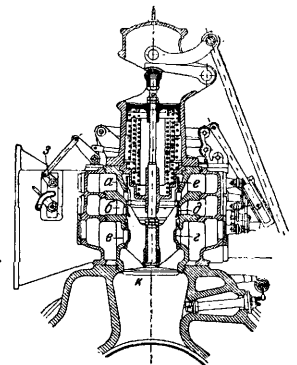
Предмет испытания	Нормальный двигатель	Двигатель повышенной мощности
Общее число раб. часов . . . . .	1350	1347
Общее количество полученной энергии в силочасах . . . . .	2304 400	3027 400
Среднее количество энергии за 24 часа в силочасах . . . . .	40 968	53 952
Средняя нагрузка (абсол.) в силочасах . . . . .	1705	2245
То же в % . . . . .	85,40	90,00
Коэфф. использования двигателей в % . . . . .	78,80	82,75
Работа, полученная от использования отходящего тепла на клеммах генератора в kWh . . . . .	310	480

Эти данные относятся к двухмесячному испытанию двух двигателей Тиссена, установленных на металлург. з-де Феникс-Рурорт (Германия). Главные размеры цилиндров и число оборотов в м. в обеих машинах были одинаковы (1 300 × 1 400 мм и  $n=94$ ), но одна из них была нормальным четырехтактным двигателем, другая же — повышенной мощности. Расходы на обслуживание, воду и смазку были одинаковы; расход тепла на 1 kWh второй машины был ниже. Заслуживает быть отмеченной весьма высокая средняя нагрузка.

Вопрос об использовании тепла отходящих газов возник как следствие появления машин повышенной мощности: в то время как обычные двигатели теряли с отходящими газами до 30—32% подведенного тепла, машины повышенной мощности теряли до 50—52%. Использование отработанных газов было особенно желательно вследствие их высокой ( $700—750^\circ$ )  $t^\circ$ . Эта идея практически осуществилась в форме котлов, преимущественно типа дымогарных, отапливаемых отходящими газами. На фиг. 10 приведена схема подобного котла конструкции фирмы Тиссен.

Большие Д. г. повышенной мощности позволяют рассчитывать на 1 кг пара (давление до 10—14 atm при  $350—450^\circ$ ) с каждого эффективного силочаса, развиваемого двигателем. Используя этот пар в соответствующей машине, можно повысить термический кпд с 26—28 до 31—33%.

Охлаждающая вода также подлежит использованию: она может быть использована

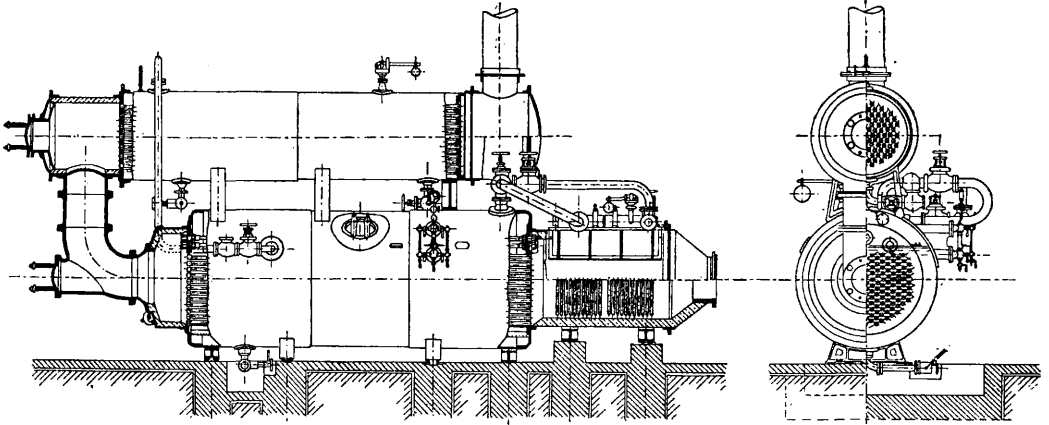


Фиг. 9.

непосредственно на цели отопления или варки (в Д. г. температура воды, выходящей из водяной рубашки, доходит до 80—90°), или помощью маленького котла, сообщающегося с системой охлаждения, превращена в пар (до 3 atm—Тиссен), или, наконец, как то

2) Установки с использованием тепла отходящих газов. В табл. 3 приведен примерный тепловой баланс упомянутого выше двигателя Тиссена.

Полагая среднюю паропроизводительность котла в 1,63 кг пара на каждый реально



Фиг. 10.

делает MAN, направлена в общий котел, отапливаемый отходящими газами. Термический КПД подобной паросиловой установки может быть доведен до 0,36, в предположении, что расход тепла при 70% нагрузки составляет лишь 2 400 Cal на 1 силочас.

Табл. 3. — Тепловой баланс двигателя Тиссена.

Статьи баланса	Нагрузка в 100%		Нагрузка в 80%	
	Cal	%	Cal	%
В электр. энергии на клеммах генератора	860	24,6	860	23,3
В паре из котла, работающего на отходящих газах	1 120	32,0	1 070	29,0
В охлаждающей воде	750	21,4	833	22,3
Потери от излучения и т. п.	770	22,0	937	25,4
<b>Всего подведено тепла</b>	<b>3 500</b>	<b>100,0</b>	<b>3 700</b>	<b>100,0</b>
Парообразование в котле				
кг/kWh на клеммах	1,55		1,48	
кг/эфф. kWh	1,63		1,61	
То же в калориях	1 195		1 145	

Исследование экономичности газосиловых установок дает следующие результаты (по данным Ф. Бартшера).

1) Установки без использования тепла отходящих газов. При средн. нагрузке в 86% и расходе тепла в 3 700 Cal на 1 kWh,

$$\eta = \frac{100 \times 860}{3 700} = 23,3\%$$

Учитывая расход энергии на приведение в действие ряда вспомогательных устройств (воздушных и водяных насосов и пр.), приведенный КПД  $\eta$  необходимо понизить. По произведенным измерениям, этот дополнительный расход выражается примерно в 7—8% от общего; поэтому  $\eta = 21,5\%$ .

отдаваемый двигателем kWh, что соответственно равняется 1 160 Cal, имеем при непосредственном использовании тепла (отопление, варка):

$$\eta = \frac{100 \times 860}{4 000 - 1 160} = 30,3\%$$

В случае потребления пара на генерирование тока можно, при пользовании турбинами с высокими давлениями, из упомянутых 1,63 кг пара получить 0,338 kWh.

Табл. 4. — Использование отходящего тепла газовых двигателей.

	Д. г. без дополн. устройств			
	Расход	КПД	Расход	КПД
Расход тепла на полезно отдаваемый kWh в Cal	4 000		21,5	
Расход на обслуживание на 1 полезн. kWh в пф.	0,52		0,52	
Использованное отход. тепло на 1 kWh	Д. г. с использов. отход. тепла			
	Отход. газов	Охлажд. воды	Сум. марло	Цель использования
Колич. тепла в Cal или пара в кг	1 160 1,62	700 0,9	1 860 2,52	} отопление
Расход тепла на полезн. kWh в Cal	4 000	4 000	4 000	
КПД в %	30,3	26,1	40,0	
Расход на обслуживание на 1 полезн. kWh в пф.	0,52	0,58	0,58	
Энергия, получ. от турбогенер. в kWh	0,338	0,100	0,438	
Расход тепла на 1 полезн. kWh в Cal	3 000	3 630	2 790	
КПД в %	28,6	23,7	32,3	
Расход на обслуживание на 1 полезн. kWh в пф.	0,52	0,52	0,50	

В этом случае расход пара в турбине будет равен 4,8 кг на один kWh, и

$$\eta = \frac{100 \times 860 \times 1,338 \times 0,925}{3 700} = 28,6\%$$

Практикуемое в настоящее время весьма высокое давление пара повысит КПД в данном

случае до 31,5%, таким образом при 60 atm и 380° выигрыш составит 10%.

Использование тепла охлаждающей воды, при наличии в системе охлаждения особого паробразовательного устройства, дает при 700 Cal с каждого kWh примерно 0,8—1,0 кг пара на kWh (см. табл. 4). Для надежности работы двигателя давление пара в рубашке не поднимают выше 2 atm; поэтому пар м. б. использован только в ступени низкого давления турбины, где он разовьет около 0,1 kWh. Т. о.

$$\eta = \frac{100 \times 860 \times 0,925 \times (1 + 0,338 + 0,1)}{3700} = 30,8\%.$$

Лит.: Б р п л и н г Н. Р., Двигатели внутреннего сгорания. М.—Л., 1927; Ф и л и п о в Д. Д., Двигатели внутреннего сгорания в СССР, М.—Л., 1927; Д у б е л ь Г., Двигатели внутреннего сгорания, перевод с нем., Одесса, 1927; Г ю л ь д н е р Г., Двигатели внутреннего сгорания, перевод с нем., Москва, 1926; R i e d l e r A., Gross-Gasmaschinen, München, 1905; S c h ö t t l e r R., Die Gasmaschine, Berlin, 1909; I h e r i n g A., Die Gasmaschinen, T. 2, Lpz., 1909; M a g g J., Die Steuerung d. Verbrennungskraftmaschinen, Berlin, 1914; H e l l e n s c h m i d t G., Gemischbildungen d. Gasmaschinen, Berlin, 1911; W e r w a t h O. E. a. M e h r t e n s A. C., Gas and Gasoline Engines, Milwaukee, 1922; B a r t s c h e r F., Gasmaschine oder Dampfturbine, «Archiv f. d. Eisenhüttenwesen», Düsseldorf, 1927, N. 2, p. 297; W o l f H., Gasmaschine oder Dampfturbine, ibid., p. 285; L e t o m b e L., Les Moteurs, 2 éd., P., 1920. **Б. Ребон.**

**Техника безопасности.** Д. г. должны быть установлены в отдельных помещениях для этого устроенных помещениях. Только при особых условиях работы допускается установка Д. г. в рабочих помещениях, но при обязательном отделении их решетками или перилами высотой не менее 1 м со сплошной зашивкой внизу на высоту не менее 18 см. Д. г. должны устанавливаться на прочных фундаментах, не связанных со стенами здания; высота помещения должна быть не менее 4 м, а ширина и длина таковы, чтобы около двигателя или агрегата с ограждениями оставался свободный проход не менее 1 м шириной. Освещение д. б. достаточным для безопасного обслуживания Д. г. Вентиляция должна обеспечить правильный приток чистого воздуха и  $t^\circ$  не выше 26°. Наини́зшая  $t^\circ$  д. б. не менее 10°. Все ямы, углубления (например, для маховика), отверстия в полах и мостки в помещениях Д. г. должны быть ограждены перилами в 1 м со сплошной зашивкой по низу высотой в 18 см. Если Д. г. имеет части, которые нельзя безопасно обслуживать с пола, то д. б. устроены площадки и лестницы с перилами высотой в 1 м и зашивкой по низу на 18 см. Проходы под канатами и ремнями должны быть перекрыты прочной и надежно укрепленной конструкцией. Все доступно расположенные движущиеся части Д. г. должны быть ограждены прочными решетками, перилами или футлярами. Оработанные газы Д. г. должны удаляться в атмосферу через достаточно высокую отводящую трубу (желательно выше конька крыш соседних зданий). Для уменьшения шума объем глушителя д. б. не менее пятикратного объема рабочего хода одного цилиндра; исключение допускается для глушителей специальной конструкции; самый глушитель должен располагаться снаружи вне помещения Д. г. Выхлопные и отводящие трубы д. б. изолированы в пределах машинного отделения (опасность око-

гов) и не должны соприкасаться с горючим материалом (пожарная опасность). Ряд мер имеет в виду предотвратить опасность от проникновения газа: 1) подводящая газ труба д. б. снабжена автоматич. запорным клапаном непосредственно на патрубке двигателя, 2) поршни, клапаны и сальники Д. г. должны быть достаточно плотны и 3) кроме нормального запорного клапана, должен иметься дополнительный, легко доступный, по возможности в помещении самого двигателя. Во избежание катастрофы от случайной остановки регулятора конструкция передачи к последнему должна обеспечивать надежность действия; поэтому не допускается передача ременная или шнуровая.

Одним из наиболее опасных моментов является пуск Д. г. в ход. Для 4-тактных двигателей мощностью свыше 15 HP и 2-тактных свыше 25 HP должны устраиваться специальные автоматич. пусковые приспособления (сжатым воздухом, отработанными газами, электричеством и т. п.). Для более мелких двигателей должны иметься ручные приспособления, обеспечивающие легкий и безопасный пуск их в ход. Ручная смазка, как безусловно опасная, д. б. заменена самодействующей для крейцкопфов, кривошипов, коленчатых валов, эксцентриков, направляющих и сальников.

Правила техники безопасности для газогенераторов—см. *Газогенераторы*.

Лит.: Охрана жизни и здоровья рабочих в промышленности, ч. 1, вып. 1, СПб., 1913; Я к и м ч и к И. И., Законодательство по технике безопасности и промышленной санитарии, М., 1926; S y r i p F., Handbuch d. Arbeiterschutzes u. d. Betriebssicherheit, V. 3, Berlin, 1927. **П. Синев.**

**ДВИГАТЕЛИ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ**, машины-двигатели, преобразующие энергию капельной жидкости, обычно воды, в механич. энергию движущихся твердых тел, обычно вращающихся валов. Т. к. капельная жидкость может иметь запас энергии в трех формах: энергии положения, энергии давления и энергии скоростной (см. *Бернулли уравнение*), то Д. г. делятся на три вида: действующие преимущественно весом—водяные колеса, давлением—водостолбовые машины, скоростной энергией—водяные турбины. Мощность Д. г. в HP выражается ф-лой

$$N = \frac{Q\gamma H\eta}{75},$$

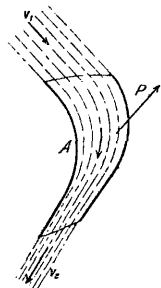
где  $Q$ —расход жидкости в  $\text{м}^3/\text{сек}$ ,  $\gamma$ —вес жидкости в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $H$ —напор в м и  $\eta$ —кпд двигателя. Выражение мощности одно и то же для двигателей всех трех видов, т. к. и энергия давления и энергия скоростная м. б. выражены линейной величиной—напором. Для воды и при  $\eta=0,75$  это выражение переходит в упрощенное  $N=10QH$ . Так как потери энергии в двигателе происходят от трения жидкости при протекании и от остальных потерь (преимущественно на трение твердых тел—в подшипниках и пр.), то различают два кпд: гидравлический  $\eta_h$  и механический  $\eta_m$ ; полный кпд  $\eta = \eta_h \cdot \eta_m$ .

**1. Водяные турбины.** Если вода протекает по неподвижному сосуду (каналу) А (фиг.1), при чем при входе и выходе она соответственно имеет скорости  $v_1$  и  $v_2$ , отличные друг от друга по величине или направлению, то вода действует на стенки канала с силою  $P$ ,

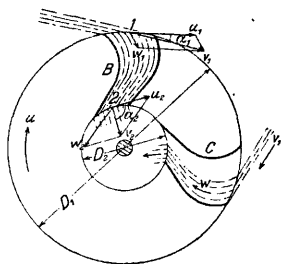
называемой реакцией струи. Если канал составляет часть рабочего колеса, посаженного на вращающийся вал (фиг. 2, B), то каждый кг протекшей воды отдаст валу энергию в количестве  $\eta_h H$  кжм. Теоретически доказано, что

$$\eta_h H = u_1 v_1 \cos \alpha_1 - u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

(основное уравнение турбины), где  $u_1$  и  $u_2$  — окружные скорости (обычно в м/сек) точек

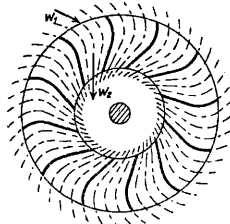


Фиг. 1.



Фиг. 2.

канала 1 и 2,  $v_1$  и  $v_2$  — абсолютные скорости воды в этих точках,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — углы между соответствующими скоростями  $u$  и  $v$ . Так как часто турбина конструируется так, чтобы при нормальной работе  $\alpha_2 = 90^\circ$ , то обычно второй член в уравнении выпадает. Если в точках 1 и 2 одно и то же давление (напр., атмосферное), то в относительном движении вода не ускоряется, скорость воды относительно канала на его протяжении постоянна ( $w_1 = w_2$ ) и давление воды в канале тоже постоянно ( $p_1 = p_2 =$  атмосферному  $p_0$ ); вода м. б. подведена к такой турбине открытой, движущейся в воздухе струей; турбина с таким течением называется активной (акционной, свободоструйной). При постоянном давлении нет надобности во второй стенке канала, и она м. б. отнесена на большое расстояние (фиг. 2, C). Если же к каналу подводится столько воды, что он при входе заполняется по всему его сечению, а сечение канала к выходу суживается (фиг. 3), то  $w_2 > w_1$ , и  $p_1 > p_2$ . Тогда необходимо: 1) воду к колесу подводить закрытыми каналами (т. к.  $p_1 \neq p_2$ ), 2) вход в колесо изолировать от атмосферн. давления. Такая турбина называется реактивной (реакционной, с избыточным давлением). Названия активной и реактивная турбина общеприняты, но неправильны, т. к. оба типа работают реакцией струи. Реактивная турбина д. б. полной (фиг. 3), т. е. впуск в колесо должен происходить одновременно и одинаково по всей его окружности (в противном случае в канале, вышедшем из-под нате-



Фиг. 3.

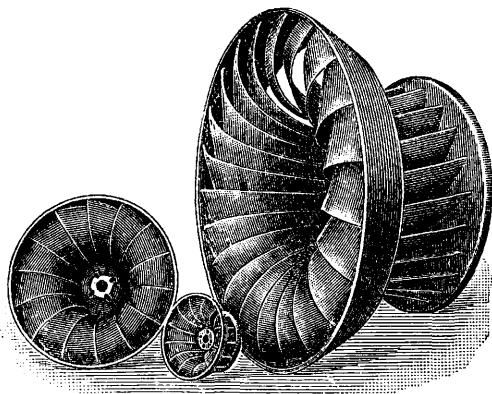
кающей струи, вода должна была бы остановиться, и получались бы лишние потери); протекшая через колесо турбины вода отводится в бок, параллельно валу. Активная же турбина обычно бывает неполной. Для подвода воды к рабочему колесу в нуж-

ном направлении, она пропускается через направляющий аппарат с одним или многими отверстиями. При одном и том же напоре  $H$ , вода в область с давлением  $p_1 = p_0$  будет вытекать из направляющего аппарата с большей абсолютной скоростью (активные турбины), чем в область с давлением  $p_1 > p_0$  (реактивные). Из основного уравнения  $\eta_h H = u_1 v_1 \cos \alpha_1$  видно, что (при равных в обоих случаях  $\eta_h$  и  $\alpha_1$ ) у реактивной турбины  $u_1$  будет больше, чем у активной; при равных диаметрах колес число об/м. вала  $n$  у реактивной турбины будет больше, чем у активной; т. е. первая будет быстрходнее. Итак, чем меньше  $H$ , тем (при том же типе турбины) меньше  $v_1$ ,  $u_1$  и  $n$ ; с другой стороны, чем больше  $N$  и, следовательно,  $Q$ , тем больше диам. колеса и меньше  $n$ . Поэтому, чтобы дать валу подходящее  $n$  (не слишком малое или большое) при больших мощностях и малых напорах применяют турбины реактивные, и притом с большим отношением  $\lambda = \frac{p_1 - p_0}{\gamma H}$  (степень реакции); при обратном соотношении мощностей и напоров — турбины реактивные с малым  $\lambda$  или активные ( $\lambda = 0$ ).

Подобие и пересчет. Если турбину, работавшую при нек-ром  $H_1$  и имевшую при этом нек-рые  $N_1$ ,  $Q_1$ ,  $n_1$  и  $\eta$ , переставить под другой напор  $H$ , то она сохранит (приблизительно) прежний  $\eta$ , если ей позволить (подбором нагрузки) делать новое число оборотов  $n = n_1 \sqrt{\frac{H_1}{H}}$ ; при этом она будет иметь

$$Q = Q_1 \sqrt{\frac{H_1}{H}} \quad \text{и} \quad N = N_1 \frac{H_1}{H} \sqrt{\frac{H_1}{H}}.$$

Если у одной турбины все размеры в одно и то же число  $\sigma$  раз больше или меньше соответственных размеров другой турбины

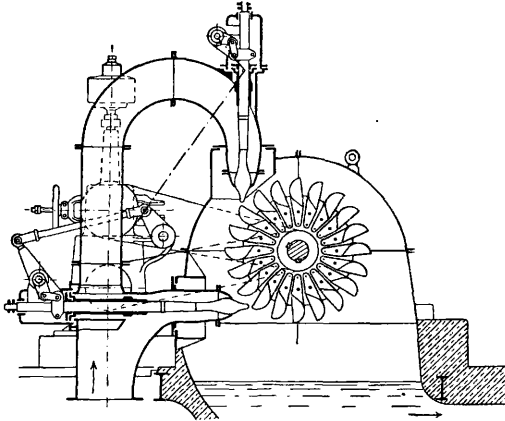


Фиг. 4.

(фиг. 4), то любые площади в этих турбинах относятся как  $\sigma^2:1$ ; углы между соответственными линиями и поверхностями равны; такие турбины наз. подобными. Обычно за  $\sigma$  принимается отношение диам. рабочих колес обеих турбин:  $\sigma = \frac{D_1}{D_2}$ . Две турбины, поставленные под один напор  $H$ , будут иметь (приблизительно) один и тот же кпд, если

второй турбине дать число об/м.  $n_2 = n_1 \frac{D_1}{D_2}$ ;

тогда  $\frac{Q_{II}}{Q_I} = \frac{N_{II}}{N_I} = \frac{D_{II}^2}{D_I^2}$ . Этими двумя свойствами турбин (пересчетом на иные  $H$  и  $D$ ) пользуются: 1) при перестановке старой турбины на другую установку с иным  $H$  или при изготовлении турбины для нового  $H$  по старым чертежам; 2) при пересчете испытаний,



Фиг. 5.

произведенных над опытной малой турбиной, на данные потребной большой турбины. Итак, турбина характеризуется размером (обычно одним из диаметров) и типом; ряд подобных друг другу турбин принадлежит к одному типу или серии.

Удельное число оборотов. Тип турбины характеризуется различными удельными величинами, т. е. значениями некоторых функций при нек-рых аргументах, равных 1 [4]. Чаще всего употребляется число оборотов  $n_s$ , удельное по напору и мощности. Если данную турбину поставить под  $H=1$  м, а затем пропорционально изменить все ее размеры так, чтобы она давала (в предположении того же  $\eta$ ) 1 НР, то она даст  $n=n_s$  об/м. Вычислением по данным  $n$ ,  $H$  и  $N$  первоначальной турбины получается

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{N}{VH}}$$

Нижний предел для построенных турбин есть  $n_s=3$ ; верхним пределом в начале 20 века было  $\sim 400$ ; усиленное использование водяной силы при малых  $H$  и больших  $Q$  потребовало от турбиностроения выработки новых типов с большим  $n_s$ , но без снижения  $\eta$ . Такие типы были сконструированы, и теперь  $n_s$  свободно доводится до 800—1 000.

Колесо Пельтона (тангенциальная или ковшевая турбина)—единственный распространенный теперь тип активных турбин—состоит из колеса (фиг. 5) с насаженными на его окружности лопатками. В эти лопатки касательно к окружности бьет струя воды круглого сечения, вытекающая под напором из трубы через особый суженный патрубок, называемый соплом. Каждая лопатка (фиг. 6) имеет форму двух яичных полускорлуп, открытых навстречу струе и соприкасающихся боками; эти бока вместе образуют лезвие лопатки, на которое и натекает струя, т. к. ее абсолютная скорость  $v_1$  больше окружной скорости лопатки  $u$ . Рас-

сеченная лезвием на две части, струя растекается по вогнутой (лицевой) стороне лопатки во все стороны от лезвия. Вода движется по лопатке почти с одной и той же относительной скоростью  $w$ , но эта скорость, складываясь при выходе геометрически с  $u$ , дает абсолютную скорость выхода  $v_2$ , очень небольшую по величине и направлен. приблизительно параллельно оси колеса. Отойдя в воздухе несколько прочь, вода падает дождем вниз в начало отводящего канала. Форма лопатки (в виде буквы  $\omega$ ), в разрезе плоскостью, параллельной оси, и характер течения видны на фиг. 6. Скорость воды по выходе из сопла  $v_1 = V_1 \sqrt{2gH}$ ; здесь  $H$ —напор в трубе перед соплом, равный

$$p + \frac{v_{mp}^2}{2g} \quad (v_{mp} \text{— скорость в трубе перед соплом}),$$

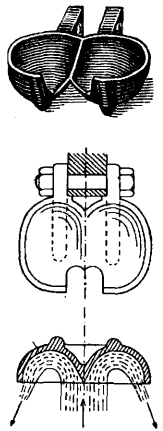
коэффициент  $V_1 = 0,95 \div 0,98$  (в зависимости от сопла). Для наилучшего  $\eta$  колесо пускается с окружной скоростью  $u = UV \sqrt{2gH}$ , где  $U = 0,43 \div 0,47$ . Величина  $\sqrt{2gH}$  называется напорной скоростью, а коэфф-ты  $V$ ,  $U$  и т. д.—скоростными коэфф-тами, или быструтами. Диам. колеса  $D$  по известному  $n$  определяется из  $u = \frac{\pi D n}{60}$ , а диам. струи  $d$ —

из  $Q = \frac{\pi d^2}{4} v_1$ ; диам. сопла несколько больше  $d$ . У колеса Пельтона в таком исполнении  $n_s$  может доходить до  $\sim 26$ ; для дальнейшего повышения  $n_s$  надо было бы уменьшать  $D$  и увеличивать  $d$ , а значит и размеры лопаток; но крупные лопатки не уместятся на малом колесе;  $\frac{D}{d}$  д. б.  $> 8$  или даже 10. Если

на колесо направить не одну, а  $m$  одинаковых струй (на фиг. 5—два сопла) из  $m$  сопел или на один вал посадить  $m$  одинаковых колес, каждое с одним соплом, то в выражении для  $n_s$  в  $m$  раз увеличивается  $N$  и в  $\sqrt{m}$  раз растет  $n$ .

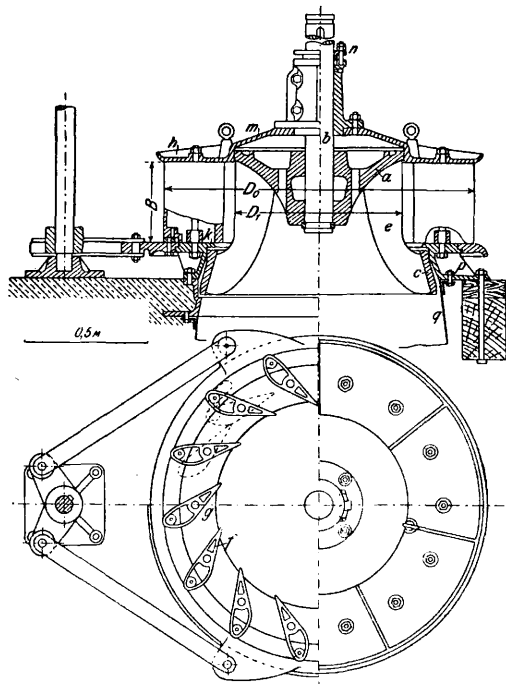
Для повышения  $n_s$  число колес на одном валу делают 2, редко 3, а число сопел у одного колеса 2, редко 3—4. Тогда верхним пределом для  $n_s$  получается: при двух соплах—37, при трех—45, четырех—52. При недогрузке турбины, ее крутящий момент будет меньше нормального момента сопротивления, и ее  $n$  будет расти. Чтобы сохранить прежнее  $n$ , надо уменьшать подводим. к турбине энергию, т. е. уменьшать  $Q$ . Это делается у колес Пельтона уменьшением отверстия сопла помощью языка (иглы), находящегося внутри колена трубы идвигаемого в отверстие сопла изнутри (фиг. 5); струя в сопле имеет, т. о., кольцевое сечение и лишь по сходе с языка принимает сечение круга. Язык устанавливается у мелких турбин вручную, а у крупных—особым автоматич. регулятором. Колеса Пельтона обычно насаживаются на горизонтальный вал и редко на вертикальный. Полный

напор  $H_b$ , больше напора  $H = \frac{p}{\gamma} + \frac{v_{mp}^2}{2g}$ , по



Фиг. 6.

к-рому ведется расчет колеса, на величину сопротивлений в трубе и высоту подвеса колеса (точнее—сопла) над нижним уровнем. Поэтому следует колесо и сопло ставить возможно ниже. Наиболее употребительные напоры у колес Пельтона 100÷400 м; наибольшая построенная мощность в одной турбине



Фиг. 7.

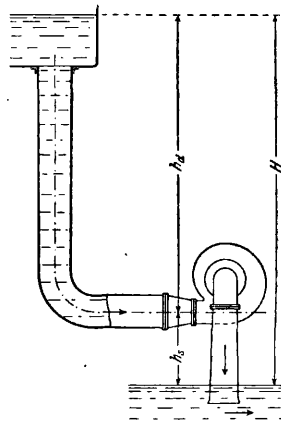
40 000 HP, наибольший  $D=3,7$  м, наибольший  $d \approx 0,25$  м. Потери энергии внутри турбины складываются: 1) из потерь на трение в сопле, в зазоре между соплом и колесом, при входе на лопатку и протекании по ней; 2) из энергии  $\frac{v_2^2}{2g}$  кгм на каждый кг расхода, уносимой водой, отходящей со скоростью  $v_2$  (потеря выхода); эти две потери влияют на  $\eta_h$ ; 3) из потерь на трение в подшипниках вала и колеса о воздух; эта потеря равна 2÷4% (меньше у мощных турбин) и определяет  $\eta_m$ . Кпд колес Пельтона наилучший у типов с  $n_s \approx 10$  (у однолопастных колес); при больших мощностях его можно считать  $\eta = 0,85$ , хотя известны машины и с  $\eta > 0,90$ . При прикрывании сопла кпд уменьшается, но медленно (см. ниже). Новая турбина Банк и (1917 г.) принадлежит также к активным турбинам; она должна заполнить промежуток между колесами Пельтона и тихоходными турбинами Френсиса с  $n_s = 50 \div 70$ ; распространения она пока не получила.

Турбина Френсиса за последние 30 лет вытеснила реактивн. турбины употреблявшихся ранее типов (Фурнейрона, Жонвалля). Колесо этой турбины состоит из двух ободьев (фиг. 7), соединенных между собою рабочими лопатками. Верхний обод, в виде искривленного диска  $a$ , укреплен при помощи втулки и шпонки на валу  $b$ ; нижний, или наружный, обод выполняется в виде кольца  $c$ ; ободья соединены между собою

рабочими лопатками  $e$ . Между лопатками по искривленным каналам, к выходу суживающимся, протекает вода, сплошь их затопляя, изменяя при этом направление относительной скорости, увеличивая ее и уменьшая свое давление. Для выпуска воды служит направляющий аппарат, окружающий все рабочее колесо. Он состоит из ряда направляющих лопаток  $f$  с суживающимися между ними каналами  $g$ . Эти лопатки укреплены между двумя плоскими, расставленными на расстояние  $B$  кольцами  $h$  и  $k$ , к-рые называются верхним и нижним ободьями направляющего аппарата. Т. к. у реактивных турбин давление в зазоре между направляющим аппаратом и рабочим колесом не равно атмосферному, то зазор  $d$ . б. изолирован от внешнего давления. Уплотнение сверху достигается крышкой  $m$  с сальником  $n$ , а снизу опорным кольцом  $p$ , соединенным с так наз. всасывающей трубой  $q$ , отводящей воду от турбины и погруженной нижним отверстием в нижний горизонт. При таком расположении реактивная турбина, в отличие от активной, использует не только верхний напор (от верхнего уровня до турбины)  $h_d$ , но и нижний (от турбины до нижнего уровня)  $h_s$  (фиг. 8); если всасывающая труба сплошь заполнена водой, то сверху ее получается разрежение соответственно высоте всасывания; используемая турбиной разница давлений (перед входом в турбину и за ней) соответствует уже не верхнему напору  $h_d$ , а полному  $H$ . Это позволяет располагать колеса реактивной турбины, не боясь потерь, довольно высоко над нижним уровнем, что представляет практич. удобства. Производ в этом отношении ограничивается: 1) необходимостью иметь над направляющим аппаратом до верхнего уровня слой воды при-

мерно не менее  $\frac{H}{3}$  (во избежание засасывания воздуха в турбину водяной воронкой) и 2) невозможностью иметь высоту всасывания  $h_s$  более 10 м теоретически, а практи-

чески до  $\sim 6$  м, во избежание разрыва струи под турбиной. Второе назначение всасывающей трубы — изменять направление воды по выходе из рабочего колеса. Скорость воды при выходе обычно направлена вдоль оси турбины; чтобы направить воду вдоль отводного канала, надо ее направление изменить на один или два пря-



Фиг. 8.

стигается в коленях всасывающей трубы. Третье назначение всасывающей трубы — уменьшать скорость, с к-рой вода оставляет турбину; как выше сказано, соответствующий скоростной напор есть потеря энергии, и чем он меньше, тем больше коэфф. полезного действия. С этой целью всасывающая



труба делается расширяющейся к выходу. Формы ее довольно разнообразны: прямая коническая (железная, фиг. 8, 13, 14), кривая (фиг. 15) и колоколообразная.

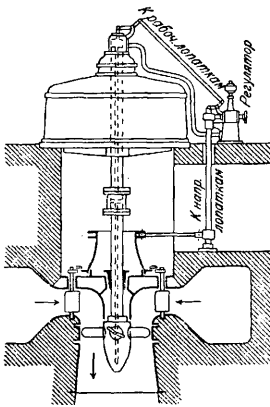
Регулирование турбины Френсиса производится обычно по способу Финка. С этой целью направляющие лопатки делаются поворотными вокруг осей, параллельных валу (фиг. 7). Поворот всех лопаток сразу на небольшой угол изменяет ширину прозора между ними, а значит изменяет  $Q$  и  $N$ . Особе короткие тяги (поводки) связывают на шарнирах хвосты направляющих лопаток с регулировоч. кольцом. Поворот кольца (тоже на малый угол) производится регулировочным валом, который с одной стороны связан рычагами и тягами с кольцом, а с другой (уже в машинном помещении) соединен или с ручным воротом или со скалкой сервомотора автомата кого регулятора. Такое регулирование называется в и у т р е н н и м. Сервомотор представляет собою цилиндр с поршнем, шток к-рого связан шатуном с кривошипом регулировочного вала. При пуске масла под давлением в 10—20 atm в ту или другую сторону

тор и чувствительный центробежный регулятор); 2) возможно медленное возрастание или падение числа оборотов турбины до того времени, пока сервомотор передвинет направляющий аппарат (для чего нужен большой маховой момент на турбинном валу, увеличиваемый часто постановкой маховика); 3) быстрое затухание колебаний числа оборотов (для чего регулятор снабжается особыми приспособлениями—выключателями, пружинами и пр.). Автоматический регулятор—сложная и дорогая машина; при малых турбинах его стоимость близка к стоимости самой турбины, и здесь часто обходится без него, довольствуясь ручным регулированием. У турбин закрытых или полужакрытых обычно применяется внешнее регулирование (фиг. 9), где направляющие лопатки из стального литья составляют одно целое с осями, выходящими через сальники в воздух, где эти оси рычагами и поводками присоединяются к регулировочному кольцу, окружающему вал турбины. У очень крупных турбин избегают регулировочного вала, двигая кольцо прямо от поршней сервомоторов (одного или двух) посредством шатунов.

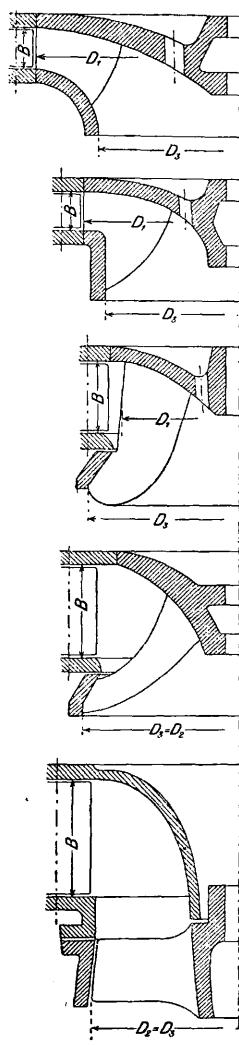
Характерными величинами для реактивных турбин являются: входный диаметр рабочего колеса  $D_1$ , высота направляющего аппарата  $B$ , диаметр всасывающей трубы при входе в нее  $D_3$  (фиг. 10) и наружный диаметр направляющего аппарата  $D_0$  (фиг. 7). Удельное число оборотов турбины Френсиса значительно выше, чем у колес Пельтона; наименьшее  $n_s \approx 70$ . Увеличения  $n_s$  достигают: 1) увеличением отношений  $\frac{B}{D_1}$  и  $\frac{D_3}{D_1}$ ; и 2) увеличением окружной скорости  $u = U\sqrt{2gH}$ , т. е. быстроты  $U$ . При этом характерно изменяется форма колеса, по к-рой и можно судить об его  $n_s$  (фиг. 10 и 11).

При  $n_s \approx 200$  отношение  $\frac{D_3}{D_1} \approx 1$ , а  $\frac{B}{D_1} \approx 0,25$ ; такие турбины называются нормальными, а с меньшим или большим  $n_s$ —соответственно тихоходными или быстроходными. При  $n_s \approx 350$  и выше входная кромка рабочей лопатки располагается не на поверхности цилиндра, а на коноидальной поверхности со значительным приближением верхнего конца кромки к оси. Такие турбины, называемые сверхбыстроходными Френсиса, или дианормальными, имеют  $n_s$  до 600; у них за характерный диаметр удобнее принимать не  $D_1$ , а диаметр выхода  $D_2$ , очень близкий по величине к  $D_3$ .

Число лопаток у колес всех этих типов—между 10 и 30. При желании иметь еще большее  $n_s$  применяют турбины винтовые, или пропеллерные. У этих турбин наружный обод отсутствует, число лопаток уменьшается до 6—2, сами лопатки не из штампованной стали, а массивные литые; их входные и выходные кромки располагаются в плоскостях, почти перпендикулярных к валу. Такое колесо сходно с пароходным винтом или даже пропеллером аэроплана. У таких турбин  $n_s$  повышается до 800—1 000, но есть попытки повысить его до 2 000. Турбина Лавачека, обладающая нек-рыми особенностями, может



Фиг. 9.

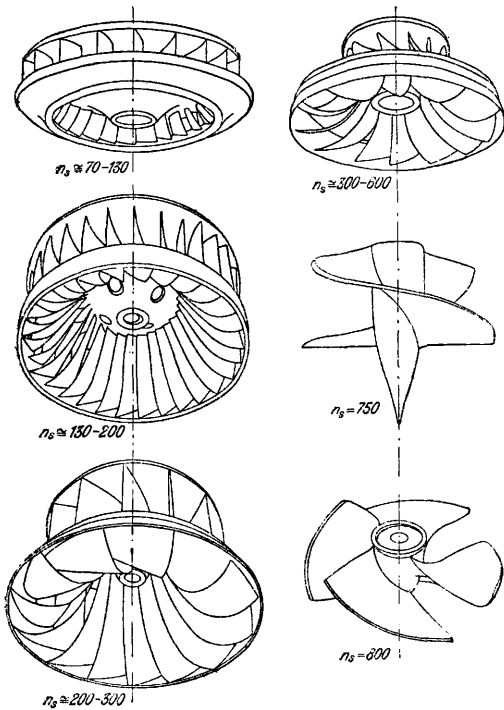


Фиг. 10.

цилиндра, поршень поворачивает в нужном направлении регулировоч. вал. Масло накачивается особым насосом. Впуск масла заводит распределительный золотник, приводимый в движение от центробежного регулятора. Последний, а также обычно и насос вращаются ремнями от вала турбины. При разгрузке турбины и повышении ее числа оборотов сервомотор прикрывает направляющий аппарат, а при уменьшении числа оборотов—открывает. Важны: 1) быстрое действие сервомотора (для чего нужен сильный сервомо-

считаться промежуточной между диагональными и винтовыми турбинами.

Направляющий аппарат у всех этих типов турбин сохраняет ту же конструкцию. Чем выше скорость турбины, тем больше напор и высота всасывания, тем меньше давление сверху всасывающей трубы и тем вероятнее кавитация, при которой нарушается

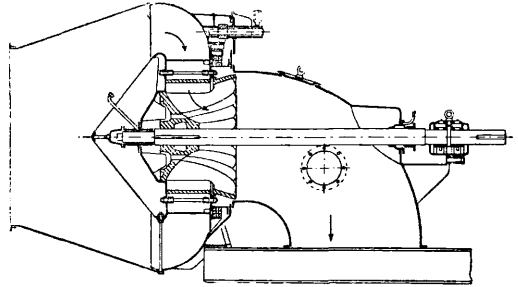


Фиг. 11.

плавность работы, понижается кпд турбины и разьедаются ее лопатки. Во избежание этого быстроходные турбины не могут ставиться под высокие напоры и высоко подвешиваться над нижней водой. Прежде для увеличения  $n_s$  агрегата сажали на один вал несколько колес (кратные турбины); число их  $\sigma$  доходило до 5. Тогда  $n_s$  агрегата в  $\sqrt{\sigma}$  раз больше  $n_s$  колеса. При вертикальных турбинах кратные турбины конструктивно неудобны; теперь только некрупные горизонтальные турбины строятся иногда с  $\sigma=2$  (сдвоенные турбины).

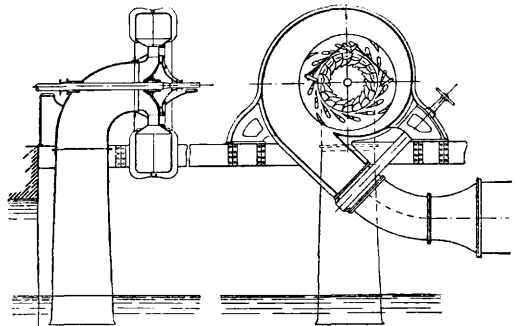
Кпд крупных турбин больше мелких; при расчетах можно принимать  $\eta=0,77$  для турбин до 100 л.с.; 0,80—до 1 000 л.с.; 0,83—до 10 000 л.с. и 0,86—для более мощных. Реактивные турбины разных типов теперь имеют примерно одинаковый  $\eta$ , только у тихоходных Френсиса  $\eta$  немного снижается. При испытаниях турбин часто получаются и большие цифры кпд, у наиболее мощных—до 0,95, но на них неосмотрительно основывать расчеты. Из 14—23% потерь ок. 2—4% падает на механические потери, а остальное на гидравлические в направляющем колесе, зазоре и рабочем колесе, а также в подводящей камере (см. ниже) и во всасывающей трубе, но не в подводящих или отводящих каналах или трубах, потери в которых не относятся на счет турбины. Прежде для

удобства привода считалось наиболее целесообразным горизонтальное расположение вала (фиг. 12 и 13), но затем было выяснено, что потери во всасывающей трубе у вертикальных турбин (фиг. 7, 15) значительно меньше, чем у горизонтальных. Применение вертикальных турбин облегчилось разработкой вертикальных типов электр. генераторов и новых типов подпятников (Митчелла или Кингсбери, или сегментных), так что теперь реактивные турбины с горизонтальным валом



Фиг. 12.

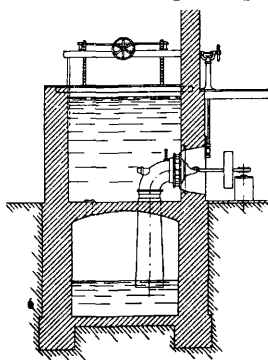
применяются лишь при небольшой мощности и большом напоре. Изредка, для повышения числа оборотов генератора и удешевления его, вводят между вертикальными валами турбины и генератора цилиндрическую зубчатую передачу, которая теперь с большим совершенством изготавливается на большие мощности и на передаточн. числа. При напорах до 10—15 м мелкие и средние турбины ставят в открытые камеры (фиг. 14). Если на вал турбины не посажен генератор, то передача на горизонтальный привод с горизонтального вала берется ремнем или канатами, а с вертикального—зубчатым колесом; последн. надо стараться избегать из-за сотрясений и износа. При больших напорах турбины ставят в металлических закрытых камерах в виде цилиндрических или конических кожухов (фиг. 12). Для уменьшения потерь от беспорядочного



Фиг. 13.

течения в кожухе и экономии места часто применяется спиральный кожух в виде раковины улитки (фиг. 8 и 13). К открытым турбинам вода обычно подводится каналами, к закрытым—трубопроводами (см.; также см. Гидроэлектрические станции). Крупные турбины, хотя бы под напором менее 10 м, теперь обычно делают тоже закрытыми,

хотя трубопровод при этом имеет ничтожную длину; спиральные бетонные или железобетонные камеры образуют особыми пустотами в фундаменте станции, так же как и изогнутые всасывающие трубы; такие турбины иногда называют полукрытыми (фиг. 15). Влияние форм всасывающей трубы и подводящей камеры на кпд турбины велико; поэтому они теперь особенно подробно изучаются.



Фиг. 14.

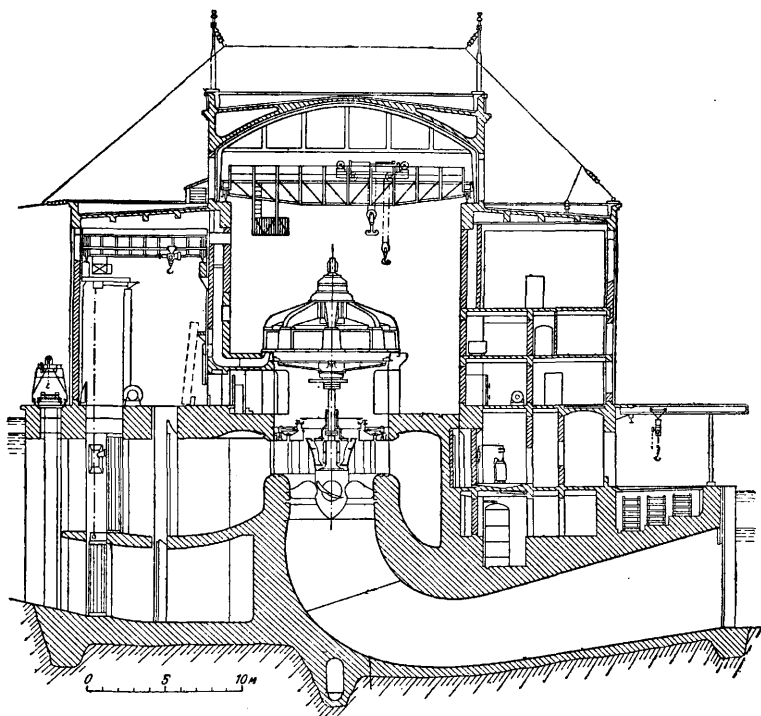
ной турбины и ее типа и нанесенная на график, назыв. характеристикой турбины [1]. При прикрывании турбины (и подержании постоянного  $n$  посредством подбора нагрузки)  $Q$  и  $N$  падают, но не в одинаковой степени; поэтому меняется и  $\eta$ . Эта зависимость изображается на т. н. рабочей характеристике. Фиг. 16 дает такие характеристики для турбин разных типов,

но при одних и тех же напорах и наибольших расходах. Почти у всех турбин (кроме тихоходных)  $\eta_{max}$  получается не при  $Q_{max}$ , т. е. не при полном открытии, а при частичном — примерно, при  $Q = 0,7-0,9$  от  $Q_{max}$ ;  $\eta_{max}$  больше  $\eta$  при полном открытии на 2—5%; (открытием называется отношение площади выхода из направляющего аппарата к наибольшей возможной площади выхода в данной турбине). При дальнейшем закрывании турбины и уменьшении расхода  $\eta$  понижается, и тем быстрее, чем быстроходнее турбина. Приведенные выше значения  $\eta$  относятся не к полному открытию, а к  $\eta_{max}$ . Значения  $n_s$ , указываемые в табл. 1, относятся к наибольшему  $N$ , к-рое способна дать турбина при полном открытии; некоторые авторы вычисляют однако  $n_s$  по  $N$  при  $\eta_{max}$ . Слева от пересечения кривых  $\eta$  с осью абсцисс турбина не только вполне разгружена, но даже не дает прежнего  $n$ , хотя и  $Q$  и открытие не равны 0.

Из рабочих характеристик видно, что при сильно переменной нагрузке или переменном расходе невыгодно ставить быстроходные, особенно винтовые турбины. Турбина Каплана (1913 год), принадлежащая

к типу винтовых, не имеет этого недостатка; она даже лучше нормальных турбин Френсиса в этом отношении. В турбинах Каплана (фиг. 9 и 15), при регулировании, одновременно с поворотом направляющих лопаток меняют свое положение относительно втулки и рабочие лопатки. С этой целью они прикреплены ко втулке на шипах, погруженных во втулку; гидравлич. передача или особый механизм, введенный внутрь полых вала и втулки и вращающийся с ними, связывает эти шипы с регулятором, к-рый при прикрывании турбины ставит лопатки более полого. Лучшая характеристика достигается путем усложнения конструкции и ухода. Турбины Каплана предположены к установке на Свирской гидроэлектрич. станции.

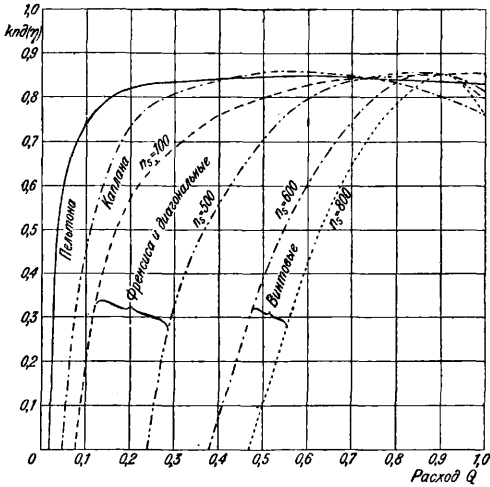
На каждой турбинной установке напор колеблется во времени, число же оборотов, по условиям нагрузки станции, обычно не должно меняться. Поэтому нельзя сохранить кпд постоянным. Связь  $H$ ,  $Q$ ,  $N$  и  $\eta$  (при некотором постоянном открытии) изображается напорной характеристикой, где независимым переменным является  $H$ . На фиг. 17 даны примерные рабочие характеристики турбин разных типов, имеющих, однако, при одном и том же нормальном напоре одинаковые  $Q$ ,  $\eta$  и  $N$ . Кпд падает при любом изменении  $H$ ;  $Q$  и  $N$



Фиг. 15.

растут и падают с  $H$ . Падение  $N$  с падением  $H$  является существенным недостатком всех турбин: в половодье падает  $H$  и с ним мощность турбины, хотя избыток воды идет мимо турбины. В этом отношении быстроходные турбины выгоднее тихоходных, так как они медленнее сдают  $N$  при падении  $H$ . Это особенно важно в низконапорных установках;

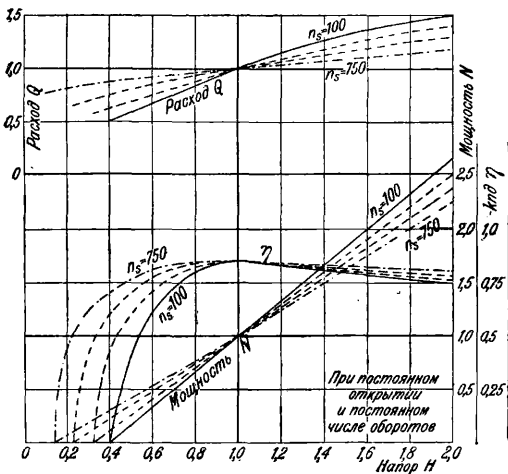
в высоконапорных  $H$  меняется относительно мало. Пользование характеристиками необходимо при проектировании станций, т. е. они позволяют вычислить наперед ход изменений вырабатываемой энергии в зависимости от предположенных изменений  $H$  и  $Q$ .



Фиг. 16.

При этом приходится пользоваться характеристиками более полными, чем указанные, дающими связь одновременно с открытием и с напором, — т. н. универсальными, или общими, характеристиками водяных турбин.

Расчет реактивных турбин вообще довольно сложен; он проще для турбин Френсиса (и диагональных), так как исходит из так называемой струйной теории, т. е. гидродинамической теории, разработанной, главным образом, в применении к авиации (см. *Аэродинамика, Вихревая теория, Воздушный винт*). Гораздо проще и вполне достаточен для строителей станций



Фиг. 17

подбор турбин, т. е. определение подходящего типа их и главных размеров [2]. Для станции обычно известны ее напор  $H$  и расход; из разных соображений задаются

числом турбин на станции; это определяет расход  $Q$  одной турбины; берут подходящий кпд  $\eta$  и получают мощность турбины  $N = \frac{1000 Q H \eta}{75}$  лр. При подборе особенно надо считаться с потребным числом оборотов  $n$ . Теперь сколько-нибудь значительная турбина работает всегда на электрич. генератор, и только меньшие турбины — на привод или непосредственно на машину-орудие (мельничный постав, прокатный стан, древоотерка и т. д.). Генераторы строятся с числом оборотов  $n$  в пределах от  $\frac{800}{\sqrt{N}}$  до  $\frac{10000}{\sqrt{N}}$

(предпочтительнее — ближе к верхнему), где  $N$  — число лр, отдаваемых турбиной генератору; однако и в этих пределах для трехфазного тока с 50 периодами в секунду употребительны только следующие  $n$ : 1500, 1000, 750, 500, 375, 300, 250, 214, 187, 167, 150, 125, 107, 94, 83, 75, 62. По известной  $N$  и этим данным получают ряд вариантов для генераторов и соответственный ряд вариантов для  $n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{N}{\eta}}$ . Откидывая те  $n_s$ , при

которых, судя по  $H$ , возможна кавитация, из оставшихся (обычно немногих) вариантов выбирают один, для к-рого теперь известны:  $Q, H, \eta, N, n_s$  и  $n$ . Если  $n_s$  оказывается за верхними пределами возможного, значит такой турбины построить нельзя; тогда следует увеличить число турбин на станции, т. е. уменьшить  $N$  и  $n_s$ . Для колеса Пельтона  $D$  и  $d$  определяют вышеуказанным способом; основные размеры реактивной турбины определяются по табл. 1.

Табл. 1. — Основные размеры реактивной турбины.

Виды турбин		$n_s$	$U_1$	$B/D_1$	$D_2/D_1$	$D_0$	$H_{max}$ в м
Френсиса	тихоходные	100	0,62	0,09	0,75	$D_1 + 0,03 \sqrt{D_1 n_s}$	200
	нормальные	200	0,72	0,23	1,00		70
	быстроходн.	300	0,81	0,37	1,25		25
Виды турбин		$n_s$	$U_2$	$B/D_2$	$D_3/D_2$	$D_0$	$H_{max}$ в м
Диагональные		300	1,0	0,30	1	$D_2 + 0,02 \sqrt{D_2 n_s}$	25
		450	1,4	0,35	1		15
		630	1,8	0,40	1		10
		600	1,8	0,35	1		10
Винтовые		800	2,0	0,45	1		7

По известному  $n_s$  берут из таблицы  $U_1$  или  $U_2$  (для любого промежуточного  $n_s$  — интерполяцией) и определяют характерный диаметр из выражения:

$$D_1 \text{ (или } D_2) = \frac{60 U_1 \text{ (или } U_2) \sqrt{2gH}}{\pi n}$$

По следующим трем столбцам находят значения  $B$ ,  $D_3$ ,  $D_0$ . Диаметр вала  $d$  берут равным  $\delta \sqrt{\frac{N}{n}}$ , где  $\delta$  равно от 10,5 (у самых крупных турбин с большим  $\frac{N}{n}$ ) до 13 (при  $\frac{N}{n} \sim 1$ ) и 16 (при  $\frac{N}{n} \sim 0,1$ ). При длине всасывающей трубы, равной от 3 до 8  $D_3$ , площадь ее сечения при выходе из нее м. б. в 3—5 раз больше площади сечения при входе в нее. Площадь сечения при входе в спиральную камеру берется около  $\frac{Q}{(0,1 \text{ до } 0,3) \sqrt{2gH}}$ .

Приблизительный вес турбин в кг (под напоры до 8 м, открытых, с железной всасывающей трубой и ручным регулированием, но без маховика и привода, при диаметре от 0,3 до 2,5 м,  $n_s = 200 \div 300$ ) равен  $AD_1 \sqrt{D_1}$  кг, где  $A$  для вертикальных—3 700, для горизонтальных—5 500, для горизонтальных сдвоенных—10 200, а  $D_1$  выражено в м. Предельные размеры: существуют турбины в 70 000 HP (в постройке находятся в 90 000 HP, Волховстрой 11 500 HP) [3,4]; наибольший диаметр 5,8 м (в постройке для Свирской станции 7,62 м). Расчеты и практика показывают, что в горных местностях (большие напоры и малые расходы) наиболее пригодны тихходные турбины (колеса Пельтона и Френсиса с малым  $n_s$ ); напротив, в равнинных странах, чем положе уклоны рек (малые напоры) и чем они полноводнее (большие расходы), тем более необходимы быстроходные турбины.

Арматура мелких турбин сводится лишь к маслонам и к клапанам для спуска воды из подводных камер. У закрытых турбин имеются затворы на подводных трубах и краны для выпуска воздуха из кожухов при пуске турбины в ход. На крупных турбинах часто устраиваются водопроводы для охлаждения подшипников и тормозы для останова турбины. В состав измерительной арматуры входят: водомерные рейки у верхового и низового горизонтов воды (для наблюдения за напором), указатель открытия у регулятора, вакуумметр на всасывающей трубе, тахометр (для указания числа оборотов вала); у закрытых турбин—манометр на кожухе и иногда гидрометрич. вертушка (или другой соответствующий прибор) в трубопроводе для определения скорости и расхода воды. Мощность и работа определяются на станциях по ваттметру и счетчику киловатт-часов.

Уход за турбинами очень прост: только подшипники требуют тщательного присмотра за собой, за чистотой и охлаждением работающего в них масла; надо также следить за исправностью смазки подводных подшипников и за плотностью сальников у всасывающих труб, иначе незаметно падает кпд. В вертикальных турбинах зыбкость верхней опоры ведет к неровному ходу зубчатой передачи, износу ее и подшипников, к заеданию неподвижных частей рабочим колесом и поломке последнего. Вода со взвешенными наносами истирает более или менее быстро детали там, где скорость воды наибольшая, т. е. в конце направляющего аппарата и в зазоре; нужны хорошая очистка такой воды

до впуска в подводные каналы и сменная облицовка ободьев направляющего аппарата, а отчасти и рабочего колеса; колеса для таких установок отливаются из бронзы или стали. Лопатки рабочего колеса, разъемные кавитацией, чинятся наваркой металла электрич. способом. Засорение крупными наносами (кусками дерева) мало вероятно, т. к. этому мешают решетки и забрала перед входом в каналы и камеры; все же изредка осматривают колеса с низовой стороны через лазы и очищают их узкие выходные отверстия от засевших предметов (иногда и от рыбы). В крупных турбинах, во избежание поломок направляющих лопаток при их закрывании сильным регулятором в случае застревания твердого тела, делают одно из звеньев (напр., болт) между регулировочным кольцом и лопаткой намеренно слабым, чтобы поломка происходила в этой легко заменяемой детали, а не в других, более дорогих. Донный лед опасен не для самой турбины, а для всей гидростанции, т. к. он может забить решетку и канал; через турбину же он проходит обычно свободно; в крайнем случае впускают в камеру струйку ключевой или слегка подогретой воды. Турбины принадлежат к наиболее долговечным машинам и обычно выбрасываются не вследствие износа, а с целью замены старого типа более новым, т. е. более мощным, быстроходным или экономичным. Срок погашения стоимости турбин принимается в 20—30 лет. Расходы по уходу и текущему ремонту, как видно из предыдущего, невелики. В отношении безопасности и гигиены турбины стоят выше всех других двигателей. Тщательного ограждения требует лишь зубчатая передача вертикальных турбин. За последнее время обращено внимание на опасность осмотра крупных турбин изнутри с переносными лампочками, вследствие возможности короткого замыкания; здесь уже ток в 50 В при коротком замыкании смертелен; поэтому разрешается применение тока не выше 24 В. Т. к. осмотр турбин и опорожненных камер в местностях с густым населением подвергает осматривающих опасности заразы, то рекомендуются пустые турбины в таких случаях перед осмотром дезинфицировать длительным пропуском пара. О монтаже см. [5, 6], об испытаниях—[7, 8], историю Д. г. см. [9, 10].

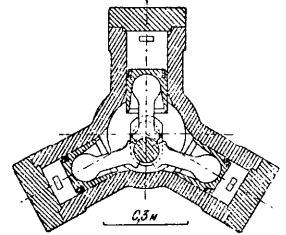
Испытания водяных турбин производятся в особых лабораториях и на работающих установках. Такие лаборатории существуют и в СССР при ряде высших технических учебных заведений и в некоторых научных институтах (Центр. аэрогидродинамич. ин-т и Лаборатория гидравлич. установок в Москве). Целью лабораторных испытаний является научное изучение рабочего процесса для дальнейшего усовершенствования конструкций, испытания же на установках служат главн. образом для проверки соответствия турбины условиям поставки. Испытания первого рода производятся очень подробно, но для удобства и сокращения расходов лишь над малыми моделями; испытания второго рода по необходимости д. б. более простыми и обычно сводятся: 1) к проверке заданной пропускной способности  $Q$  и мощности  $N$  при наибольшем открытии; 2) к опре-

делению коэфф. полезного действия турбины  $\eta$  при нормальном числе оборотов, разных открытиях и возможных напорах; 3) к проверке надежности работы турбины (умеренное нагревание подшипников при длительной работе полной мощностью); 4) к проверке исправности регулирования колебаний числа оборотов при внезапных разгрузках и нагрузках турбины; 5) к испытанию прочности турбины при ее разгонном числе оборотов. Если автоматический регулятор испорчен, а вполне открытая турбина совершенно разгружается (напр., при коротком замыкании тока генератора), то турбина повышает число оборотов и доходит до некоего максимального, называемого разгонным. Это число оборотов приблизительно на 60% больше нормального (т. е. дающего  $\eta_{max}$ ) у тихоходных реактивных турбин и на 160%— у самых быстроходных. Если турбина или другие части агрегата (маховик, генератор) непрочны, то при повышении числа оборотов они м. б. разрушены центробежной силой. В различных странах существуют обязательные правила для испытания турбин; эти правила для СССР, а равно правила для международного признания, пока разрабатываются. При Государственном ин-те сооружений в Москве организуется особое Бюро для испытания гидроэлектрич. станций.

Производство турбин требует хорошего конструкторского бюро с очень сведущими и научно образованными работниками, а для достижения высоких кпд турбиностроительному заводу необходимо производить испытание моделей в лаборатории. Изготовление же турбин в мастерских достаточно просто, т. к. не требует обычно каких-либо особых сортов материалов ни особо точной обработки (за исключением автоматич. регуляторов и сильно нагруженных подпятников). Для деталей крупных турбин нужны, конечно, и крупные станки, а для ускорения и удешевления обработки целесообразно оборудование мастерских крупными карусельными станками, позволяющими при одной установке тяжелой детали на планшайбе производить разнообразные операции. Некоторые особенности представляет изготовление рабочего колеса турбины Френсиса. По ряду данных на чертеже сечений лопатки изготавливается штамп; лопатки штампуются в горячем состоянии; боковые кромки лудятся; при формовке колеса в литейной эти лопатки закладываются в шихту так, что кромки выходят в пустоты формы, назначенные для ободьев, и т. о. кромки лопаток оказываются залитыми в них. Формовка колеса по хорошо продуманной системе не представляет больших затруднений; литература по этим системам очень скудна [19]. Изредка (особенно для тихоходных турбин) лопатки колеса отливаются как одно целое с обоими его ободьями из чугуна, бронзы или стали. Для крупных винтовых турбин лопатки отливаются каждая отдельно и затем привертываются ко втулке. Для колеса Пельтона при огромных скоростях воды требуется особая гладкость лопаток и особая крепость укрепления их на диске. В настоящее время мировой известностью пользуются турбиностроительные заводы Швейцарии,

С. Ш. А., Германии, а в последнее время и Швеции. До 1914 года Россия снабжалась турбинами главным образом из Германии и С. Ш. А., хотя были и свои заводы (крупнейший—Пирвиц и К<sup>о</sup> в Риге, эвакуированный впоследствии в Москву), выпускавшие вполне удовлетворительные турбины. В 1910/11 г. анкетным порядком число турбин в России (кроме Финляндии) было определено в 3688 с общей мощностью в 123 441 HP [21]. В настоящее время турбины выпускают [22]: завод в Кургане (б. Балакшина), Московский машиностроительный трест [23] и Ленингр. машиностроительный трест. Для испытания моделей Моск. трест оборудовал специальную станцию при гидравлич. лаборатории Моск. высшего технич. училища; за 1924—28 гг. им выпущено свыше 100 турбин, мощностью около 18 000 HP, стоимостью 80 к. + 1 р. 30 к. за кз. Ленингр. трест также строит собственную лабораторию; за 1923—28 гг. он выпустил 45 турбин на 33 000 HP. Исполненные турбины (типов до  $n_n=800$ ) обоих э-дов имеют достаточно высокий кпд и по качеству равняются с zahraniчными; из числа исполненных ими можно назвать турбины станций: Волховской (вспомогательные,  $H=10,5$  м,  $N=1\ 600$  HP,  $n=150$ ), Сызранской ( $H=13$  м,  $N=1\ 180$  HP,  $n=300$ ), Земонавчальской ( $H=19,8$  м,  $N=4\ 500$  HP,  $n=214$ ), Джарахорской (в работе,  $H=127$  м,  $N=1\ 400$  HP,  $n=1\ 000$ ).

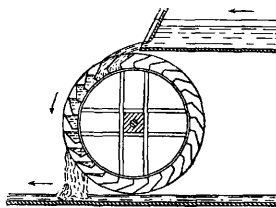
II. Водостолбовые машины состоят из цилиндра и движущегося в нем поршня, который связан кривошипным механизмом с валом. Вода, подводимая по трубопроводу к золотниковой коробке, давит то на одну, то на другую сторону поршня и, двигая его взад и вперед, вращает вал всегда в одном направлении, пока не перекинут золотник. Обработанная вода стекает в водосток. Во избежание остановки машины в мертвых точках, необходимо иметь на валу маховик или работать на один вал 2, 3 цилиндрами при сдвинутых кривошипах. Конструкция и процесс работы сходны с таковыми у паровой машины; существенное отличие их— постоянство объема



Фиг. 18.

воды при разных давлениях; это является слабой стороной машины: из-за быстрого или не вполне своевременного закрытия или открытия золотниковых окон получаются в трубопроводе и цилиндре гидравлические удары (внезапные и сильные изменения давления), расстраивающие машину. Водостолбовые машины в настоящее время употребляются редко и применяются только в судовых и портовых устройствах в теплом климате. Одна из конструкций, а именно машина Брезергуда (для привода лебедок), изображена на фиг. 18: она состоит из 3 цилиндров с поршнями и шатунами, работающими на одну шейку коленчатого вала; распределение воды производится золотником, вращаемым одним из концов вала; кпд ~ 0,7.

**III. Водяные колеса,** старейшие из гидравлических двигателей, работают преимущественно весом воды, заключенной в ковшах или между лопатками одной стороны колеса; другая сторона, с пустыми ковшами, легче первой, и благодаря разности весов получается вращение. Т. к. существуют водяные колеса, действующие скоростной энергией воды (подливные, пловучие), то существенным различием между турбинами и колесами является:



Фиг. 19.

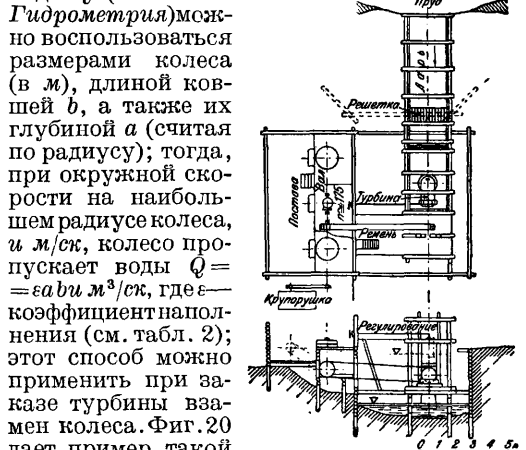
у турбин — прохождение водой каналов между лопатками насквозь, а у колес — выход воды из ковшей через те же отверстия, через которые вода поступила в ковши. Одним из древнейших типов колес надо считать употребительное до сих пор на Кавказе и в Туркестане восточное колесо, состоящее из вала с укрепленными на нем перьями, в которые бьет струя, стекающая по очень крутому желобу или деревянной трубе — прообраз турбины Пельтона. Машина-орудие (постав, обдирка, толчая) сидит на валу такого колеса. Среди главнейших европейских конструкций (всегда горизонтальных) различают колеса: наливное (верхнебойное), среднебойное, подливное (нижнебойное, или пошвенное) и пловучее. В наливном колесе (фиг. 19) подведенная желобом вода падает струей в ковши верхней части колеса и выливается из них внизу. В среднебойном вода подводится около середины задней половины колеса, вытекая из желоба через водослив или отверстие в щите. Низ такого колеса окружается при небольшом зазоре круглым кожухом. Подливные колеса имеют выпуск из-под щита почти наравне с низом колеса; вода при выпуске из желоба имеет значительную скорость, и колесо использует гл. обр. ее живую силу. Все эти колеса, по сравнению с их мощностью, очень громоздки и тихоходны; их  $n_s = 0,4 \div 30$ ; обычные мощности — до 60 л.с., хотя бывают и больше; наиболее мощными в мире были колеса в Нарве на реке Нарове с  $N = 450$  л.с. и  $n_s = 1,15$ ; около 1870 года они были заменены турбинами Жонваля в 1 200 л.с. при  $n_s = 165$ , и, наконец, в последние годы — турбинами Френсиса. Колеса сами по себе обладают неплохими кпд, но много энергии теряется в сложных передачах (обычно посредством зубчатых колес) к более быстроходным машинам. Они хорошо регулируются, но очень чутки к переменам горизонтов верхней и нижней воды; при падении верхнего горизонта (в пруде) вода оказывается ниже дна желоба и не поступает в колесо; при поднятии нижнего — колесо тормозится, ударяя лопатками по воде. Наконец, зимой колеса часто обмерзают. Все это привело к вытеснению колес турбинами. Названные типы колес годны для разных напоров  $H$  (табл. 2).

Пловучее колесо, являясь разновидностью подливного, устанавливается в быстрых реках на двух барках (реже — между

Табл. 2.— Основные данные для водяных колес.

Вид колеса	$H$ в м	$Q$ в м <sup>3</sup> /сек	$\epsilon$ (коэфф. наполнения)	$\eta$
Наливное . . . . .	2,5—12	0,1—1,0	0,25—0,5	0,5—0,75
Среднебойное . . . . .	1,7—9	0,1—3,0	0,5	0,4—0,75
Подливное . . . . .	до 1,8	1,0—5,0	0,5	0,3—0,5

козлами); нижние лопасти колеса увлекаются водой и вращают колесо; плотина отсутствует. Такие колеса дают ничтожную мощность, т. к. текущая вода без напора несет мало энергии. За границей до распространения турбин находили некое применение усовершенствованные системы колес среднебойных (Сажебьена, Цуппингера), подливных (Понсле) и пловучих (Коллядона). В СССР огромное большинство колес (а также и зубчатые передачи к жерновам) изготовлены из дерева; это представляет главное достоинство колес: они дешевы, так как изготавливаются плотниками из местного материала. Железные колеса на крупных заводах заменены турбинами. Количество колес в СССР огромно; по анкете 1910/11 года насчитано было в России (кроме Финляндии) 45 092 колесных установок с 467 066 л.с. Замена этих колес турбинами, хотя бы частичная (использование самых мелких мощностей теперь не окупается), была бы выгодна, так как имеются готовые плотины и пруды. При определении мощности существующих колес можно исходить из напора  $H$ , расхода  $Q$  и кпд  $\eta$ . Для определения расхода  $Q$  (см. также



Фиг. 20.

Гидрометрия) можно воспользоваться размерами колеса (в м), длиной ковшей  $b$ , а также их глубиной  $a$  (считая по радиусу); тогда, при окружной скорости на наибольшем радиусе колеса, и м/сек, колесо пропускает воды  $Q = \epsilon a b v$  м<sup>3</sup>/сек, где  $\epsilon$  — коэффициент наполнения (см. табл. 2); этот способ можно применить при заказе турбины взамен колеса. Фиг. 20 дает пример такой замены трех наливных колес (диам. 2,4 м,  $a = 0,22$  м,  $b = 1,1$  м,  $n = 12-15$  об/м.,  $n_s \approx 8$ , мощность каждого — около 3 л.с.) одной горизонтальной водяной турбиной ( $D_1 = 0,6$  м,  $n = 175$ ,  $n_s = 222$ ,  $N = 22$  л.с.); напор  $H = 2,85$  м. Передача от каждого колеса к каждый постав мельницы цевочными колесами заменена ременной передачей на приводный вал и от него — коническими шестернями на три веретена поставов.

Лит.: <sup>1)</sup> Щапов Н. М., Характеристики водяных турбин, «ВИ», 1925, стр. 165; <sup>2)</sup> е го же, Подбор водяных турбин, там же, стр. 324; <sup>3)</sup> «Бюллетени Волховской гидроэлектрич. силовой установки», Л.,

1924, 3; \*) там же, 1926, 7; \*) там же, 6; \*) Жданко А., Описание и хроника установки турбины «А» на Волховск. гидроэлектр. станции, «Техника и производство», Л., 1928, 2—3; \*) Малышев М. В., Опыт проекта русских правил испытания гидроэлектр. станций, там же, 1927, 3; \*) е го же, Испытания оборудования гидроэлектрических станций, там же, 1926, 11—12; \*) Samerer R., Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen, 2. Aufl., Lpz., 1924; \*) Grün K., Das Einformen v. Francis-Turbinen-Rädern, «Maschinen-Konstrukteur», Leipzig, 1927, p. 60; \*) Москвитин И. И. и Романский Э. И., Вода как источник энергии, «Поверхность и недра», П., 1917, т. 2, 2—6; \*) Видлат А. Ю., Турбиностроение, «ВИ», 1927, 12, стр. 539; \*) Московск. машиностроительный трест, Годовой обзор за 1923/24 опер. год и перспективы развития машиностроения, М., 1924.

Тиме А. И., Курс гидравлики, т. 2.—Гидравлич. двигатели, СПб, 1891; Астров А. И., Водяные турбины, Атлас конструкт. чертежей, М., 1905; е го же, Водяные турбины, 2 изд., М., 1907; Проскура Г. Ф., Водяные турбины, 2 издание, Харьков, 1913; Есьман И. Г., Водяные двигатели, Курск, 1913, П., 1917; Кванц П., Гидравлич. двигатели, пер. с нем., М.—Л., 1926; Пинегин В. Н., Гидравлич. двигатели, Одесса, 1928 (лучшее руководство на русск. яз. с указ. литер.); Бовин В. Т., Новейшие быстроходные турбины и установки с ними, М., 1925; Самуся А. М., Альбом примерных установок водяных двигателей, СПб, 1903; Зотовы Н. К. и А. К., Общеизвестные водяные двигатели в сельском хозяйстве. Деревянные водяные колеса, М., 1926; Зотов Н. К., Сельские водяные мельницы, М., 1927; «Электричество», М.; «ВИ»; «Техника и производство», Л.; «Американская техника», Нью Йорк; P f a g g A., Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb, 2. Auflage, В., 1912; Thoman n R., Die Wasserturbinen, ihre Berechnung und Konstruktion, Stg., 1908; Escher R. u. Dubs R., Die Theorie d. Wasserturbinen, В., 1924; Rateau A., E y d o u x D. et G a r i e l M., Turbines hydrauliques, P., 1925 (литер.); Daugherty R. L., Hydraulic Turbines, 2 ed., N. Y., 1914; Gibson A. H., Hydraulics and Its Applications, 3 ed., London, 1917; Lo Presti M., Le turbine idrauliche, Milano, 1922; Knoke J. O., Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes, 2. Auflage, Berlin, 1899; «Z. d. VDI»; «Wasserkraft u. Wasserwirtschaft», Mch.; «Schweizerische Bau-Ztg», Zürich; «GC»; «La houille blanche», Grenoble; «Power», New York; «Engineering News-Record», New York; «Electrical World», N. Y.; «Engineering», London; «Teknisk Tidsskrift», Stockholm; «L'Electrotecnica», Milano. **Н. Шапов.**

**Техника безопасности.** Наиболее неблагоприятными с точки зрения безопасности являются водяные колеса, выполняемые, как общее правило, кустарным способом. При неплотности щита (затвора) колесо может неожиданно притти в движение и причинить увечье. В виду этого плотность щитов является первым условием безопасности. На случай же нарушения плотности необходимо иметь устройство, которое отводит просачивающуюся воду мимо колеса. Пол около колеса, равно как и ведущая на него лестница, д. б. очищаемы зимой от льда. Последняя, так же как и лестницы в камерах водяных турбин, должны иметь перила высотой не менее 1 м со сплошной зашивкой внизу на 18 см. Водоподводящая труба турбины должна иметь регулятор, не допускающий повышения скорости воды выше предельной, или же надежное задерживающее приспособление, рассчитанное на полную мощность турбины. **П. Синев.**

**ДВИГАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ,** двигатели внутреннего сгорания, работающие на жидком топливе, в которых топливо впрыскивается в цилиндр двигателя в конце сжатия и воспламеняется от высокой  $t^{\circ}$  сжатого воздуха, сгорая при постоянном давлении (см. *Двигатели внутреннего сгорания*). Окончательное конструктивное оформление Д. Д. получил к концу прошлого столетия в результате упорной многолетней работы двух заводов: Аугсбургского машиностроительного и

з-да Круппа. Конструкция Д. Д., разработанная этими заводами, является образцом, с к-рого все остальные з-ды путем незначительных переделок копируют свои модели. Подготовка сжатого воздуха отдельным компрессором и конструкция последнего, пуск в ход двигателя, регулировка топливного насоса, расположение клапанов, тип смазки, А-образная станина для вертикальных двигателей, конструкция цилиндра и крышки, конструкция форсунки—оставлены во всех дизелях, строящихся разными заводами, без существенных изменений. В зависимости от промышленного задания, Д. Д. осуществляются быстроходным или тихоходным, вертикальной или горизонтальной конструкции, одно- или многоцилиндровым, простого или двойного действия. Расположение цилиндров многоцилиндровых вертикальных машин м. б. в ряд путем монтажа нескольких А-образных станин, поставленных на общую основную плиту, в к-рой расположен коленчатый вал, или же путем монтажа соответствующего числа цилиндров через картерную станину на ту же плиту. Горизонтальный тип машины в многоцилиндровом исполнении встречается с расположением цилиндров в ряд или друг за другом—типа тендем. Все указанные разновидности Д. Д. строятся как для работы по четырехтактному циклу, так и по двухтактному, причём для последних типов предусматривается специальный продувочн. насос. Бескомпрессорные двигатели Дизеля с механическим распыливанием топлива получили всеобщее признание как для применения их в стационарных промышленных установках, так и для транспортирующих машин, в особенности для морского и речного судоходства.

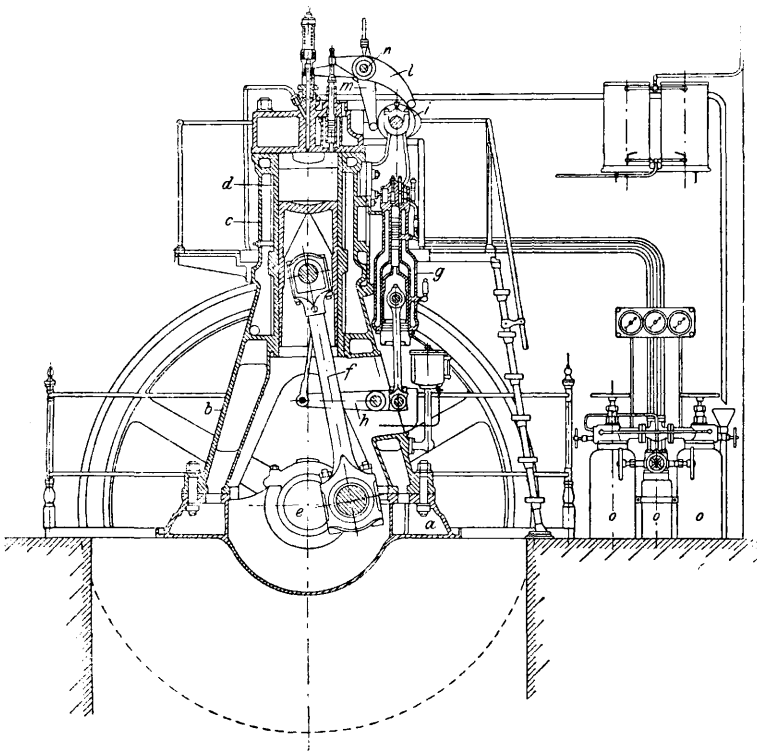
## 1. Основные конструкции двигателей Дизеля.

Типовой конструкцией двигателей Дизеля является конструкция, созданная Аугсбургским машиностроительным заводом (фиг. 1). На основной плите *a* в плоскости вращения кривошипов монтируются А-образные станины *b*, отлитые в одно целое с водяными охлаждающими рубашками *c*. Рабочую поверхность цилиндра составляет запрессованная в станину чугунная втулка *d*. Коленчатый вал *e* расположен внизу и опирается на подшипники, нижняя часть которых отлита в одно целое с основной плитой *a*. Кривошипный механизм выполнен без направляющих, и боковые усилия от конечной длины шатуна *f* передаются поршнем непосредственно на цилиндр. На станине сбоку укреплен двухступенчатый компрессор *g*, обеспечивающий двигатель сжатым воздухом, необходимым для распыливания топлива и пуска двигателя в ход. Движение поршню компрессора передается от шатуна *f* помощью двух серег через балансир *h* и компрессорный шатун. Распределительный вал *i* укреплен на станине на уровне крышки цилиндра и вращается с числом оборотов вдвое меньшим, чем коленчатый вал, помощью двух пар винтовых шестерен через вертикальный промежуточный вал, на к-ром монтирован регулятор. Два рычага *l* и *m* посажены на эксцентрик *n* таким образом, что по желанию могут быть включены или



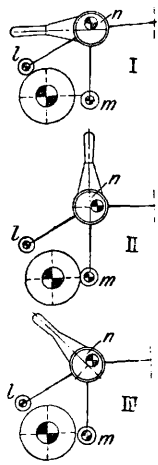
пусковой рычаг *l* (фиг. 2, I), или форсуночный *m* (фиг. 2, II), или выключены оба рычага (фиг. 2, III), что соответствует остановке

(который делается обычно двухступенчатым), д. б. достаточны для подачи необходимого количества воздуха. В малых двигателях объем ступени низкого давления берется около  $\frac{1}{15}$  объема цилиндра, в больших—около  $\frac{1}{20}$ . Как видно из фиг. 3, цилиндр делается со вставной, отличной отдельно, втулкой *b*, которая при нагревании во время работы удлиняется вниз, вследствие чего  $t^\circ$ -ные деформации перестают быть опасными. Вставная втулка дает возможность применять для цилиндра и рубашки разные материалы соответственно предъявляемым к ним требованиям. Охлаждающая вода подводится снизу в рубашку с двигателя, затем через перепускной клапан в крышку *d* цилиндра, откуда отводится через верхний фланец. Диаметр поршня *e* вверху несколько уменьшен (зазор 1—2%), чтобы избежать возможности заклинивания при сильном нагреве. Крышка *d*, в которой расположены клапаны, сделана высокой как из соображений прочности, так и из-за могущих воз-



Фиг. 1.

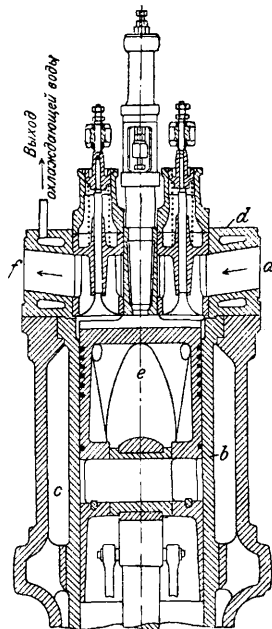
двигателя. При пуске двигателя в ход включают при помощи рукоятки пусковой клапан, через который предварительно сжатый компрессором воздух поступает в цилиндр и приводит в действие машину. После нескольких оборотов пусковой клапан выключается, и обратным поворотом рукоятки включается клапан форсуночный. Двигатель работает по четырехтактному циклу: при первом ходе поршня вниз засасывается чистый воздух, который при обратном ходе сжимается до 30—34 atm. За 8—9° до верхней мертвой точки распыливается воздух, и поданное несколько раньше топливо вдувается в цилиндр, распыливается и воспламеняется от соприкосновения с сжатым горячим воздухом. Подъем иглы и время открытия (40—50°) остаются постоянными при всяких нагрузках. Когда поршень идет вниз (3-й такт), происходит сгорание и расширение газов, и за последний ход поршня вверх (4-й такт)—выталкивание продуктов сгорания. Компрессор для воздуха имеет водяное охлаждение, что является необходимым в виду высоких  $t^\circ$  воздуха, сжатого до 60—70 atm. Размеры компрессора



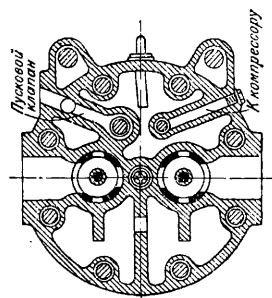
Фиг. 2.

никнуть  $t^\circ$ -ных деформаций, а также и для более удобного размещения впускного канала *a* и выпускного *f*. Форсунка дизеля (фиг. 4) состоит из медной трубки *a*, через к-рую проходит стальная игла *b*. На трубке насажены кольца *c* с отверстиями, просверленными так, что на четных кольцах они расположены по периферии, а на нечетных—внутри. Кольца покоятся на медном конусе *d*, по образующим которого нанесены продольные канавки. Подаваемое топливо ложится на эти кольца. При вдувании распыливающего воздуха, под постоянным давлением которого находится форсуночная камера, поданное топливо в момент поднятия иглы устремляется через отверстия по синусоидальным линиям, при чем струи пересекаются под углом и интенсивно распыливаются. Игла форсунки прижата к седлу сильной пружиной, рассчитанной на давление в 100 atm; этим обеспечивается плотное прилегание иглы к седлу. Регулирование производится изменением количества подаваемого топлива, количество же рабочего воздуха, подъем и время открытия иглы остаются постоянными при всякой нагрузке. Таким образом меняется состав смеси. На фиг. 5 дана схема топливного насоса дизеля. Процесс регулирования осуществляется следующим образом. Плунжер *a*, работающий от эксцентрика *b* распределительного вала, имеет все время один и тот же размах. При подъеме плунжера *a* топливо засасывается через клапан *c*, при опускании плунжера топливо нагнетается

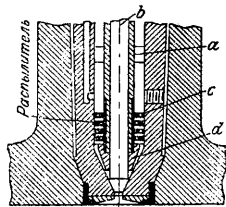
через клапан *d*. Нагнетание начинается с того момента, когда клапан *c* сел на седло. При возрастании числа оборотов регуляторная муфта *e* поднимается и тянет связанные с ней рычаги *f* и *g*, благодаря чему выступ *i* рычага *g* упирается в клапан *c* и не дает ему сесть на седло, пока плунжер *a*, опускаясь, не отведет рычаг *g*. Чем больше число оборотов, тем выше поднимается муфта *e*, тем дольше будет открыт клапан *c*, и, следовательно, больше топлива возвратится через него в резервуар. На фиг. 6 дана схема регулирования при горизонтальном положении насоса; эксцентрики *a*, а непосредственно насажены на регуляторный вал; подъем регуляторной муфты *b* изменяет положение детали *d*, что влечет за собою



Фиг. 3.



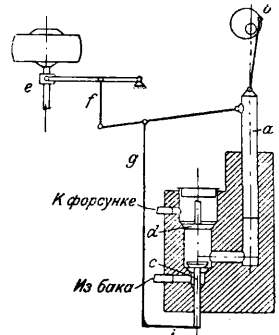
Фиг. 4.



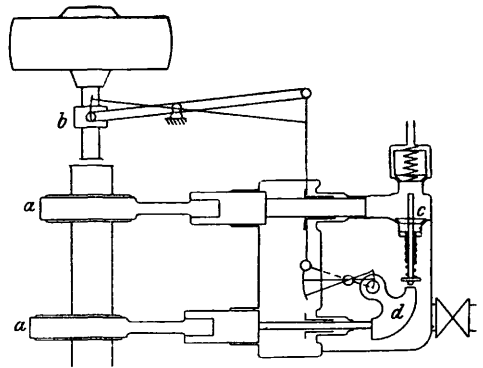
воздух до 5—10 *atm*, ступень же высокого давления компрессора — до 40—70 *atm*.

Общее расположение вспомогательных приспособлений видно на фиг. 1. Компрессор *g* качает воздух в стальные баллоны *o*, из которых два большие являются пусковыми,

а третий—форсуночным. Все три баллона связаны между собою вентилями, и давление в них регулируется таким образом, чтобы в одном из запасных оно стояло на уровне 70 *atm*. В пусковом баллоне давление в момент пуска в ход двигателя не должно превосходить 50 *atm*, в баллоне, питающем форсунку, в этот момент давление не д. б. выше 40—45 *atm*. По мере разгона машины в зависимости от нагрузки, в баллоне устанавливается должное давление. После пуска двигателя в ход компрессор одновременно накачивает воздух в два сосуда, пополняя убыль воздуха в пусковом резервуаре и поддерживая количество воздуха в резервуаре, питающем форсунку. По опытам автора в лабораториях двигателей внутреннего сгорания Московского высшего технического училища, выяснилось, что каждому данному условию работы машины, в зависимости от крутящего момента и числа



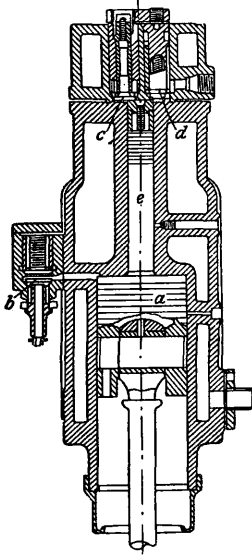
Фиг. 5.



Фиг. 6.

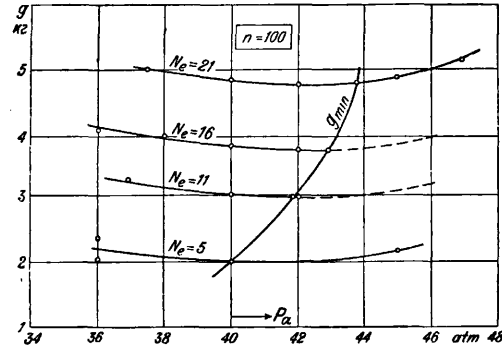
оборотов ее, соответствует определенное давление распыливающего воздуха  $p_a$ , при котором расход топлива получается минимальным. На фиг. 8 дана зависимость расхода топлива от давления распыливающего воздуха Д. Д. в 40 НР при 100 об/мин. Аналогичные диаграммы получены и при других числах оборотов. На фиг. 9 приведена сводка всех опытных данных этого двигателя, дающая давление  $p_a$  распыливающего воздуха, соответствующее минимальному расходу топлива при заданных условиях работы, в зависимости от числа оборотов  $n$  и нагрузки машины  $N_e$ . Для машин большей мощности эти значения не меняются при той же конструкции форсунки. На фиг. 10 даны нормальные диаграммы Д. Д. при разных нагрузках. Получить сгорание точно по линии  $p = \text{Const}$  трудно, и, как видим, это достигается только при нормальной нагрузке. При перегрузках давление сгорания даже повышается, при переходе же к нагрузкам, меньшим нормальной, линия

сгорания приближается к изотерме ( $\frac{2}{3}$  нормальной нагрузки) или с еще более понижающимся давлением ( $\frac{1}{2}$  нагрузки и меньше). Точно регулировать протекание линии сгорания по  $p = \text{Const}$  для двигателя нормальной конструкции с постоянным подъемом иглы трудно; отчасти оно зависит от давления распыливающего воздуха: чем больше это давление, тем ближе кривая сгорания подходит к  $v = \text{Const}$ , чем меньше давление, тем кривая ближе к  $T = \text{Const}$ . Вообще же давление распыливающего воздуха выбирается таким образом, чтобы кривая сгорания была возможно ближе к виду  $p = \text{Const}$ . Сгорание зависит и от подбора отверстий форсунки; обычно размеры этих отверстий колеблются от 4 до 8 мм в зависимости от мощности двигателя. На фиг. 11 приведены 2 диаграммы — для верхней и нижней ступеней компрессора. Обычно обе ступени компрессора выбираются так, чтобы работа их была одинакова. Это достигается подбором одинаковых отношений давлений в каждой ступени ( $\sim \frac{1}{8}$ ). На фиг. 12 даны кривые расхода топлива на эффективный ( $g_e$ ) и индикаторный ( $g_i$ )



Фиг. 7.

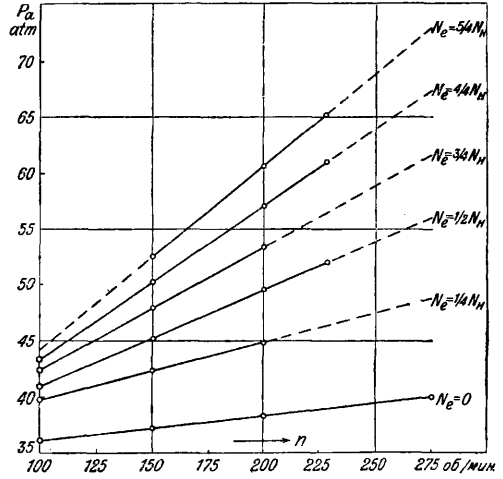
расхода топлива на эффективный ( $g_e$ ) и индикаторный ( $g_i$ )



Фиг. 8.

силовас; с уменьшением нагрузки индикаторный расход уменьшается, но ухудшающийся при этом механический КПД имеет преобладающее значение, и расход на эффективный силовас сильно растет при значительных недогрузках. В течение двух десятилетий конструкция Д. Д., разработанная Аугсбургским заводом, служила образцом, все элементы которого лишь с отдельными незначительными конструктивными изменениями встречались в машинах других з-дов. Дальнейший путь упрощения конструкции, повышения надежности работы и облегчения ухода за двигателем заключается в осуществлении цикла Дизеля с распыливанием то-

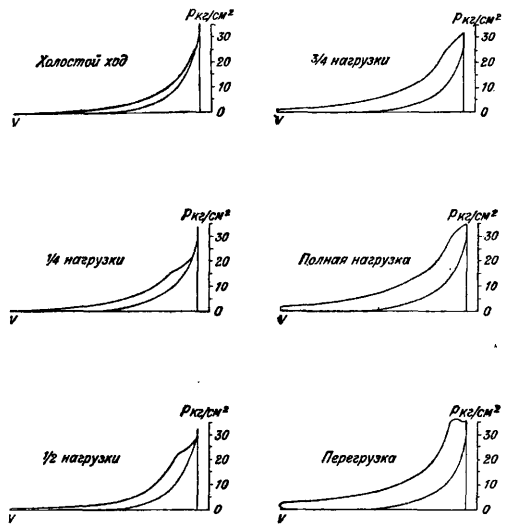
плива без помощи сжатого воздуха. Благодаря этому отпадает компрессор, служивший причиной частых неполадок и затруднений в эксплуатации. Таким образом был создан бескомпрессорный Д. Д. В полном объеме



Фиг. 9.

эту задачу удалось разрешить лишь за последнее десятилетие. В компрессорном Д. Д. распыливание топлива и распределение его в заряде воздуха, сжатого в цилиндре, производится за счет энергии сжатого компрессором воздуха. В бескомпрессорном Д. Д. распыливание топлива достигается следующими мероприятиями.

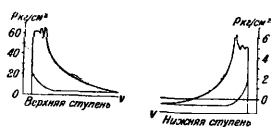
1) Распыление и распределение заряда топлива в сжатом в цилиндре воздухе путем повышения давления распыливания. В этом случае энергия сжатого воздуха заменяется энергией находящегося под высоким давлением топлива и



Фиг. 10.

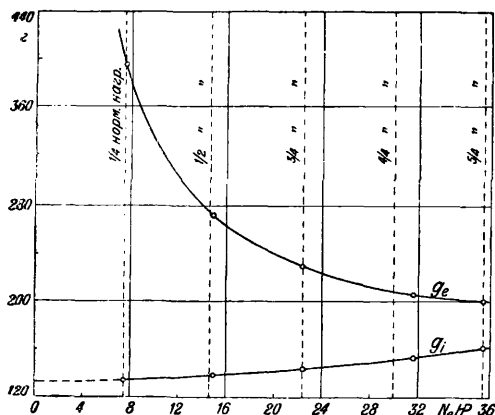
работа распыливания совершается топливным насосом, при чем давление топлива в насосе может достигать нескольких сот atm.

Примерами машин, работающих по этому принципу, являются бескомпрессорные Д.Д. заводы Виккерс и Аугсбургского машиностроительного. В машине фирмы Виккерс (фиг. 13) топливо насосом с подается в стальной аккумулятор *a*, где находится под давлением сильной пружины *d*; форсунка имеет иглу *e*, управляемую от распределительного вала *b* (закрытая форсунка). Давление распыливания зависит от силы пружины *d* в аккумуляторе. Схема топливоподачи бескомпрессорных машин Аугсбургского машиностроительного завода (фиг. 14) чрезвычайно проста. Форсунка *a*, выполненная без всяких подвижных



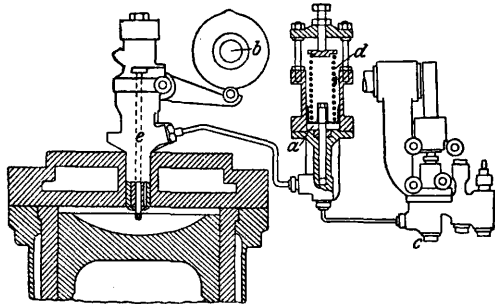
Фиг. 11.

деталей, имеет несколько отверстий (4—5) весьма малого диаметра, распределяющих струи топлива по объему пространства сжатия. Форсунка соединена коротким толсто-стенным трубопроводом *b* с насосом. Благоприятному протеканию процесса сгорания содействует очертание поршня *c*, имеющего вогнутое днище почти полусферической формы, благодаря чему все струи топлива находятся в одинаковых условиях для сгорания и не могут слишком рано попасть на стенки, замыкающие камеру сгорания. Распределение по времени момента впрыска топлива производится топливным насосом *d*, из-за



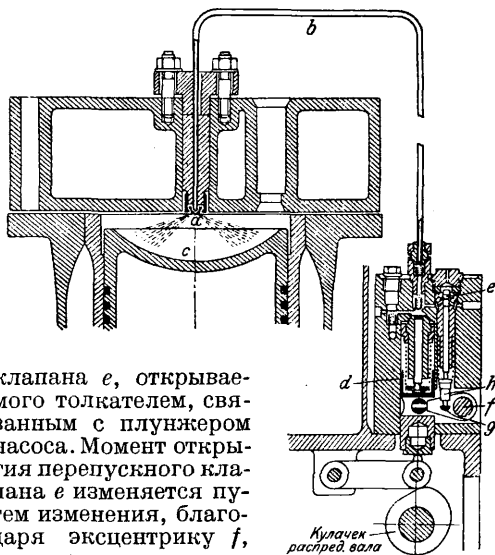
Фиг. 12.

чего пришлось отказаться от общепринятого в компрессорных дизелях метода регулирования количества подаваемого топлива



Фиг. 13.

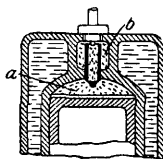
за счет изменения начала подачи насоса и, оставив постоянным момент начала подачи топлива, изменять его количество за счет изменения момента конца подачи. Конструктивно изменение момента конца подачи топлива достигается путем перепускного



Фиг. 14.

клапана *e*, открываемого толкателем, связанным с плунжером насоса. Момент открытия перепускного клапана *e* изменяется путем изменения, благодаря эксцентрику *f*, положения неподвижной точки рычага *g*, связанного, с одной стороны, с плунжером насоса, а с другой стороны, — с толкателем *h*, открывающим перепускной клапан.

2) Предкамерное распыление топлива за счет частичной вспышки топлива в особой камере, составляющей часть пространства сжатия (двигатели с предварительной камерой — Vorkammermaschinen). Пространство сжатия в моторах этого



Фиг. 15.

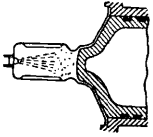


Фиг. 16.

типа (фиг. 15) разделено на две части: основную *a*, содержащую большую часть рабочего воздуха, и камеру *b* предварительной вспышки. Последняя, смотря по конструкции машины, либо полностью либо частично охлаждается водой и соединяется с основной частью пространства сжатия каналами относительно узкого сечения. Топливо впрыскивается в предварительную камеру, где частично сгорает, и за счет повышения давления в камере происходит распыливание несгоревшей части топлива в основной массе воздуха, согласно сдвинутой диаграмме (фиг. 16). Этот принцип подачи топлива осуществляется как с открытой, так и с закрытой форсункой.

3) Распределение топлива в воздухе за счет энергии вихревого движения воздуха. Засосанный в цилиндр воздух во время заполнения

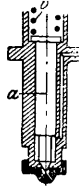
цилиндра или сжатия приводится в энергичное вихревое движение. В конструкции фирмы Дейц (фиг. 17) вихревые движения в камере сжатия вызываются перед самым концом хода сжатия тем, что насадок поршня, входящий с небольшим зазором в соответствующе образованную горловину головки, делит сжимаемый заряд воздуха на два объема: основной, заключенный в головке, и кольцевой между днищем поршня и стенкой головки.



Фиг. 17.

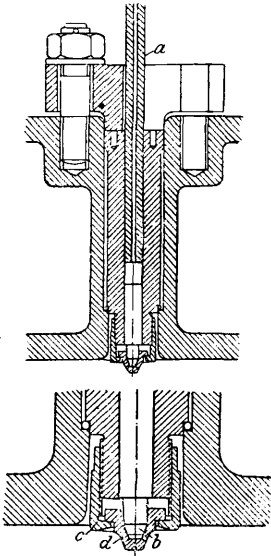
Более быстрое повышение давления в последнем объеме вызывает перетекание воздуха с большой скоростью в головку; при этом образуются интенсивные вихри, подхватывающие и распределяющие по всему рабочему воздуху поступающее из форсунки топливо.

Форсунки бескомпрессорных двигателей выполняются закрытого типа с иглой, при чем подъем иглы производится или от распределительного вала при помощи рычага или за счет давления топлива, создаваемого насосом. В последнем случае игла *a* (фиг. 18) выполняется в виде дифференциального поршенька, момент подъема иглы определяется равенством усилия пружины *b* давлению топлива на кольцевую поверхность иглы.



Фиг. 18.

Открытые форсунки, т. е. без замыкающей иглы, подобны форсункам з-да MAN (фиг. 14 и 19). Форсунка, представленная на фиг. 19, связана с насосом толстостенной трубкой *a*, проходящей через всю форсунку и имеющей на конце

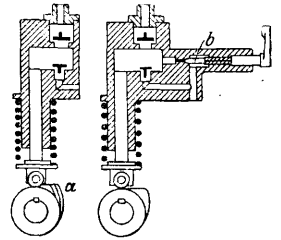


Фиг. 19.

шины щели, открываемой иглой, в форсунку попадает большее или меньшее количество топлива. Процесс бескомпрессорного двигателя отстает от теоретическ. цикла Дизеля по линии сгорания; в начале процесса сгорания оно происходит по линии постоянно-

го объема, с значительным повышением давления и с постепенным переходом на сгорание при постоянном давлении. Повышение давления получается в пределах  $10 \div 15 \text{ atm}$ . Т. о., процесс подходит под смешанный цикл (см. *Двигатели внутреннего сгорания*).

Степень сжатия осуществляется меньше, чем в нормальных компрессорных дизелях, в виду чего давление сжатия получается около  $25 \text{ atm}$  против  $30 - 34 \text{ atm}$ , обычно встречающихся в компрессорных машинах, что, как показал опыт, вполне обеспечивает вспышку даже в холодных машинах при пуске их в ход. Механическ. кпд бескомпрессорных дизелей достигает значения  $\eta_m = 0,85$  против  $\eta_m = 0,72 - 0,8$  у компрессорных машин.



Фиг. 20.

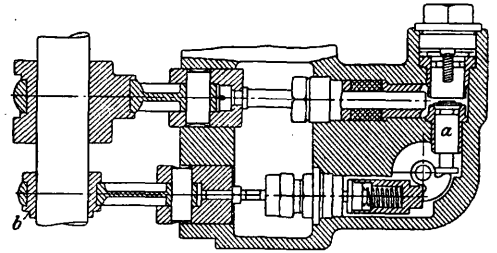
Фиг. 21.

Расход топлива на индикаторную силу у машин компрессорных и бескомпрессорных примерно одинаков, но в виду улучшения механической отдачи у бескомпрессорных машин расход на эффективную силу заметно ниже, достигая  $165 \text{ г}$  на эффективный силочас, что соответствует экономическому кпд  $\eta_e = 0,375 \div 0,387$ .

Общую схему установки двигателей Дизеля см. на вкладном листе.

## II. Двигатели Дизеля с пневматическим распыливанием.

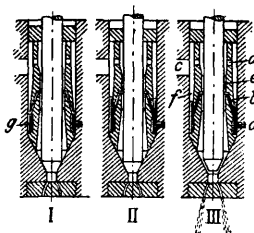
**Четырехтактные вертикальные двигатели.** Двигатель Дизель-Полья. Для этого шведского двигателя характерны: усиленная А-образная станина, регулирование подачи топлива по типу завода Зульцер, специальная форсунка по патенту Гессельмана и применение при многоцилиндровом исполнении одного насоса, работающего через редуктор. Остальное расположение частей



Фиг. 22.

двухступенчатого компрессора и всего распределения являются обычным, близким к прототипу Аугсбургского з-да. Регулировка топливного насоса этого двигателя (фиг. 22) осуществляется по описанной выше схеме (см. фиг. 6) путем перенуски топлива через всасывающий клапан *a*, с тем отличием, что плоский регулятор непосредственно действует на изменение угла опережения эксцентрика *b* и тем изменяет момент посадки всасывающего клапана. На фиг. 23 представлена схема форсунки-распылителя Гессельмана, действие которой сводится к сле-

дующему: перед подачей свежей порции оставшееся от предыдущей вспышки топливо, подаваемое через канал *a*, покоится в кольцевом пространстве *g* согласно схеме I. Во время всасывающего хода двигателя Дизеля топливный насос подает свежую порцию топлива, которое располагается согласно схеме II. В этой форсунке, как и в обычной конструкции Аугсбургского завода, топливный насос работает против полного давления распыливающего воздуха, подаваемого по каналу *c*. Статич. давление сжатого воздуха передается через

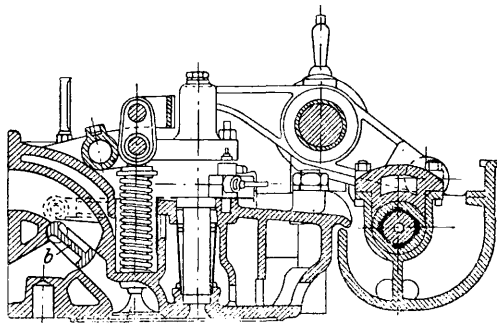


Фиг. 23.

кольцевое пространство *f* на уровень топлива. Протекающий же во время открытия иглы с большой скоростью через окна *d* по кольцевому пространству *e* форсунки воздух производит в последнем за счет приобретенной кинетической энергии сильное разрежение, поднимая топливо по каналу *b*, согласно схеме III, к струе выходящего воздуха, чем производится интенсивное его распыливание. Эти форсунки отличаются большой простотой выполнения и надежностью в работе, гарантируя расход топлива не свыше более сложной аугсбургской форсунки.

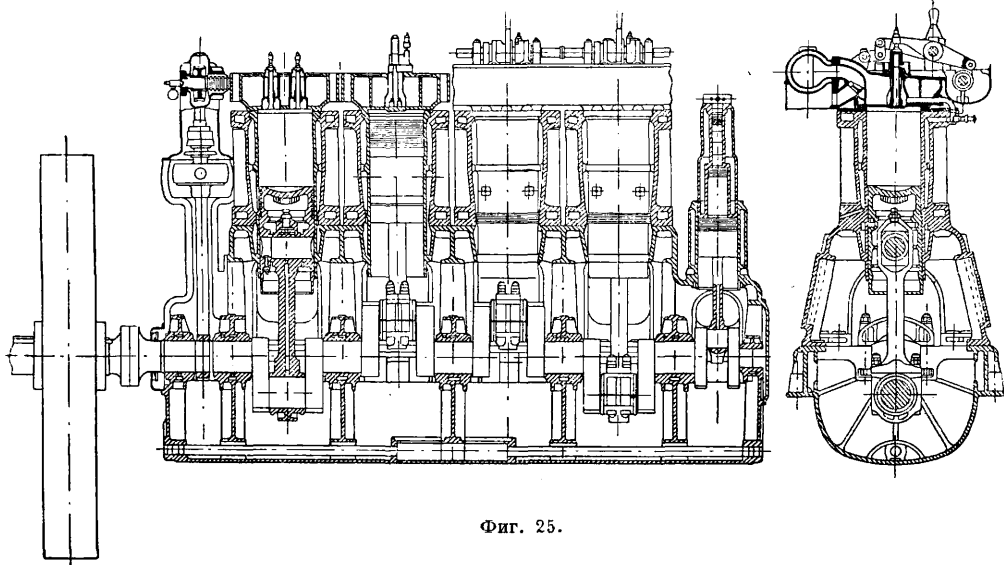
Двигатель завода Франко-Този. Новые, весьма интересные идеи вложены в конструкции четырехтактных двигателей Дизеля итальянского завода Този. Игла форсунки приводится в движение не непосредственно от рычага, а через толкатель и

форсунка герметически закрыта, при чем нижняя часть толкателя служит запорным органом. За крайне непродолжительный процесс распыливания, занимающий лишь 35—40° по углу поворота кривошипа, достаточным является наличие на толкателе ряда кольцевых заточек, играющих роль лабиринтного уплотнения. Органы распределения всасывания и выхлопа получили в данном двигателе также весьма интересное осуществление: два клапана *a* (фиг. 24), связанные между собой в своих движениях, выполняют функции как всасывающего, так и выхлопного клапанов. Дальнейшим органом распределения является заслонка *b*, соединяющая попеременно пространство над клапаном то с всасывающим, то с выхлопным трубопроводом, получающая свое качательное движение от распределительного



Фиг. 24.

вала помощью тяги и эксцентрика. Этой конструкцией завод достигает охлаждения клапана, управляющего выпуском, холодным всасываемым воздухом и тем увеличивает



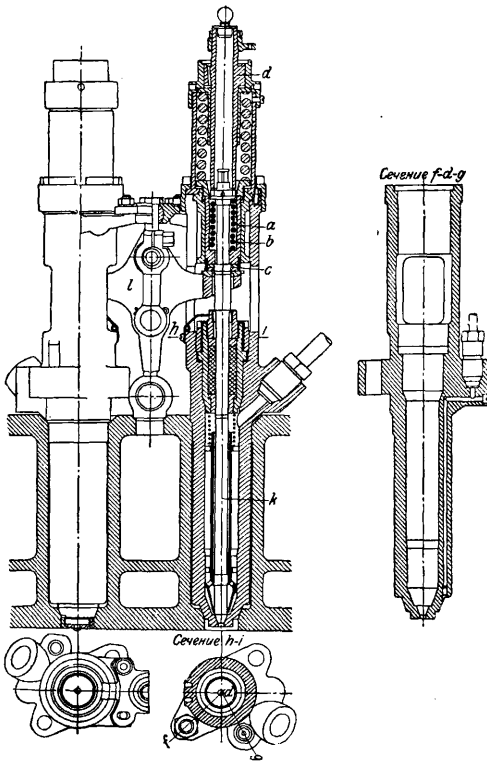
Фиг. 25.

рычажок. Благодаря этой конструкции необходимость в уплотняющем сальнике для иглы отпадает, что устраняет одну из наиболее частых причин неисправностей в форсунке. Во время ходов выталкивания, всасывания, сжатия и процесса расширения

надежность работы машины. На фиг. 25 даны продольный и поперечный разрезы четырехцилиндрового 200-сильного двигателя Дизеля завода Този.

Быстроходный четырехтактный двигатель Аугсбургского

машиностроительного з-да (MAN). Для подводных лодок получили применение гл. обр. четырехтактные быстроходные двигатели внутреннего сгорания. Условия, требующие наличия машины по возможности



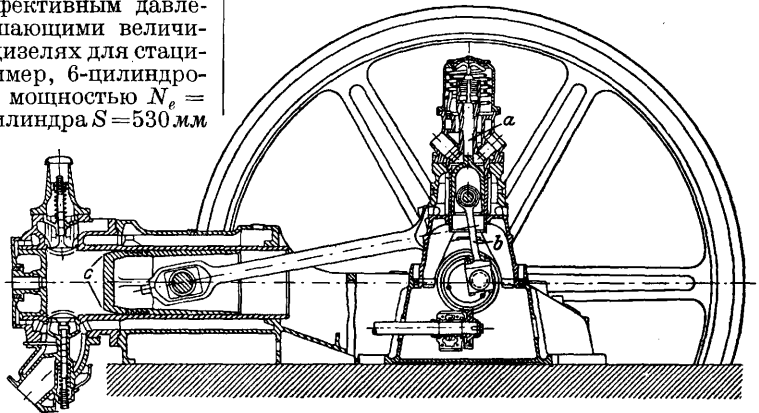
Фиг. 26.

компактной, заставили двигатели данного назначения создавать возможно быстроходными, с наименьшими габаритными размерами, в особенности по высоте, с литражной мощностью и средним эффективным давлением, значительно превышающими величины, обычно допускаемые в дизелях для стационарной установки. Например, 6-цилиндровая машина завода MAN, мощностью  $N_e = 1750$  HP, имеет размеры цилиндра  $S = 530$  мм и  $D = 530$  мм и число об/м.  $n = 380$ , что соответствует мощности на цилиндр 292 HP и среднему эффективному давлению  $p_e \cong 6$  atm. Выбранное из соображений уменьшения высоты машины отношение хода к диам.  $S/D = 1$  привело к плоскому и широкому пространству сжатия, которое не может быть охвачено одной форсункой; поэтому на каждом цилиндре монтировано по две форсунки (фиг. 26), подъем игл  $k$  к-рых совершается одновременно рычагом через промежуточную крестообразную деталь  $l$ , направленную в своем движении. Распыливание достигается щелевым распылителем. Время-сечение форсунки м. б. изменяемо за счет пе-

ременного подъема иглы, для чего движущаяся деталь  $l$  передается игле форсунки через втулку  $a$ , в к-рой помещена пружина  $b$ , в нормальных условиях прижимающая плечико  $c$  иглы к втулке. Подъем иглы ограничивается упором  $d$ , устанавливаемым машинистом по высоте при помощи резьбы. После соприкосновения иглы с упором дальнейшее перемещение детали  $l$  идет на сжатие пружины  $b$ , не передаваясь игле. Из соображений жесткости всей конструкции основная плита развита в высокий картер, в котором глубоко утоплены коренные подшипники. Машины описанного типа установлены на тепловозах Ю. Э.

#### Четырехтактные горизонтальные двигатели.

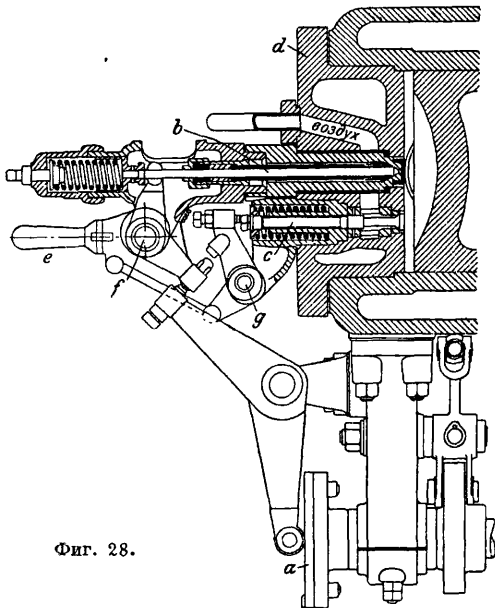
Двигатель швейцарского паровозостроительного завода в Винтертуре. На фиг. 27 представлен вертикальный разрез 50-сильного дизеля этого завода. Компрессор  $a$  установлен вертикально на общей раме двигателя и приводится в движение от дополнительного кривошипа  $b$ . Продольный горизонтальный распределительный вал приводит в движение топливный насос и его регулятор и помощью кулачковых шайб — всасывающий и выхлопной клапаны. Расположенный на торце распределительного вала кулачок приводит в движение иглу  $b$  форсунки (фиг. 28) и пусковой клапан  $c$ , монтируемые в крышке  $d$  цилиндра. Этот двигатель интересен тем, что при горизонтальном расположении цилиндра и вертикальных клапанов пространство сгорания получается того же благоприятствующего сгоранию вида, как и в вертикальном дизеле. Для этого в головке поршня имеются срезы  $e$  (фиг. 27) или карманы, необходимые для свободного движения клапанов. Переключение с пускового положения на рабочее производится от одной рукоятки так же, как и в вертикальном двигателе. Пусковая рукоятка  $e$  (фиг. 28) вращает два эксцентрика  $f$  и  $g$ ; один из них посажен на одном валу с руко-



Фиг. 27.

яткой и действует на форсуночный рычаг. а другой, связанный с рукояткой при помощи тяги, — на пусковой рычаг. На торцевой шайбе  $a$  распределительного вала расположен ступенчатый кулачок, обеспечивающий правильные открытия форсунки и пускового клапана. Сама форсунка и пусковой

клапан—нормальной конструкции. Подобно же конструктивному изменению с сохранением основного метода регулирования и

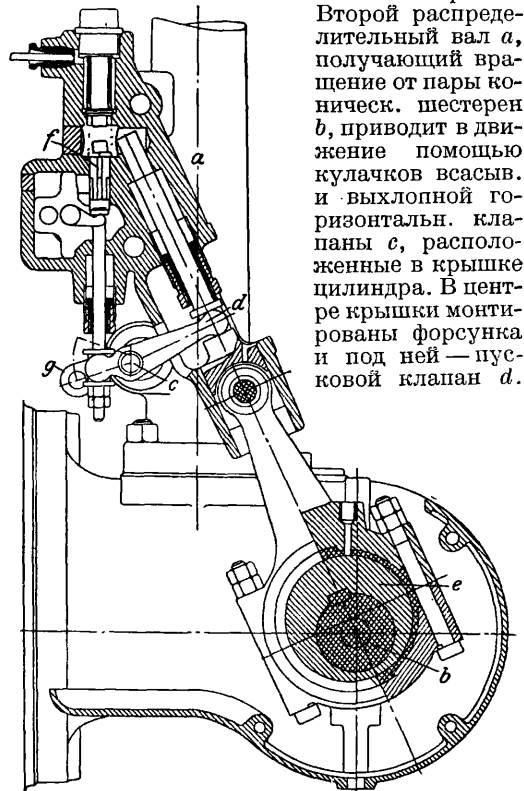


Фиг. 28.

кинематической схемы подверглось регулирование подачи топливного насоса (фиг. 29). Топливный насос *a* приводится в движение непосредственно от эксцентрика *e*, сидящего на распределительном валу *b*. Регулятор перемещает точку опоры *c* качающегося рычага *d*, действующего на всасывающий клапан *f* насоса, меняя тем момент его посадки на седло в зависимости от нагрузки машины. Рычаг *g* для остановки машины поднимает всасывающий клапан насоса.

Горизонтальные Д. Д. с открытыми форсунками. Стремление обойти конструктивное решение подачи топлива под большим давлением распыливающего воздуха, как это имеет место в обычных двигателях Дизеля, где форсунка перекрыта специальной иглой, привело к весьма жизненному и упрощенному решению задачи распыливания топлива, предложенному Лиценмайером и нашедшему затем рациональную разработку крупными з-дами по постройке двигателей, как то: заводы Кертинг, Динглер, Пражские, б. Бромлей в Москве, Сормовский. Идея Лиценмайера заключается в том, чтобы разгрузить топливный насос от противодействия распыливающего воздуха, как это имеет место в нормальных форсунках, и тем упростить систему регулирования; для этого топливо в период всасывания подается в особый канал, сообщающийся с цилиндром через диафрагму, так что насос работает лишь на сопротивление трубопроводов и клапанов. В конце сжатия открывается дополнительный клапан, помещенный в форсунке и далеко отстоящий от пространства сгорания, и направляет струю свежего воздуха в канал с топливом, чем достигается распыливание его в рабочем воздухе. Эта конструкция устранила загар форсуночной иглы,

имевший место в выпущенных первых моделях Аугсбургского з-да. Идея регулирования подачи топлива заключается в том, что эксцентрик приводит в движение плунжер через регулирующий механизм, включающий холостой ход. Таким образом, в то время как эксцентрик имеет постоянный ход, полезный ход плунжера меняется от регулятора. На фиг. 30 представлена открытая форсунка завода Кертинг. Нефть, подаваемая через возвратный клапан *b* форсунки, ложится в нижнюю часть наклонного канала *a*. Игла *c*, перекрывающая доступ сжатому воздуху, уплотненная против давления сжатого воздуха лабиринтом и сальником, прижата к своему седлу сильной пружиной *d*, напоминая в этой части конструкцию нормальной форсунки дизеля с той разницей, что корпус иглы не приходит в соприкосновение с горячими газами. В момент открытия иглы сжатый воздух подхватывает нефть и распыливает ее через диафрагму. Нефтяной насос з-да Кертинг (фиг. 31) приводится в движение от эксцентрика *s*. Регулятор, воздействуя на положение клина *k*, меняет полезный ход насоса. Возвратный ход плунжера *a*, так же как и в конструкции завода б. Бромлей, производит пружина *b*. На фиг. 32 представлен продольный разрез двигателя Кертинг.

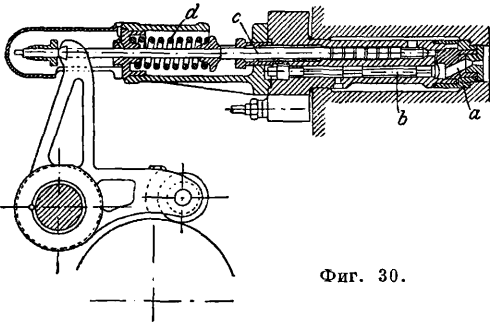


Фиг. 29.

Горизонтальный двигатель по расположению своих частей напоминает опрокинутый нормальный дизель. Горизонтальное расположение клапанов принуждает выполнять седло клапана без конических заточек.

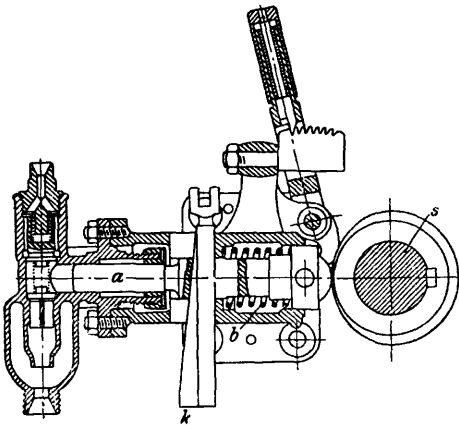


Двигатель тендем двойного действия Аугсбургского машиностроительного завода. По принципу крупных газосасывающих



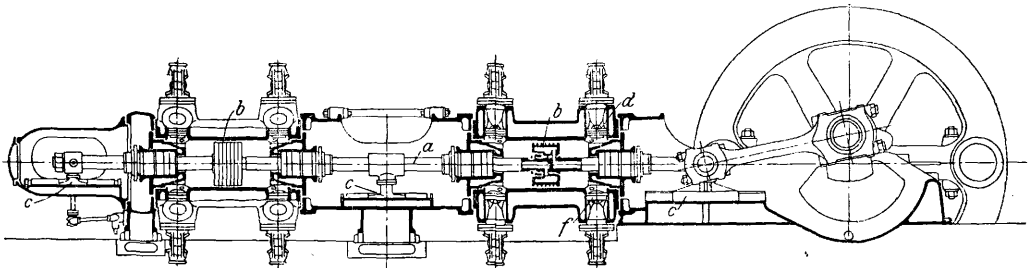
Фиг. 30.

двигателей Аугсбургским машиностроительным заводом разработан четырехтактный двигатель Дизеля тендем двойного действия, представленный на фиг. 33. Сквозной шток *a*, несущий два рабочих поршня *b*, опирается на три ползуна *c*; всасывающий *d* и выхлопной *f* клапаны в каждой полости расположены вертикально и приводятся в движение от распределительного вала, через толкающие штанги и качающиеся рычаги, при помощи кулачковых шайб. Сжатый воздух раз-



Фиг. 31.

мещается в двух пространствах—у всасывающего и выхлопного клапанов, в которые помощью двух форсунок на каждую рабочую полость распыливается нефть. Рядом

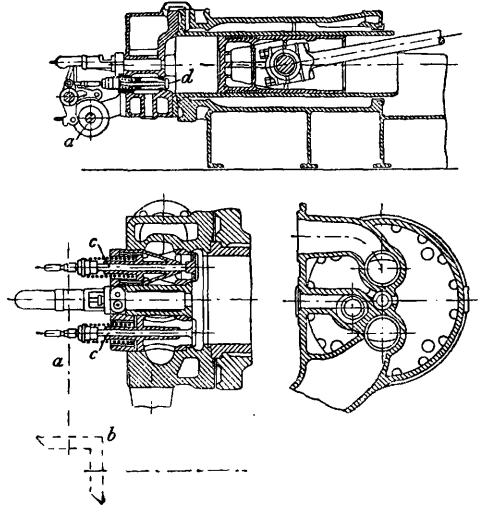


Фиг. 33.

с нижней форсункой расположен пусковой клапан. Как и газовый, этот нефтяной двигатель покоится на трех фонарях, из к-рых

правый составляет одно целое с рамой двигателя, и представляет, т. о., систему подвешенных цилиндров. Форсунка и пусковой клапан—нормальной конструкции Аугсбургского завода с соответствующим изменением кинематической связи.

**Двухтактные двигатели простого действия.** Двигатель завода Зульцер. Строящиеся этим заводом двухтактные дизели—вертикальные, простого действия. А-образная станина (фиг. 34), в которую вставлена



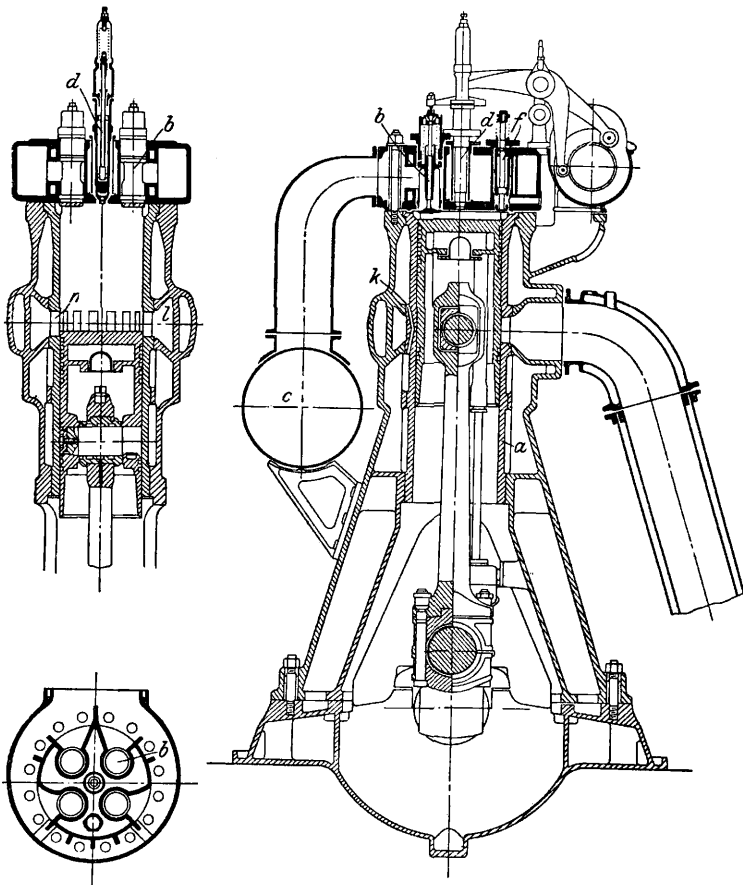
Фиг. 32.

гильза *a*, которая служит цилиндром двигателя, имеет кольцевой канал *l*, охлаждаемый водой, через который отводятся выхлопные газы, направляющиеся из цилиндра через щели *n* в буксе, расположенные по всей окружности последней. Уплотнение вставной буксы в месте выхлопных каналов достигается медными кольцами при посадке ее в рубашку. Для предохранения простенок между щелями от прогара последние охлаждаются водой через каналы *k*. Продувочный воздух, подаваемый компрессором двойного действия, монтированным на общей с двигателем станине, поступает в общий сборник *s*, а оттуда—в цилиндр через четыре продувочных клапана *b*, расположенных в крышке цилиндра. В ней же расположены форсунка *d* и пусковой клапан *f*. Все клапаны приводятся в движение

от кулачков, сидящих на горизонтальном распределительном валу, получающем свое движение от главного вала через промежу-

точный вертикальный. Поршень охлаждается водой. Мощность двухтактных Д. Д. доведена заводом Зульцер до 2 000 НР в одном

ляемые специальным клапаном (фиг. 35). Когда поршень опускается, верхние продувочные окна  $s_1$  перекрыты клапаном  $k$ , и

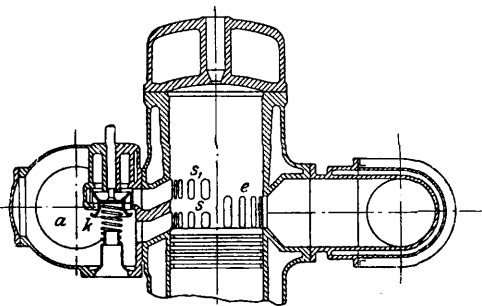


Фиг. 34.

цилиндре. Применяемая прямоточная продувка весьма совершенно очищает цилиндры от остаточных газов и требует не более 30—40% избытка воздуха по отношению к рабочему объему цилиндров. Средние индикаторные давления, отнесенные ко всему рабочему ходу, около 6,8 atm, при расходе топлива 200 г на эффективный силочас. Для

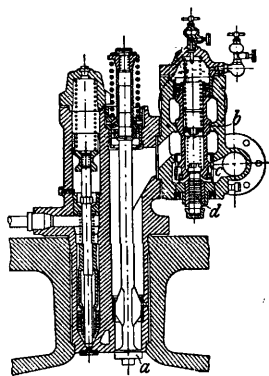
Когда поршень опускается, верхние продувочные окна  $s_1$  перекрыты клапаном  $k$ , и лишь по удалении продуктов сгорания через окна  $e$  продувочный воздух поступает через окна  $s$  и  $s_1$  из ресивера  $a$ . При обратном ходе поршня, когда перекроются выхлопные окна, продувочный воздух производит наддувку через окна  $s_1$  и тем увеличивает количество подаваемого воздуха, а с ним и средние индикаторные давления. Форсунка и пусковой клапан расположены, как обычно, в крышке цилиндра. В дальнейшем развитии данной конструкции заводом Зульцер клапан  $k$  заменен вращающимся золотником, выполняющим ту же функцию. Для судового двигателя з-д Зульцер выполняет форсунку и пусковой клапан (фиг. 36) смонтированными в одну деталь, укрепляемую по оси крышки цилиндра. Такая конструкция допускает выполнение крышки в виде тела вращения с центральным отверстием, хорошо противостоящего термическим воздействиям. Система пускового клапана имеет некоторые особенности. Клапан  $a$  открывается на все время пуска в ход, и органом распределения является клапан  $b$ . Нижняя часть клапана  $b$  развита в

золотник. Во время хода сжатия воздух из цилиндра через щели  $c$  отводится в ресивер продувочного воздуха. В начале воздействия пускового рычага на клапан  $b$  снизу открывается дополнительный клапан  $d$ , разгружающий клапан  $b$  от давления на него воздуха. При подъеме клапана  $b$  перекрываются нижние окна, которые соединяют пространство сжатия с ресивером продувочного воздуха, и пусковой воздух получает доступ в цилиндр. За счет подобной конструкции облегчается пуск в ход при более низких давлениях пускового воздуха; двигатель за счет уменьшенной работы сжатия и увеличения объема пространства сжатия быстрее забирает обороты, и во время работы достигается возможность разборки и ремонта основных органов пуска в ход, что



Фиг. 35.

упрощения конструкции и повышения среднего индикаторного давления з-дом Зульцер разработана щелевая продувка с наддувкой через дополнительные окна, управ-

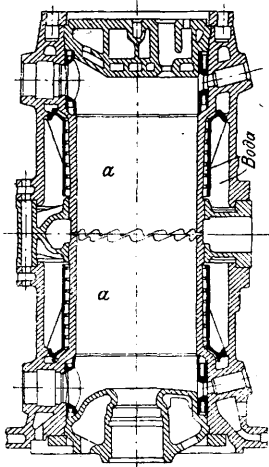


Фиг. 36.

является важным для судовых машин, работа к-рых связана с частыми маневрами.

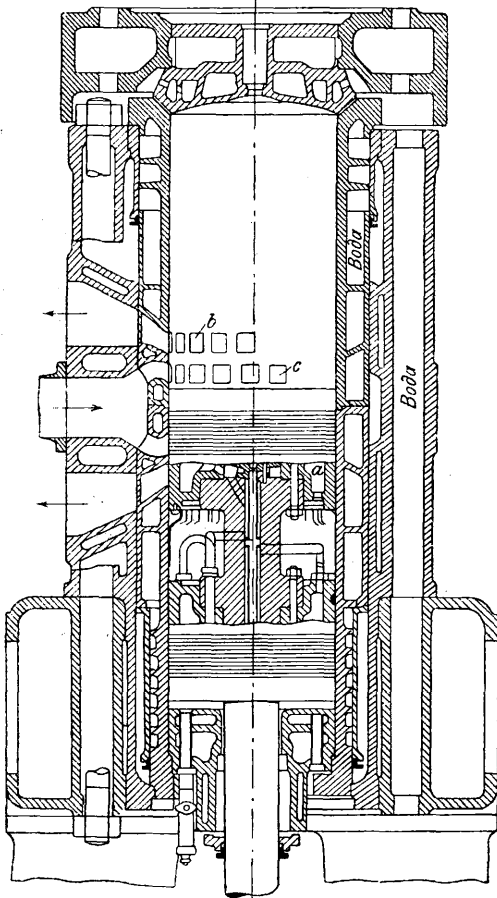
#### Двухтактные двигатели двойного действия.

Двигатели заводов МАН и Круппа. Стремление дать двигатель с максимальной мощностью, до 2000 HP в одном цилиндре, направило мысль наиболее мощи. дизелестроительных з-дов МАН и Круппа на осуществление двухтактных машин двойного действия. Как видно из фиг. 37, з-ду МАН для должного охлаждения цилиндра и головки и обезвреживания термическ. деформаций пришлось принять ряд дополни-



Фиг. 37.

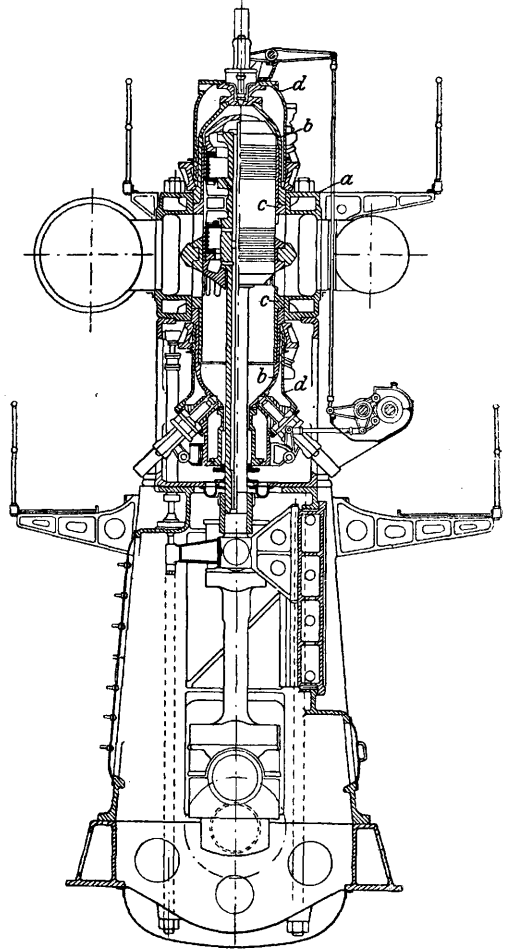
тельных мер, к к-рым относятся увеличение скорости протекания воды непосредственно у



Фиг. 38.

стенок путем введения двухступенчатого охлаждения и применения разрезных цилин-

дров *a, a*, допускающих свободные деформации. Продувочные клапаны расположены радиально по четыре на каждую рабочую полость цилиндра. Опыт, накопленный Аугсбургским машиностроительным з-дом во время работы над 12 000-сильным двухтактным

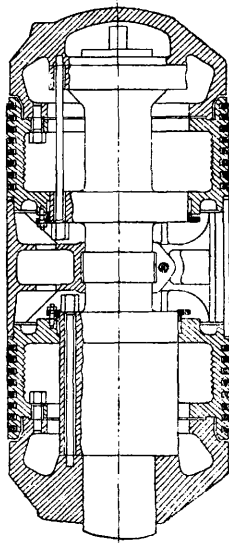


Фиг. 39.

двигателем двойного действия, нашел себе применение в разработанной им за последние годы новой конструкции двухтактн. двигателя двойного действия для больших мощностей, цилиндр которого в разрезе представлен на фиг. 38. Как видно, и здесь должны были быть приняты особые меры для интенсивного охлаждения цилиндра, головки и поршня *a*. Особый интерес представляет осуществленная в данной конструкции система продувки. Выхлопные *b* и продувочные *c* окна расположены по одной стороне цилиндра. Продувочный воздух направляется сначала на вогнутый поршень *a*, затем по противоположной стороне цилиндра к головке и вытесняет по той стороне, где расположены окна, продукты сгорания.

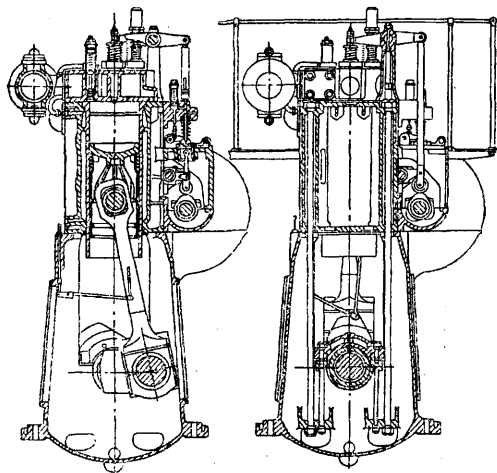
Двухтактный двигатель двойного действия з-да Вортингтон. В Америке з-дом Вортингтон разработана конструкция, представленная на фиг. 39. Продувка осуществлена чисто шелевая; органом

распределения служит поршень. Особые меры приняты для обеспечения свободы термических деформаций цилиндра, состоящего из трех основных частей. Средняя часть *a* содержит впускные и выхлопные каналы, и к ней привертываются верхняя и нижняя стальные части *b* цилиндра с впрессованными чугунными рабочими втулками *c*, которые снабжены окнами. Рубашку цилиндра представляют две чугунные детали *d* с салниковыми уплотнениями. Благодаря такой конструкции обеспечивается свобода расширения к концам цилиндра. Для усиления охлаждения, рубашки выполнены с винтовыми ходами для воды. Верхняя рабочая полость снабжена одной форсункой, в то время как нижняя — двумя. Поршень (фиг. 40) также состоит из трех основных частей, при чем крайние фиксированы у концев и имеют свободные расширения к середине. При диаметре цилиндра  $D = 685$  мм и ходе поршня  $S = 1015$  мм одноцилиндровая опытная машина подобной конструкции развивала 624 HP при расходе топлива в 191 г на эффектив. силочас, при механическом  $\eta_{мех} = 0,79$  и числе оборотов  $n = 90$ . По этим данным, среднее эффективное давление получается  $p_e = 4,41$  кг/см<sup>2</sup>.



Фиг. 40.

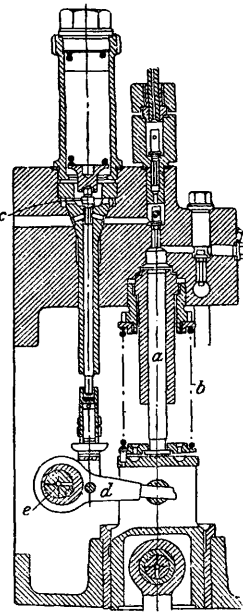
**Бескомпрессорные Д. Д.**  
 Двигатель Аугсбургского машиностроительного з-да. В бескомпрессорных двигателях этого з-да беском-



Фиг. 41.

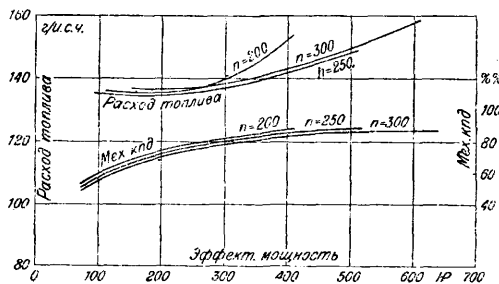
прессорное распыливание топлива осуществлено за счет повышения давления в топливном насосе. На фиг. 41 представлен 6-цил. двигатель в 300 HP при 180 об/м. Общая кон-

струкция примыкает к конструкции компрессорных машин того же завода. Сбоку цилиндра монтированы топливные насосы — по одному на каждом цилиндре. Топливный насос (фиг. 42) выполняется из куска прокованной стали простейшей формы. Все каналы выполнены путем простых сверлений и расточек. Плунжер не имеет салникового уплотнения, при чем необходимая герметичность достигается тщательной шлифовкой его. Плунжер *a* получает движение от кулачковой шайбы, которая сидит на распределительном валу, а обратный его ход обеспечивает пружина *b*. Момент прекращения подачи топлива определяется открытием перепускного клапана *e* и может изменяться путем изменения положения оси вращения рычага *d*, сидящего на эксцентрикe *e*, связанном с регулятором. Короткой толстостенной трубой насос соединен с форсункой (фиг. 19), по которой подает топливо непосредственно к распыливающей диафрагме; последняя имеет несколько мелких отверстий, через которые распыленное топливо распределяется по пространству сжатия. Результаты испытаний, перечисленные на топливо теплотворной способности  $h_u = 10\,000$  Cal, при различных числах оборотов, представлены на фиг. 43. Как видно, машина в широких пределах чисел оборотов дала весьма высокую экономичность, и минимальные замеренные расходы



Фиг. 42.

топлива были: 134,7 г на индикаторный силочас при 200 об/м. и 167,5 г на эфф. силочас при 200 об/м. Обращает на себя внимание весьма высокий механический коэффициент полезного действия, достигающий величины  $\eta_m = 0,875$ . Индикаторная диаграмма (фиг. 44) при нагрузке, близкой к нормальной, показывает линию сгорания при значительном повышении давления. Сжатие достигает 30 atm, и в процессе сгорания давление повышается до 43 atm; при перегрузке среднее

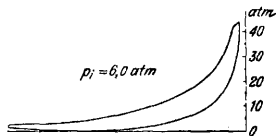


Фиг. 43.

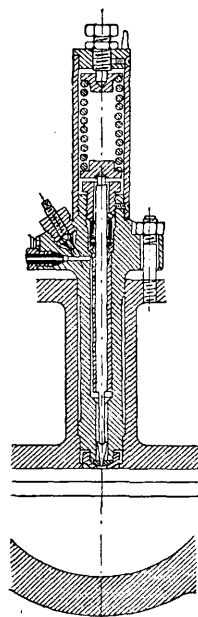
топлива были: 134,7 г на индикаторный силочас при 200 об/м. и 167,5 г на эфф. силочас при 200 об/м. Обращает на себя внимание весьма высокий механический коэффициент полезного действия, достигающий величины  $\eta_m = 0,875$ . Индикаторная диаграмма (фиг. 44) при нагрузке, близкой к нормальной, показывает линию сгорания при значительном повышении давления. Сжатие достигает 30 atm, и в процессе сгорания давление повышается до 43 atm; при перегрузке среднее

индикаторное давление доводилось до 7,5 atm при удовлетворительном сгорании.

Двигатели з-да Дейц. Завод Дейц одним из первых занялся разработкой конструкций бескомпрессорных дизелей и выпустил несколько их типов, работающих по различным принципам. Для малых мощностей з-д применяет принцип камеры предварительной вспышки, в то время как для средних мощностей им осуществляется принцип, близкий к примененному з-дом MAN в его бескомпрессорных машинах. Топливо форсункой распыливается в камеру предварительной вспышки, которая для обеспечения условий, необходимых для вспышки, лишь частично охлаждается водой. Между камерой и охлаждаемой водой стенкой крышки оставлена изолирующая воздушная прослойка. Форсунка выполнена закрытого типа с иглой, открывающейся под влиянием давления топлива. В камере предварительной вспышки происходит частичное воспламенение топлива, и за счет повышения давления несгоревшая его часть вторично распыливается в пространстве сжатия. При пуске в ход главная форсунка выключается, и подача топлива производится пусковой форсункой, так как при холодной машине холодная поверхность камеры предварительной вспышки чрезмерно охлаждает воздух, поступающий в нее. Как только стенки прогреются до необходимой  $t^\circ$ ,



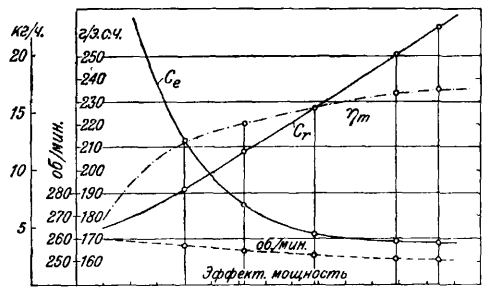
Фиг. 44.



Фиг. 45.

машина переводится на нормальную работу. Данного типа машины строятся до 20 HP в одном цилиндре. Для мощностей до 100 HP в одном цилиндре завод строит машины второго типа, форсунка и форма пространства сжатия к-рых представлены на фиг. 45; форсунка закрытого типа; распыливание топлива достигается за счет давления, создаваемого насосом. Результаты испытаний трехцилиндровой машины, размерами  $D=280$  мм и  $S=450$  мм, даны на фиг. 46; при 250 об/м. двигатель показал весьма экономичный расход топлива  $C_p$ , спускающийся до 168 г на эффективн. силочас; механич. кпд при перегрузке достигал значения  $\eta_m = 0,83$ . В своих горизонтальных бескомпрессорных дизелях завод Дейц достигает должного распределе-

ния топлива в заряде воздуха, создавая к моменту начала сгорания в пространстве сжатия интенсивное вихревое движение воздуха. На фиг. 47 представлен разрез через клапанную головку и поршень 30-сильного бескомпрессорного горизонтального дизель-мотора з-да Дейц. Всасывающий и выхлопной клапаны *a, a* расположены вертикально; с торца головки расположена форсунка *b*. Особо важное значение имеет очертание днища поршня и переходной части от цилиндра к пространству сжатия. Зазор между крышкой цилиндра *c* и рабочим поршнем *d* должен иметь для получения экономной работы вполне определенную величину. Как увеличение, так и уменьшение его ведет к дымному сгоранию и повышению расхода топлива. Такое же значение имеют длина и



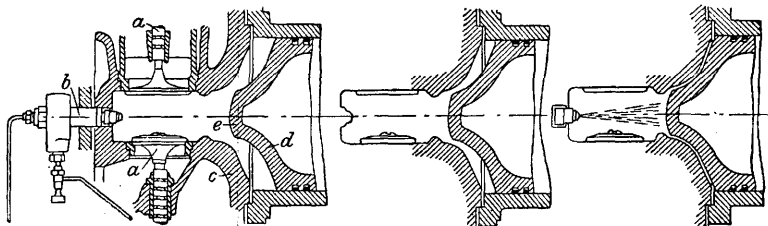
Фиг. 46.

диаметр центрального выступа *e* на поршне, т. к. их правильный подбор, как выше было указано, обеспечивает данное завихрение воздуха в камере сгорания. Насколько серьезно влияние правильных очертаний указанных частей и соотношений их взаимных размеров, видно из табл. 1 и 2.

Табл. 1. — Влияние сечения щели на работу двигателя.

№ опыта	Сечение щели в мм <sup>2</sup>	Расход тепла на эфф. силочас в Cal	Выхлоп
1	945	1 950	Чистый
2	1 530	2 280	Слабо дымный
3	2 670	2 410	Сильно дымный
4	Выступ сточен на конус	2 810	Черный

С уменьшением площади кольцевой щели между выступами поршня и крышкой расход тепла на эффективн. силочас увеличился



Фиг. 47.

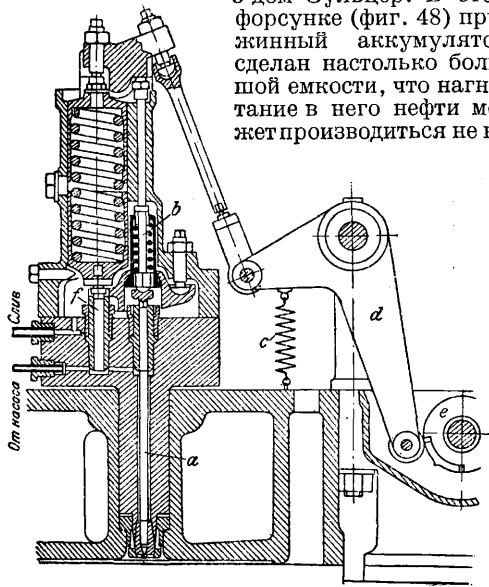
с 1 950 до 2 810 Cal, перейдя от бездымного сгорания на сгорание с черным дымом.

Табл. 2. — Влияние длины выступа поршня на работу двигателя.

№ опыта	Длина выступа	Расход топлива на эфф. слог час в Cal	Выхлоп
1	Нормальная . . . . .	1 950	Чистый
2	$\frac{2}{3}$ нормальной . . . . .	2 330	Заметно дымный
3	$\frac{1}{3}$ » . . . . .	2 450	Сильно дымный
4	Выступ отсутствует	2 810	Черный

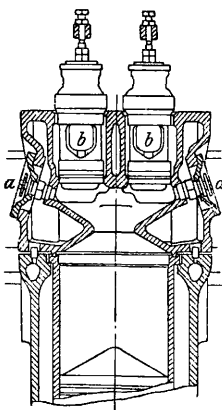
Уменьшение длины центрального выступа также повело к подобным результатам.

Двигатель Зульцер. Современная конструкция отдельного аккумулятора давления для закрытой форсунки выработана з-дом Зульцер. В этой форсунке (фиг. 48) пружинный аккумулятор сделан настолько большой емкости, что нагнетание в него нефти может производиться не во



Фиг. 48.

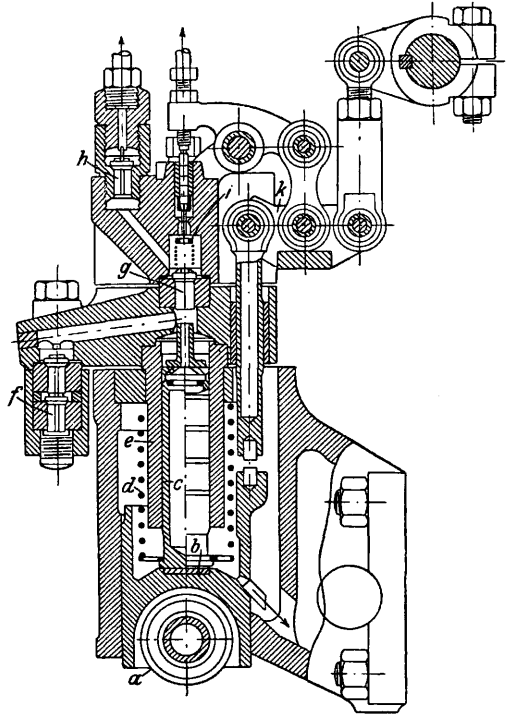
время распыливания, а предварительно. Благодаря этому период нагнетания, а также способ регулирования насоса м. б. какими угодно, хотя бы такими же, как в дизелях компрессорных.



Фиг. 49.

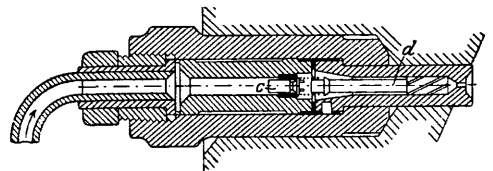
время распыливания, а предварительно. Благодаря этому период нагнетания, а также способ регулирования насоса м. б. какими угодно, хотя бы такими же, как в дизелях компрессорных. Форсуночная игла *a* прижата в закрытом состоянии к седлу давлением двух пружин: своей собственной *b* и пружины *c* распределительного рычага *d*. Поэтому давление нефти не в состоянии открыть форсунку; она может открыться в нужный момент только при помощи распределительн. приспособления следующим образом: когда кулачок на форсуночной распределительной шайбе *e* приподнимет ролик, связанная система двух рычагов поворачивается так, что давление верхнего рычага на форсуночную иглу прекращается. Тогда давление нефти

в аккумуляторе *f* преодолевает давление форсуночной пружины и заставляет подниматься иглу. Начинается распыливание,



Фиг. 50.

продолжительность к-рого определяется количеством впрыскиваемой нефти и давлением форсуночной пружины и не зависит от продолжительности открытия распределительного механизма. Это дает следующие преимущества: распределительный форсуночный механизм может закрыться после мертвой точки с углом опоздания, равным углу предварения, т. е. оказывается реверсивным, и может открываться с одинаковым углом предварения при вращении двигателя в любую сторону; форсуночная игла может иметь ограниченный, весьма малый подъем и садится на седло под давлением только своей пружины, давая при этом в седле минимальное напряжение смятия от удара;

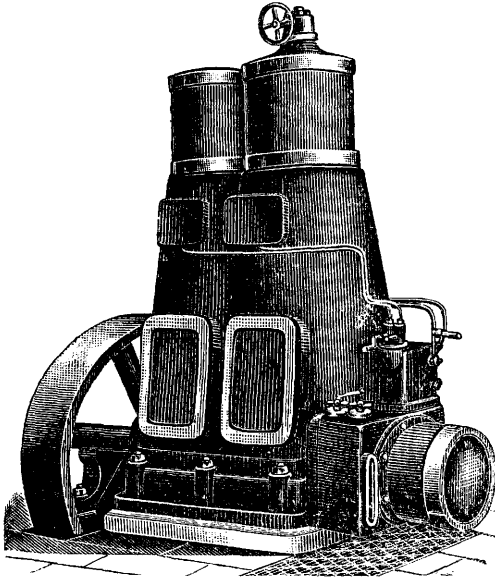


Фиг. 51.

получается независимость давления распыливания от числа об/м. двигателя, благодаря чему процесс распыливания протекает одинаково при любом числе об/м. Распыливание происходит при давлении до 670 atm.

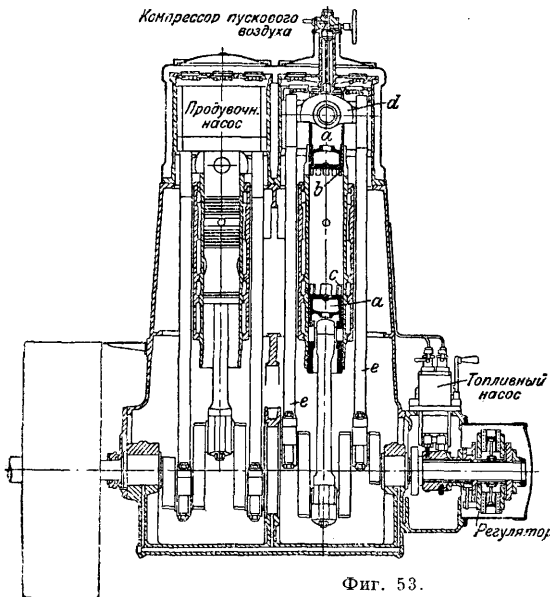
Двигатель завода De la Vergne в Нью Йорке. Бескомпрессорные дизели этого завода строятся как горизонтального, так и вертикального типа, мощностью от 65

до 180 НР в одном цилиндре и до 700 НР в многоцилиндровом исполнении. Пространство сгорания образовано двумя конусами, основания которых сходятся в горловине, соединяющей пространство сгорания с рабочим цилиндром (фиг. 49). Две форсунки *a*, *a*



Фиг. 52.

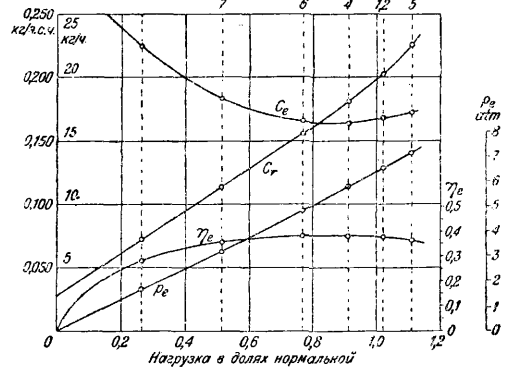
на каждый цилиндр расположены в вершинах этих конусов, а в горизонтальном уширении — всасывающий и выхлопной клапаны *b*, *b*. В конце сжатия весь рабочий воздух вытесняется поршнем через горловину в камеру сгорания, и распыленное из двух форсунок топливо, сталкиваясь в середине камеры сгорания, захватывает весь рабочий воздух. Распределительный вал с кулачками, который расположен сбоку на



Фиг. 53.

середине высоты двигателя, передает по мощью штанг и рычагов движение верхним

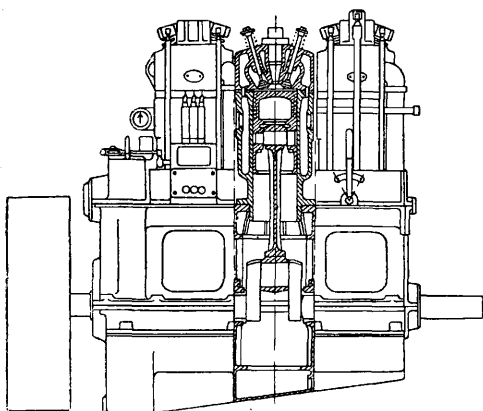
клапанам. На фиг. 50 дан топливный насос; плунжер с насоса, работающий в цилиндре *e*, получает свое движение от кулачка через толкатель *b* с роликом *a*. Два всасывающих клапана *f* и два нагнетательных *g* и *h* подводят топливо к форсунке. Обратный ход насоса получается от пружины *d*. Регулирование количества подаваемого топлива производится при помощи перепускного клапана *i*, момент открытия которого находится под влиянием регулятора. Регуляторный вал своим вращением изменяет точку опоры рычага *k*, получающего движение от толкателя, движения к-рого связаны с ходом плунжера. Начало подачи топлива при всякой нагрузке остается постоянным, приблизительно за 40° до мертвой точки, и в зависимости от открытия перепускного клапана меняются конец подачи и с ним —



Фиг. 54.

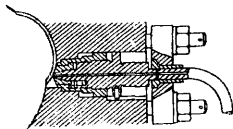
количество подаваемого топлива. Насос рассчитывается на двойную подачу против теоретически необходимой из соображений использования наибольшей скорости плунжера к концу процесса нагнетания в форсунке. Форсунка (фиг. 51) состоит из двух внутренних гильз, смонтированных в общий корпус и закрепленных в нем гаечным уплотнением. Внутри гильзы размещены винтовой распылитель *d* и обратный клапан *c*. Внутренняя трубка заканчивается тонким отверстием, через которое распыляется топливо. Давление насоса при нормальной нагрузке достигает 175 atm и меняется, в зависимости от нагрузки, от 70 atm при холостом ходе до 200 atm при перегрузке. Форсуночное отверстие для различных моделей берется 0,6 ÷ 1,5 мм; скорость движения топлива в этом сечении равна 45 ÷ 130 м/сек. Средн. индикаторное давление, в зависимости от размера машины, от 4,5 до 5 atm при расходе топлива 185—195 г на эффектив. силочас.

Бескомпрессорный двухтактный двигатель Юнкерс. Новую, значительно более компактную и упрощенную конструкцию двухтактного двигателя



Фиг. 53.

дал з-д Юнкерс. Внешний вид машины представлен на фиг. 52, а основные разрезы — на фиг. 53. Вертикальный двухцилиндровый двигатель имеет по два поршня *a*, а на цилиндр, из к-рых верхний управляет продувочными окнами *b*, а нижний — выхлопными *c*. Верхний поршень, связанный помощью траверса *d* и двух длинных шатунов *e* с кривошипными шейками, развит в верхней своей части в поршень продувочного насоса нецилиндрич. формы, позволяющей разместить в нем траверс и два нагнетательных клапана. На одном из продувочных насосов монтирован компрессор для пускового воздуха. Для большего наполнения цилиндра кривошипы нижнего и верхнего поршней смещены против угла в  $180^\circ$  по кривошипу на  $15^\circ$ . Инерционные силы отдельных поршней, имеющих различный вес, уравновешиваются за счет различных радиусов кривошипов. Все усилия передаются через кривошипные механизмы, так что станина нагружена только боковым усилием от конечной длины шатунов.



Фиг. 56.

Полость вокруг продувочного насоса и герметически закрытый картер являются ресивером для продувочного воздуха. В каждую камеру сгорания, с благоприятствующей полному сгоранию формой и с относительно малой охлажденной поверхностью, топливо распыливается двумя форсунками. Вся совокупность условий, благоприятствующих экономичности работы машины, довела расход топлива до 165 г на эфф. силочас, что для двухтактного двигателя следует признать весьма высоким достижением. На фиг. 54 даны основные кривые результатов испытаний двухцилиндровой машины в 120 HP.

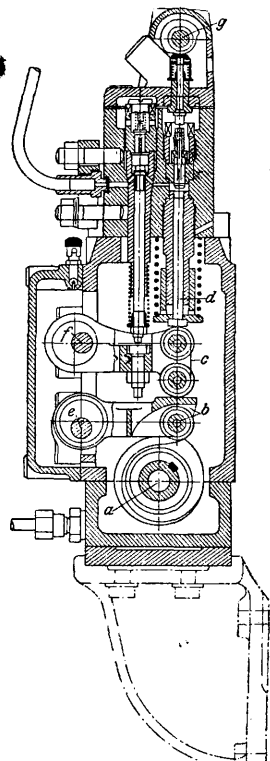
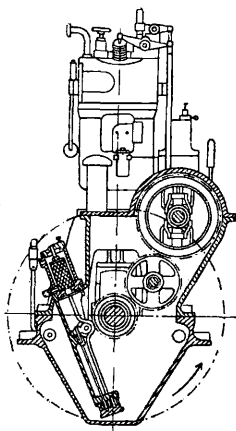
**Автомобильные Д. Д.** Успехи бескомпрессорного распыливания, естественно, вновь вызвали попытки осуществления быстроходных двигателей, работающих на тяжелых топливах по циклу Дизеля, и послед-

ние годы м. б. отмечены появлением первых конструкций, удовлетворительно разрешивших эту задачу. Появившиеся в результате развития принципов, уже доказавших в стационарных машинах свою практическую осуществимость, эти машины сохранили основные характерные особенности своих более тихоходных прообразов.

Быстроходный двигатель з-да Бенц, работающий по принципу предкамерного распыливания, представлен на фиг. 55. Аналогич. двигатель ставится фирмой на тракторы.

Автомобильный двигатель завода MAN выполняется четырех- и шестицилиндровым, с размерами  $D = 115 \text{ мм}$ ,  $S = 180 \text{ мм}$  и при

1000 об/мин. развивает мощность  $N_e = 45 \text{ HP}$ , что соответствует среднему эффективному давлению  $p_e = 5,3 \text{ кг/см}^2$ . Клапаны получают движение через толкающие штанги от двух распределительных валов, к-рые помещены в картере. Имеющее плоскую форму пространство сжатия каждого цилиндра снабжено двумя расположенными горизонтально и диаметрально противоположными форсунками, конструкция к-рых ясна из фиг. 56. Всаивающиеся клапаны снабжены экранами, вызывающими завихрение поступающего воздуха, а направленные струи распыленного топлива отклоняются от оси форсунки с целью наилучшего охвата рабочего воздуха. Топливные насосы четырехцилиндровой машины (фиг. 57) соединены в одном блоке и обеспечивают как изменение количества впрыскиваемого топлива, так и смещение момента распыливания по отношению к положению кривошипного вала. Первое достигается обычным порядком, путем изменения отсечки открытием перепускного клапана за счет поворачивания эксцентрика *f*, связанного с деталью *c*, действующей на плунжер *d*, а второе — смещением положения ролика *b* по отношению к кулачковому валу *a* поворачиванием



Фиг. 57.



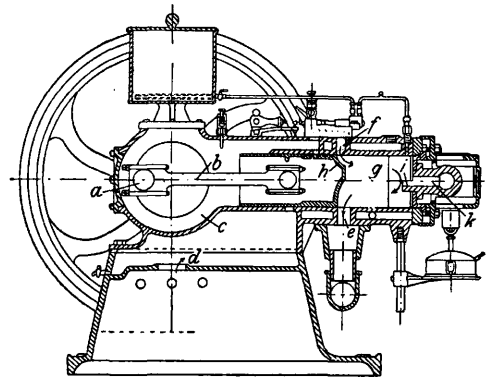
эксцентрика  $e$ . Оба перемещения производятся лицом, управляющим машиной. Для выключения как насосов отдельных цилиндров, так и всех насосов, вверху насоса расположен валик с кулачками  $g$ , могущими открывать всасывающие клапаны и тем приостанавливать подачу топлива. Регулятор, сидящий на конце кулачкового вала насоса, прекращает подачу топлива при достижении двигателем предельного числа оборотов, воздействуя на валик  $f$  и предохраняя этим двигатель от опасного разгона. Вес двигателя ок. 10 кг на 1 HP. При испытаниях минимальный расход в 196 г на эфф. силочас получил при 800 об/м. и  $p_c = 5,1 \text{ кг/см}^2$ .

Лит.: Брилинг Н. Р., Двигатели внутреннего сгорания, М.—Л., 1927; Синеуцкий В. В., Конструирование двигателей внутр. сгорания, Киев, 1927; Гюльдиер Г., Двигатели внутреннего сгорания, перевод с немецкого, М., 1928; Дополнения к русскому изданию той же книги «Двигатели внутреннего сгорания»; Дубель Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., Л., 1928; Кернер К., Конструирование дизелей, пер. с нем. (печатается), Л., 1928; Фёпль О., Штромбек Г., Эберман Л., Быстроходные двигатели Дизеля, пер. с немецкого, М.—Л., 1928; Зейлигер М., Двигатели Дизеля повышенной мощности, пер. с нем., Москва, 1927; Зейферт Ф., Конструкция и расчет двигателей внутреннего сгорания, пер. с нем., М., 1926; Бехтерев П., Сборка двигателя Дизеля, Л., 1927; Кузнецов Б., Эксплуатация двигателей внутр. сгорания, ч. 1, М., 1928; Шварцбек И., Рациональная эксплуатация двигателей Дизеля, перевод с нем., М., 1928; Алексеев С. И., Термич. использование нефтяных двигателей при переменных теплоемкостях, М., 1924; Двигателестроение в СССР, М., 1927; Статьи по продукве двухтактных двигателей внутр. сгорания, пер. с нем. Сборник статей Греглевского, Балога, Гулмана и Фёпль, Москва, 1916; Мазинг Е. К., Тепловой расчет бескомпрессорного двигателя Дизеля, «Изв. Теплотехнич. ин-та», Москва, 1927, 5 (28); е го же, О пневматич. передаче энергии в тепловозах, «Бюллетень НАМИ», М., 1923, 1; е го же, Применение анализа отработанных газов к исследованию двигателей внутреннего топлива с определением неполноты сгорания по саже, там же, 1923, 2—3; Ваншайдт, Испытание бескомпрессорного двигателя завода «Русский дизель», «Изв. Теплотехнич. ин-та», М., 1925, 8—10; Schüle E. W., Technische Thermodynamik, В. 1—2, В., 1923; Dübbel H., Öl- und Gasmaschinen, Berlin, 1926; Seilliger M., Graphische Thermodynamik u. Berechnen d. Verbrennungsmaschinen u. Turbinen, В., 1922; Köhner K., Der Bau d. Dieselmotors, 2 Aufl., В., 1927; Guldner G. H., Untersuchungen über d. Einfluss der Betriebswärme auf die Steuerungseingriffe d. Verbrennungskraftmaschinen, Berlin, 1924; Löffler St. u. Riedler A., Ölmaschinen, В., 1922; Schöttler R., Die Entwicklung d. Dieselmachine, Halle a/S., 1925; Föppl O., Strombeck H. und Bergmann L., Schnelllaufende Dieselmotoren, 3 Aufl., В., 1925; Balog A. u. Sygall S., Betrieb u. Bedienung von ortfesten Viertakt-Dieselmotoren, Berlin, 1920; Schwarzböck J., Rationeller Dieselmotorenbetrieb, В., 1927; Ricardo H., Schnelllaufende Verbrennungsmaschinen, В., 1926; Seilliger M., Die Hochleistungs-Dieselmotoren, Berlin, 1926; Magg J., Dieselmotoren, В., 1928; Vailliot G., Les moteurs Diesel et Semi-Diesel, Paris, 1922.

**ДВИГАТЕЛИ НЕФТЯНЫЕ МЕЛКИЕ**, двигатели внутреннего сгорания, работающие с пониженной степенью сжатия, в которых повышенная температура в конце сжатия для вспышки нефти достигается помощью охлажденной горячей поверхности, называемой калоризатором, при чем нефть подается насосом отдельно от воздуха, перед концом сжатия. Двигатели нефтяные мелкие преимущественно строятся двухтактными, так как четырехтактные обладают относительно меньшей экономичностью и стоят дороже.

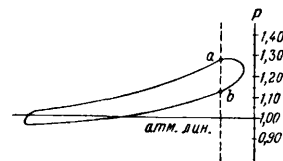
Двигатель Аванс (фиг. 1) — двухтактный, работает по циклу Отто. Как и другие двухтактные двигатели, он значи-

тельно проще четырехтактных двигателей в конструктивном отношении, в виду замены клапанов окнами в стенках цилиндра. Кривошип  $a$  и шатун  $b$  заключены в камеру  $c$ , к-рая служит компрессором для воздуха, поступающего в нее через отверстие  $d$  в раме и в нижней части самой камеры. Когда поршень под влиянием вспышки идет влево, он сжимает воздух в кривошипной камере до 1,2—1,3 atm. В конце этого хода поршень открывает выхлопные окна  $e$ , через которые выходят отработанные газы; вслед за этим открываются окна  $f$ , соединяющие рабочую полость цилиндра  $g$  с кривошипной

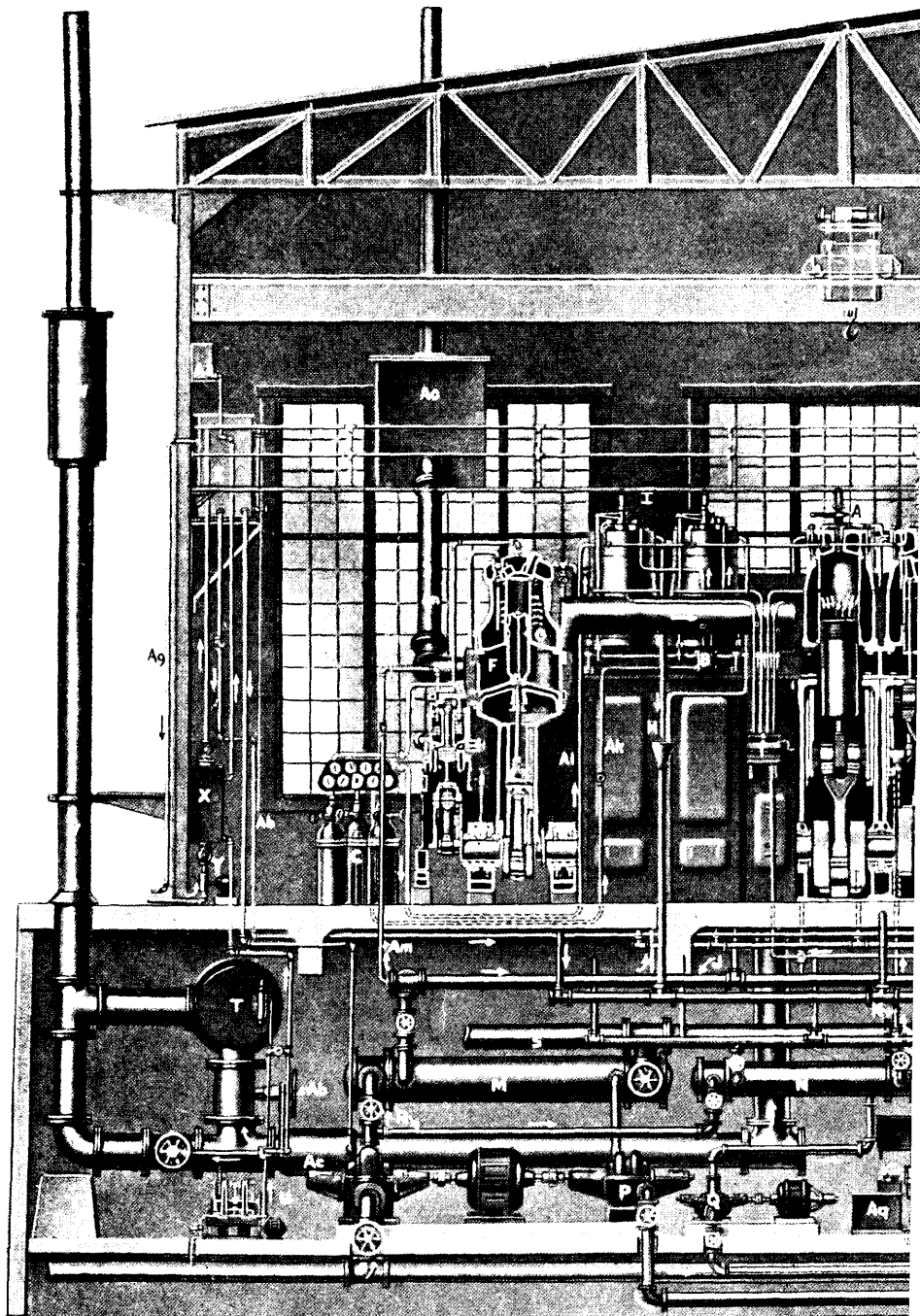


Фиг. 1.

камерой  $c$ , из которой сжатый воздух устремляется в цилиндр, отклоняется особым отверстием на днище поршня  $h$ , выгоняет отработанные газы и заполняет цилиндр. При следующем ходе поршня вправо воздух в цилиндре сжимается, и в определенный момент хода сжатия вбрызгивается насосом нефть, которая разбивается о выступ  $i$  калоризатора  $k$ , испаряется и воспламеняется к концу хода сжатия; т. о. получается вспышка и затем повторение описанного процесса. Для понижения  $t^\circ$  сжатия во время продувки в цилиндр подается самотеком вода, количеством которой регулируется момент вспышки при разных нагрузках мотора. Теплота, необходимая для испарения вводимой воды, понижает показатель политропы сжатия до 1,2 и даже до 1,1. При такой упрощенной подаче воды в цилиндр количество ее доходит до 4 кг на 1 кг израсходованного топлива; в виду плохого распыливания вода испаряется частично, и неиспарившаяся часть ее вызывает ржавление стенок цилиндра и поршневых колец. Вторым недостатком вбрызгивания воды в двигателе Аванс является отсутствие автоматич. регулирования ее количества в зависимости от нагрузки: малое количество воды служит причиной сгулков во время работы, слишком большое количество воды вызывает охлаждение калоризатора и плохое воспламенение смеси. Понижение вбрызгиванием воды  $t^\circ$  сжатия дает возможность увеличить сжатие подобных двигателей до 8 atm и соответст-

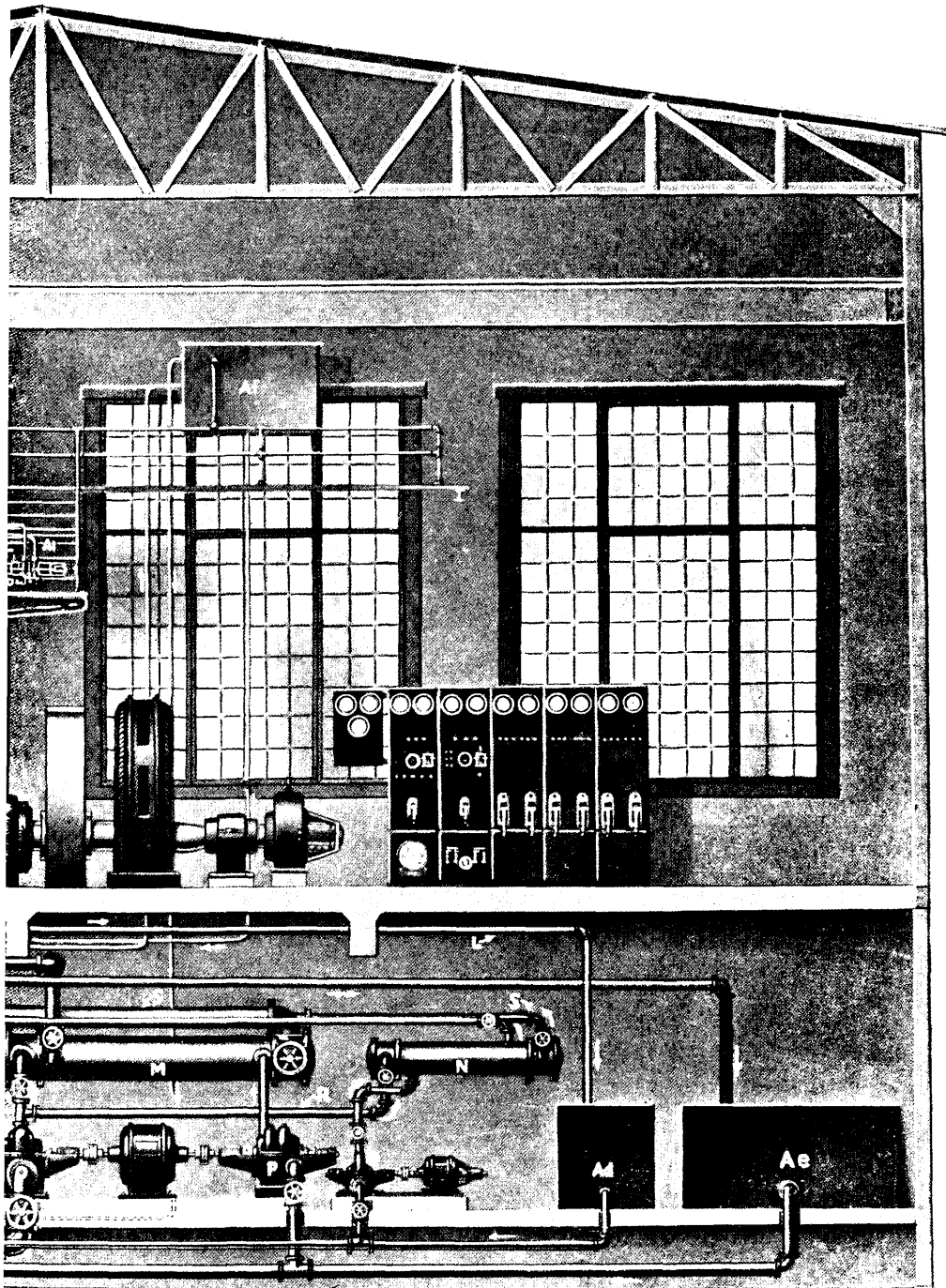


Фиг. 2.



*A* — форсунка; *B* — пневматич. пусковое приспособление; *C* — баллон для форсуночного воздуха; *D* — щит с манометрами; *E* — 2-я и 3-я ступени компрессора ( $t^{\circ}$  сжатого воздуха  $\approx 50^{\circ}$ ); *F* — продувочный насос ( $t^{\circ}$  воздуха =  $16^{\circ}$ ); *G* — 1-я ступень компрессора; *H* — трубопровод охлаждающей воды из рубашек цилиндров ( $t^{\circ}$  воды  $\approx 70^{\circ}$ ); *I* — лубрикатор (механическая маслянка); *J* — трубопровод охлаждающей воды к рубашкам цилиндров; *K* — трубопровод охлаждающей воды к поршням; *L* — трубопровод

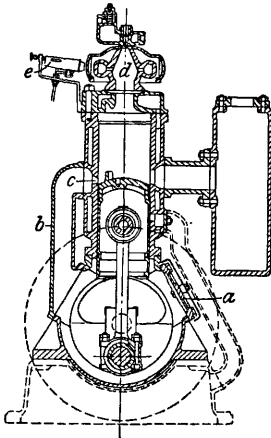
охлаждающей воды от поршней ( $t^{\circ}$  воды  $\approx 60^{\circ}$ ); *M* — дитель воды из рубашек цилиндра; *N* — охладитель из рубашек поршней; *O* — насос для холодной ладителя *M*; *P* — насос для воды из рубашек идущей в охладитель *M*; *Q* — насос для охл воды, идущей из поршней; *R* — трубопровод воды к охладителям ( $t^{\circ}$  воды  $\approx 18^{\circ}$ ); *S* — отвод ба охладителей ( $t^{\circ}$  воды  $\approx 35^{\circ}$ ); *T* — кипятильн пользования тепла сгоревших газов ( $t^{\circ}$  отход



то кипятыльника  $\approx 370^\circ$ , после кипятыльника  $\approx 200^\circ$ );  
 2) насос кипятыльника; V — выхлопная труба; W — глушитель; X — фильтр для нефти; Y — насос для нефти;  
 Z — бак для нефти; Aa — расширительный бак системы подогрева нефти; Ab — вентиль подогревателя; Ae — водяной подогрев горючего; Ad — бак для охлаждающей воды из поршней ( $t^\circ$  воды  $\approx 60^\circ$ ); Ae — бак для охлаждающей воды из рубашек цилиндров ( $t^\circ$  воды  $\approx 65^\circ$ );  
 Af — бак для масла; Ag — перепускная труба для цилиндрка

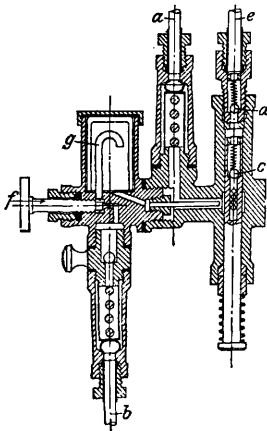
нефти; Ah — трубопровод к нефт. насосу ( $t^\circ$  нефти  $\approx 75^\circ$ );  
 Ai — насос для нефти; Aj — топливопровод к форсунке;  
 Ak — трубопровод к пусковым клапанам; Al — трубопровод сжатого воздуха к форсунке; Am — трубопровод для охлаждающей воды к компрессору ( $t^\circ$  воды  $\approx 40^\circ$ );  
 An — всасывающая труба продувочного насоса ( $t^\circ$  воздуха  $\approx 18^\circ$ ); Ao — фильтр для воздуха; Ap — центрифуга для очистки масла; Aq — фильтр для масла; Ar — охладитель для масла.

венно улучшить кпд, но в виду несовершенства продувки за недостатком воздуха, подаваемого кривошипной камерой, вследствие применения упрощенной системы всасывающего органа, среднее индикаторное давление не м. б. поднято выше  $3 \text{ atm}$ . Индикаторная диаграмма продувочного насоса (фиг. 2) показывает, что всасывание начинается приблизительно при давлении  $0,96 \text{ atm}$



Фиг. 3.

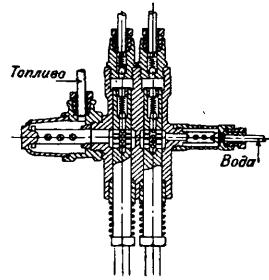
абс., продувка цилиндра—при давлении  $1,27 \text{ atm}$  абс. Начало продувки—в точке *a* за  $10\%$  до мертвой точки поршня, конец—в точке *b*— $10\%$  после мертвой точки поршня, когда давление в насосе понизилось до  $1,13 \text{ atm}$ . Среднее индикаторное давление насоса ок.  $0,1 \text{ atm}$  при коэффициенте подачи  $0,55-0,65$ . На фиг. 3 дан разрез вертикального двигателя Аванс современной конструкции. Воздух засасывается в кривошипную камеру через воздушный клапан *a*, что по сравнению со всасыванием через окно, управляемое поршнем, дает большее наполнение продувочного насоса. Воздух по трубе *b* и через продувочные окна *c* производит продувку рабочего цилиндра. Пространство сжатия почти полностью перенесено в головку и калоризатор *d* грушевидной формы. Охлаждаемая водой форсунка монтирована вертикально вверху калоризатора, чем достигается хороший обхват струей распыленного топлива объема пространства сжатия и использование всего рабочего воздуха. Вода впрыскивается в цилиндр вместе с топливом через форсунку, при чем подача топлива и воды производится либо одной и той же, либо двумя раздельными скалками насоса (фиг. 4 и 5). На фиг. 4 дан разрез топливного насоса с совместной подачей воды и топлива.



Фиг. 4.

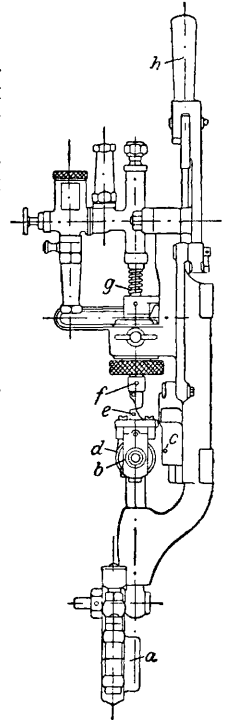
Топливо обычно поступает по трубе *a*, вода—по трубе *b*; топливо и вода во время всасывающего хода насоса через отверстия в скалке и шаровый клапан *c* засасываются в рабочую полость и через клапан *d* и трубку *e* во время нагнетательного хода подаются в форсунку. Регулирование количества воды производится от руки

игольчатым клапаном *f*, контроль расхода воды производится через смотровое окно *g*. Насос с двумя раздельными скалками для топлива и воды представлен на фиг. 5. Изменение относительного количества подаваемой воды производится от руки изменением хода скалки, к-рая подает воду. Указанными конструктивными мероприятиями удалось привести количество впрыскиваемой воды до  $1,2 \text{ кг}$  на  $1 \text{ кг}$  топлива и расход топлива снизить до  $275 \text{ г}$  на эфф.силочас. В последних моделях двигателя Аванс форсунка выполнена поворотной; при малых нагрузках вся нефть попадает на горячие неохлажденные стенки калоризатора, при больших нагрузках форсунка поворачивается, и топливо направляется на часть калоризатора, охлаждаемую водой. При такой конструкции форсунки впрыскивание воды в цилиндр делается излишним, так как с охлаждаемых стенок топливо испаряется медленнее и задерживается мгновенное сгорание всего впрыснутого топлива.



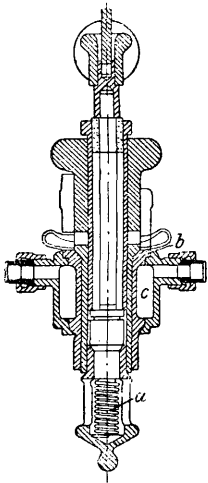
Фиг. 5.

На фиг. 6 представлен собранный топливный насос с одной скалкой. На коленчатом валу заклинен эксцентрик *a*, приводящий в качательное движение маятник *b*, имеющий зуб *e*. Маятник спиральной пружины *d* прижимается к пластинке *c*, снабженной уступом. При рабочем ходе зуб *e* попадает в зуб *f*, связанный со скалкой насоса, и производит нагнетательный ход насоса. Всасывающий ход происходит под влиянием пружины *g*. Если число оборотов двигателя повысится, маятник под действием сил инерции, вызываемых движением по уступу пластинки *c*, откидывается влево настолько, что зуб *e* не попадает в зуб *f*, и происходит пропуск вспышки. Рукояткой *h* достигается изменение числа оборотов двигателя путем смещения положения пластинки *c*. При пуске в ход калоризатор двигателя прогревается лампой *e* (фиг. 3) в течение  $5 \text{ м.}$ , после чего более мелкие машины пускаются от руки раскачиванием маховика и подкачкой топлива в калоризатор, между тем как машины большой мощности пускаются сжатым воздухом. В последних моделях пуск в ход производится при помощи электрического пускового приспособления (фиг. 7).



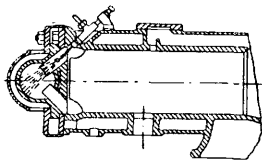
Фиг. 6.

Электрич. запальник ввертывается в калоризатор; при пуске двигателя спиральная проволока *a* накаливается электрич. током от аккумулятора, патрон с проволокой выдвигается из корпуса свечи, при чем герметичность обеспечивается коническ. заточкой *b*, к-рая играет роль клапана, в верхней части корпуса. После пуска машины в ход, когда калоризатор достаточно прогреется, ток выключается, и патрон со спиральной проволокой втягивается в корпус, при чем герметичность достигается конусной заточкой в нижней части корпуса; для предохранения свечи от перегрева корпус ее охлаждают водою, поступающею в рубашку *c*.

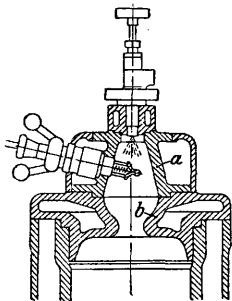


Фиг. 7.

Двигатели Болиндер (фиг. 8) двухтактные, вертикального и горизонтального типа, работают с кривошипно-камерной продувкой, при чем воздух засасывается через отдельные клапаны. Горизонтальный тип двигателя в 9 HP дает расход топлива в 330 г на эффективный силочас, к-рый уменьшается для больших мощностей до 270 г при среднем индикаторн. давлении до 3,5 atm. В последних моделях двигателей Болиндер форсунка перенесена в верхнюю часть калоризатора (фиг. 9), при чем особой регулировкой может изменяться ее угол распыливания. При малых нагрузках угол распыливания большой, и вся нефть попадает на раскаленные стенки *a* калоризатора; при больших нагрузках угол распыливания суживается, и топливо направляется на переходную часть горловины *b*, охлаждаемую водою. Пуск в ход — от электрического пускового приспособления.



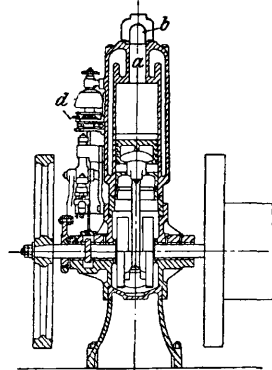
Фиг. 8.



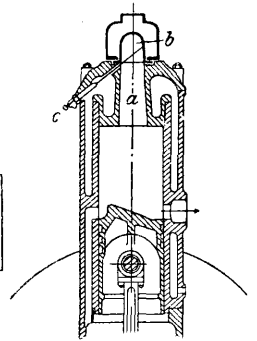
Фиг. 9.

Двигатель Свидерского (фиг. 10 а, 10 б) работает с кривошипно-камерной продувкой. К концу хода сжатия весь рабочий воздух вгоняется в продолговатую камеру сжатия *a* в форме цилиндра, охлаждаемую водою; верхняя часть камеры оканчивается калоризатором *b*. Форсунка *c* расположена в охлажденной крышке мотора и разбрызгивает топливо наклонно вверх. В этом двигателе имеется точное качественное регулирование, и подача топлива топливным насосом *d* строго согласована с нагрузкой. На регуляторной муфте помещены 2 конических кулачка (для двухцилиндровой ма-

шины), действующие через рычаг с роликами на плунжеры насосов. С уменьшением нагрузки регуляторная муфта поднимается и тем уменьшает ход плунжера нефтяных насосов, а с ним и количество впрыскиваемого топлива. На фиг. 11 представлены результаты испытания четырехцилиндрового двигателя Свидерского в лаборатории Московского высшего технического училища. При полной нагрузке расход топлива  $g_e$  на эфф.



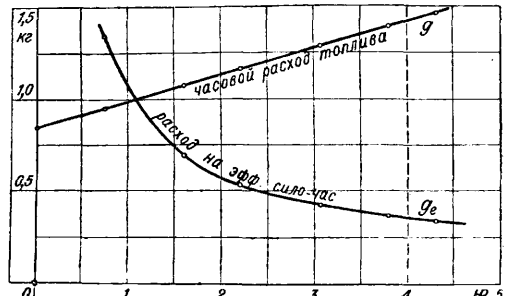
Фиг. 10а.



Фиг. 10б.

силочас составляет 350 г. Для более крупных двигателей расход топлива доведен до 250—260 г на эфф. силочас, при среднем эффективном давлении до 3,5 atm.

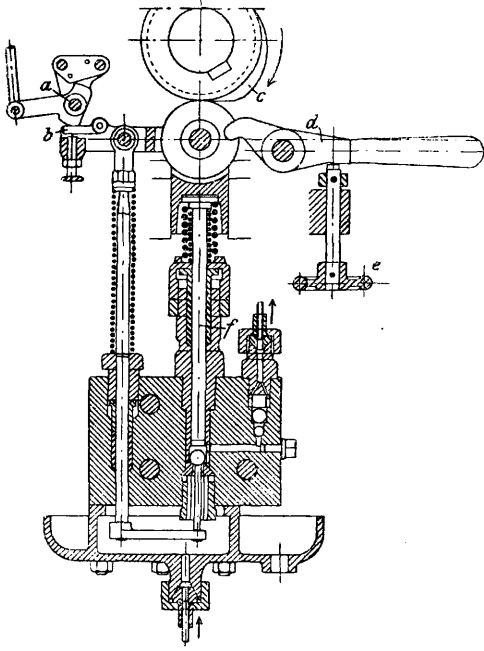
Двигатель Русь э-да Виганд в Ревеле — двухтактный, с кривошипно-камерной продувкой, с точным качествен. регулированием. Нефтяной насос (фиг. 12) получает свое движение от главного вала машины при помощи кулачка *c*. Регулятор действует помощью рычага *a* на положение рычага *b*, который дополнительно вручную может быть отрегулирован установительным винтом. В верхнем положении плунжера всасывающий шаровой клапан приподнят и садится на седло лишь после того, как плунжер пройдет некоторую долю своего хода.



Фиг. 11.

Благодаря этому часть засосанного топлива переходит обратно в топливный резервуар. С уменьшением нагрузки конец рычага *b* поднимается и держит всасывающий клапан во время нагнетательного хода насоса большее время открытым, чем уменьшается количество подаваемого в форсунку топлива. Такая конструкция почти не дает возвратного действия на регулятор и обеспечивает весьма спокойную работу двигателя. Эта система регулирования перене-

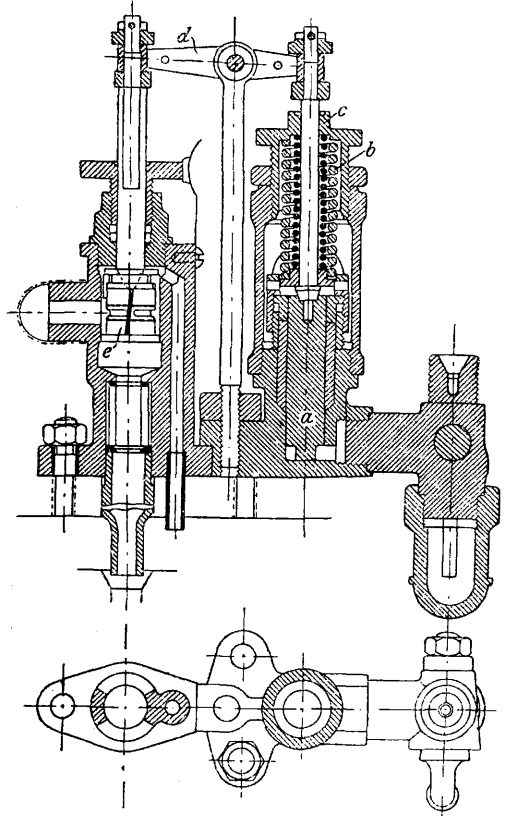
сена заводом Виганд с нормального типа регулирования двигателя Дизеля. Рычаг *d*



Фиг. 12.

служит для подкачивания нефти вручную при пуске в ход машины и для остановки двигателя путем подвинчивания винта *e*, поддерживающего рычаг в верхнем положении, чем разобщается плунжер *f* насоса от действия кулачка. Другой отличительной особенностью двигателя Русь является автоматическое регулирование количества подаваемой в цилиндр воды. В то время как во всех прочих конструкциях впрыска воды количество ее регулируется—или вручную (путем большего или меньшего открытия иглы в капельнике, при чем вода увлекается в процесс продувки) или помощью впрыска воды специальным насосом, находящимся под контролем регулятора,— у двигателя Русь количество подаваемой воды связано с величиной давления вспышки. Первый способ регулирования затруднителен при переменных нагрузках, т. к. требует весьма тщательного и бдительного ухода со стороны обслуживающего персонала, который вручную должен для каждой нагрузки устанавливать количество впрыскиваемой воды. Подача воды насосом, находящимся под влиянием регулятора, имеет тот недостаток, что в случае чрезмерного охлаждения калоризатора водой из-за излишнего ее количества может произойти вялая вспышка или даже пропуск, отчего число оборотов машины упадет, насос подаст усиленную порцию воды, еще более охладит калоризатор и вызовет остановку двигателя. Все эти недостатки устраняются регулированием количества воды, предложенным э-дом Виганд, конструкция регулятора к-рого представлена на фиг. 13. Поршень *a*, нагруженный сильной пружиной *b*, напряжение к-рой м. б. изменено подвин-

чиванием гайки *c*, находится под давлением в цилиндре двигателя и действует через рычаг *d* на поршень *e*, пропускающий в цилиндр впрыскиваемую воду. С увеличением давления вспышки поршень открывает и большие сечения для протока воды. На фиг. 14; представлен разрез двигателя Русь в 50 HP нормальной нагрузки, могущего продолжительно развивать мощность до 60 HP. со специальным приспособлением для накачивания сжатого воздуха, который служит для пуска машины и для увеличения количества продувочного воздуха. Этот дополнительный компрессор *a* приводится в действие от главного шатуна *b* при помощи двух серег *d*, действующих на балансирный рычаг *c*. Правая сторона компрессора служит для накачивания воздуха до 15 atm для пуска в ход машины, а левая сторона—для засасывания и сжатия продувочного воздуха в помощь кривошипной камере. Это приспособление позволяет среднее индикаторное давление довести до 3,2 atm. Весьма удачно сконструирован в этом типе двигателей калоризатор *e*, который соединен с цилиндром помощью двух окон. Продувочный воздух, отклоняемый выемкой *f* в днище поршня *g* по направлению к калоризатору, продувает последний и очищает его от продуктов сгорания. Распыливаемая в калоризаторе нефть захватывает почти весь рабочий воздух, так как при процессе сжатия

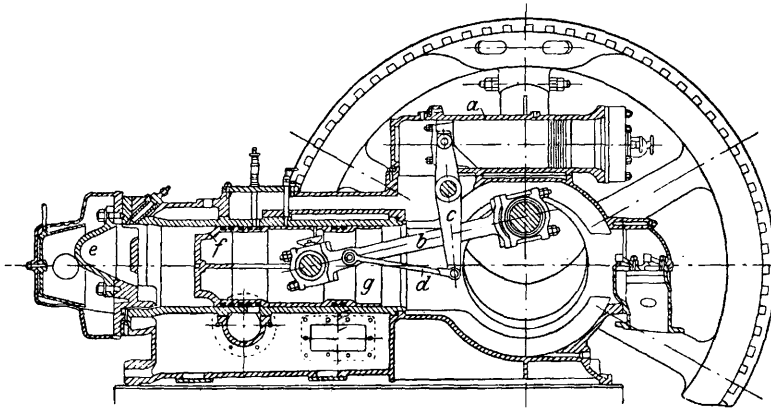


Фиг. 13.

последний почти целиком вытесняется в калоризатор. Перечисленные конструктивные

изменения двигателя улучшили его качества и, по опытам автора с 25-сильной моделью, понизили расход топлива с 305 г

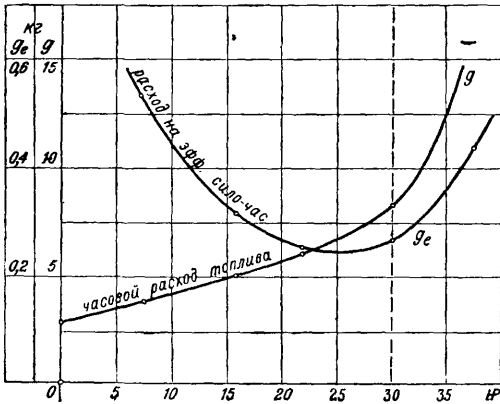
лее поздней подачи топлива. Регулятор, топливный насос и форсунка двигателя Гамма представлены на фиг. 17. Регуляторный вертикальный вал *a* получает свое движение от главного вала через пару конич.



Фиг. 14.

на эфф. силочас до 250 г при нагрузке в 25 НР, согласно графику (фиг. 15). По опытам лаборатории двигателей внутреннего сгорания Московского высшего техническ. училища, двигатель Русь в 10—12 НР с нормальной кривошипно-камерной продувкой дает коэффициент подачи продувочного насоса до 0,75; при этом количество воздуха, используемого двигателем, составляет 65% рабочего объема цилиндра; часть же воздуха теряется в процессе самой продувки.

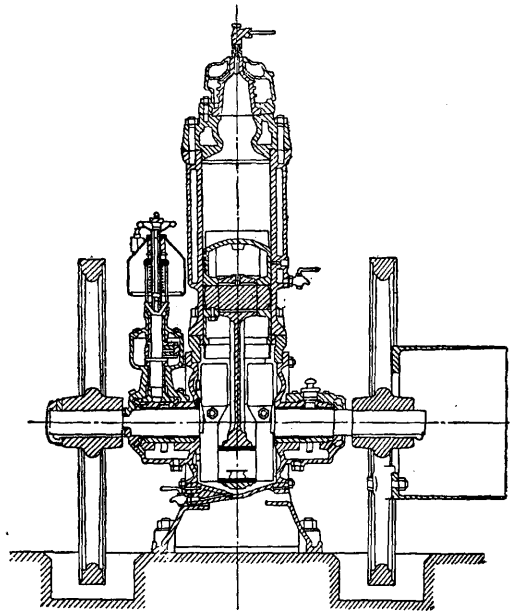
Двигатель Гамма (фиг. 16)—двухтактный вертикальный. По общему типу постройки калоризатора, расположению форсунки вверх калоризатора, охлаждаемой специальной камерой, этот двигатель напоминает вертикальный двигатель Аванс, имея, однако, ряд существенных отличий от последнего. Двигатель снабжен прецизионным регулированием количества подаваемого топлива, в зависимости от нагрузки машины, и специальным приспособлением для изменения момента подачи нефти. Это последнее обстоятельство имеет весьма существенное значение для работы машины,



Фиг. 15.

позволяя уменьшать количество впрыскиваемой воды, в особенности при больших нагрузках двигателя, путем установки бо-

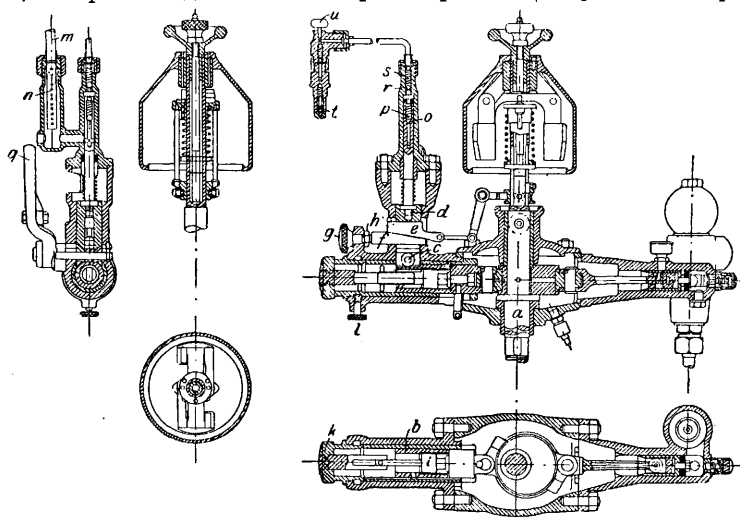
ний насккивает на имеющийся на втулке подъем, чем приводит в движение нефтяной насос. Регулятор воздействует на клин *e*,



Фиг. 16.

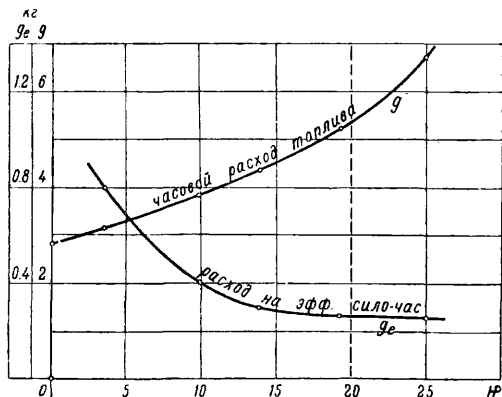
опирающийся на неподвижный клин *f*, устанавливаемый вручную помощью установительного винта *g* и контргайки *h* при первоначальном отрегулировании машины. Оба клина во время движения толкателя и плунжера насоса остаются в покое и ограничивают в зависимости от нагрузки полезный ход насоса. Для регулировки момента подачи топлива относительно положение втулки *b* и эксцентрика *m. б.* изменено помощью винтовой пары, приводимой от установительной головки *k* в движение от руки. При ввинчивании эксцентриковой тяги *i* во втулку *b* увеличивается предварение впуска нефти. Для определенной нагрузки положение установительной головки фиксируется уста-

новительным винтом *l*. Подвод нефти к насосу производится по трубке *m* через фильтр *n*, и нефть попадает в насос через сверление



Фиг. 17.

в плунжере, в конце которого монтирован всасывающий клапан (шарик) *o*, прижатый к своему седлу слабой пружиной *p*. Над ним в корпусе насоса расположен нагнетательный клапан (шарик) *r*, прижатый к седлу пружиной *s*. Отсюда нефть направляется в форсунку, имеющую два обратных шариковых клапана. Форсунка снабжена винтовым распылителем *t* перед диафрагмой. Сверху размещен стопорный винт *u* для спуска воздуха, могущего попасть в нефтяной трубопровод. Для ручной подкачки нефти при пуске двигателя в ход и остановки его имеется рукоятка *q*. На фиг. 18 даны кривые расхода топлива вертикального двигателя Гамма в 20 HP, испытанного автором; при нормальной нагрузке расход



Фиг. 18.

нефти получился равным 260 г на эффектив. силочас. Двигатель выдерживал продолжительную перегрузку на 25%, при чем расход топлива поднялся до 275 г на эфф. силочас. Для более мощных двигателей расход нефти падает до 230 г на эффектив. силочас.

Лит.: см. Двигатели Дизеля.

Н. Брилинг.

**ДВИГАТЕЛИ СУДОВЫЕ**, специальные тепловые двигатели, механич. энергия к-рых служит для вращения движителей различных классов судов. Д. с. разделяются на: 1) паровые поршневые машины, 2) паровые турбины, 3) двигатели внутреннего сгорания. В некоторых случаях применяются смешанные установки: а) поршневая машина с турбиной, б) паровые турбины и дизель для экономич. хода. От Д. с. требуются: надежность действия, гибкость маневрирования, экономичность и простота ухода. На военных кораблях Д. с.; кроме того, должны иметь минимальный вес на 1 HP, быть компактно сконструированными и иметь достаточную экономичность на т. н. крейсерской скорости, равной 0,4—0,6 наибольшей; их габарит особенно ограничен по высоте, т. к. глав-

ные механизмы должны быть защищены броней или помещены ниже ватерлинии. Двигатели военных судов более быстроходны, при чем для уменьшения их веса применяются специальные сорта материалов. В зависимости от назначения корабля мощность Д. с. распределяется на 1, 2, 3 или 4 вала, число же двигателей м. б. и больше.

**Паровые поршневые машины** в наст. время ставятся исключительно на коммерческих судах и вспомогательных судах военного флота (буксиры, транспорты, тральщики), т. к. они очень громоздки и имеют сравнительно большой расход пара. При более крупных установках после поршневой машины включается турбина, работающая непосредственно на свой вал или же через зубчатую передачу на вал поршневой машины (система Бауера-Ваха). Применяются машины двойного расширения (буксиры, мелкие пароходы), тройного (наиболее распространены) и четверного (большие пассажирские пароходы, большие военные корабли старой постройки). В последнее время получила распространение прямоточная машина (Штумпф, Ленц) (см. *Паровые машины*).

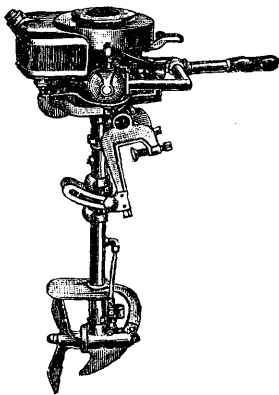
**Турбины** являются основным двигателем быстроходных военных и коммерч. судов. Вначале турбины строились для непосредственной работы на гребной вал, почему были с низким числом оборотов, тяжелы и малоэкономичны. Применение их оправдывалось только большими мощностями, недостижимыми в паровой машине того же веса и габарита. Теперь турбины устанавливаются исключительно с передачами—зубчатой, электрической (реже) или гидравлической (опытные установки). Турбинная установка с непосредственной или зубчатой передачей требует включения турбин заднего хода. Для экономич. хода (на военных кораблях) ставят отдельную крейсерскую турбину или же в главных турбинах, в части высокого давления, устраивают крейсерские ступени



(обычно активные колеса). Крейсерская турбина иногда является самостоятельным агрегатом, и отработанный пар поступает прямо в холодильный; иногда крейсерскую турбину соединяют с отдельным валом. На англ. крейсере Adventure вместо крейсерских турбин для экономичного хода установлены дизели. При электропередаче ни турбин заднего хода, ни крейсерских устанавливать не надо, т. к. маневрирование выполняется электромотором, а экономичный ход получается работой одного генератора (см. Турбины).

Пар для паровых двигателей получается от батареи котлов—цилиндрических или водотрубных; последние применяются на военных и на быстроходных коммерч. кораблях. В военном флоте почти исключительно применяются трубчатые котлы с трубками малого диаметра—от 25 до 45 мм (котлы Ярроу, Нормана, Горникрофта и др.), в коммерческом—котлы Бабкок и Вилькокс. Наиболее употребительное давление пара—18 atm; наблюдается тенденция повысить давление, и уже осуществлена судовая установка с давлением в 40 atm. Топливо—дрова (речные и озерные пароходы), уголь, мазут. Для твердого топлива применяется преимущественно ручная загрузка топki, но начали применять и механические топki; проведены успешные опыты с сжиганием в судовых котлах пылевидного топлива. Нефтяное отопление установлено на всех военных кораблях. Форсунки для нефти на морских судах применяются только механические, на речных—паровые (см. Паровые котлы).

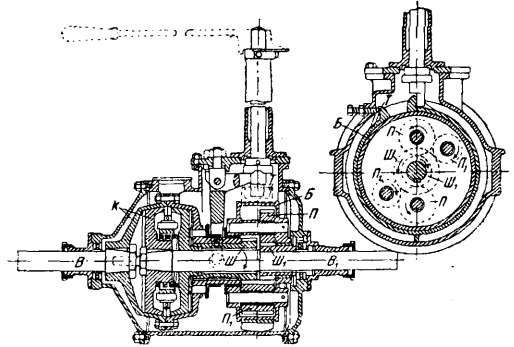
**Двигатели внутреннего сгорания судовые** устанавливаются на судах различных классов, от мелких шлюпок до океанских пассажирских судов. Двигатели легкого топлива (бензиновые, бензино-керосиновые) с электрическим зажиганием ставятся на шлюпки, прогулочные яхты (крейсера), гоночные лодки, торпедные и сторожевые катера и, как вспомогательные,—на парусные суда небольшого водоизмещения. Двигатели тяжелого топлива с калильным шаром (калоризатором) имеют распространение на рыбацких судах и небольших тяжелых судах прибрежного плавания. Дизели применяются на военных судах (подводные лодки, сторожевые катера, тральщики, вспомогательные и крейсерские агрегаты на больших судах) и на коммерческих теплоходах различных назначений, а также на яхтах.



Фиг. 1.

1) Двигатели легкого топлива по своей конструкции близки к автомобильным и авиационным двигателям, отличаясь от них пониженным числом оборотов, большим весом и приспособлением для перемены хода судна. Большое приме-

нение имеют подвесные или забортные моторы (фиг. 1), легко устанавливаемые на любой шлюпке. Они имеют 1 или 2 горизонтальных цилиндра, работающих по двухтактному циклу. Бензин находится в баке сбоку маховика и смешан с маслом для смазки цилиндров; магнето—в маховике. Реверсирование производится перестановкой момента зажигания и вращением маховика в обратную сторону. Такие моторы строят от 1½ до 6 HP, весом 16—36 кг. В тех случаях, когда конструкция двигателя исключает возможность изменить направление

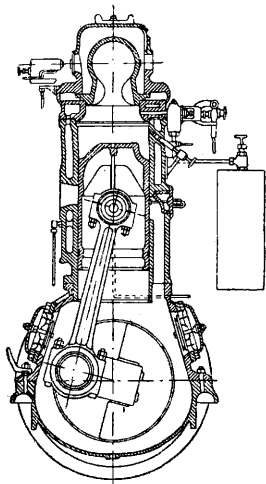


Фиг. 2.

вращения его вала, перемена хода лодки вперед или назад достигается поворотом лопасти винта или же при помощи реверсивной муфты. Винт с поворотными лопастями (см. Гребной винт) применяется для очень малых мощностей (до 10 HP). Внутренний вал, передвигаемый рукояткой, поворачивает лопасти при помощи пальцев, имеющихся на их концах. Реверсивная муфта (фиг. 2) служит для перемены направления вращения вала винта: при прямом ходе вращение вала мотора передается валу винта помощью конусного сцепления К, и оба вала вращаются в одну сторону; при обратном ходе поворотом рычага конус выключается, и барабан В, несущий планетарные шестерни П, П1, затормаживается тормозной лентой Т; шестерня Ш, как соединенная с ведущим (внешним) конусом, вращается как одно целое с валом В и вращает (при заторможенном барабане) планетарную шестерню П1, находящуюся в зацеплении с планетарной шестерней П, которая и вращает шестерню Ш1, жестко укрепленную на ведомом валу В1. Направление вращения шестерен и валов указано на фиг. 2 стрелками. Пуск малых двигателей производится рукояткой; на больших моторах и на современных малых установлены электрические стартеры. Динамо для зарядки пусковых аккумуляторов получает вращение от мотора. Для пуска тяжелых керосиновых моторов применяют также воздушный пуск. Смазка—или под давлением или разбрызгиванием, охлаждение—забортной водой; насос приводится в движение от коленчатого вала. При водяном охлаждении двигателей с алюминиевыми цилиндрами, вследствие разъедающего действия соленой воды на алюминий, применима только пресная вода. Питание моторов производится

через карбюраторы, из которых наиболее распространены Шеблер, Зенит, Паллас, Клодель и Стромберг (см. *Автомобильный двигатель*). В случае бензино-керосиновых или бензино-спиртовых моторов карбюратор устраивается двойной. Для керосина приходится применять подогревание карбюратора отработанными газами. Лодочные двигатели тяжелого и среднего веса строятся с числом цилиндров от 1 до 6. Число оборотов—до 800. Тяжелые двигатели имеют вес от 30 до 50 кг на 1 HP, средние—от 16 до 25 кг на 1 HP; скорость поршня 3—5 м/сек, литровая мощность 2,5—5 HP. Легкие двигатели мощностью до 360 HP строятся с числом цилиндров от 4 до 12 (в один ряд); число оборотов 1300—1800, вес 3,5—6,0 кг на 1 HP, скорость поршня—до 10,5 м/сек, литровая мощность—до 15,5 HP. Уменьшение веса достигается повышением оборотов, отливкой цилиндров по 2 и более в одном блоке, алюминиевыми картерами, большими допускаемыми напряжениями деталей и применением специальных сортов металла. Гонимые, глассерные двигатели являются измененными авиационными: реверсивная муфта, пониженная степень сжатия (4,8), вес ~1,5 кг на 1 HP, число оборотов ~2000, число цилиндров от 8 до 12, расположение V-образное. Для глассеров с воздушным винтом применяют авиационные двигатели.

2) Двигатели тяжелого топлива с запальным шаром, благодаря малой цене мотора, простоте обслуживания, малым эксплуатационным расходам (дешевое топливо), распространены на рыбацких,

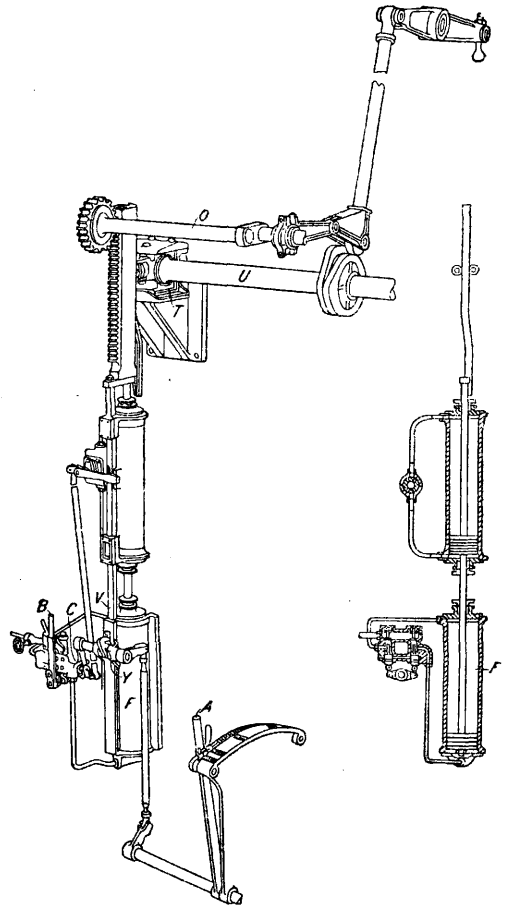


Фиг. 3.

грузовых и других судах, где требуется небольшая мощность и где большой вес двигателя не имеет значения. Двигатели в большинстве двухтактные, сжатие продувочного воздуха—в картере. Недостатки: большой вес: 50—70 кг на 1 HP, большой расход нефти, несовершенное сторание, длительный пуск в ход. Последний недостаток в некоторых двигателях устраняется специальными запалами (электрич., с быстрогорящим составом, специальные форсунки). Двигатели Ижорского завода (фиг. 3) строятся от 3 до 120 HP с одним и двумя цилиндрами. Нефтяные насосы приводятся от эксцентрика на валу, регулировка—пропусками. Пуск в ход малых двигателей—вручную, больших—сжатием воздухом. Реверсирование производится при помощи кулачка, к-рый при переводе реверсивного рычага ударяет в скалки насосов до прихода поршня в мертвую точку и вызывает т. о. обратный толчок. Регулировка  $t^\circ$  в цилиндре достигается впрыскиванием воды через капельник. Смазка—цен-

тральная. Двигатели такого типа строятся другими заводами до мощностей 600 HP с шестью цилиндрами.

3) Дизели, устанавливаемые на судах в качестве главных двигателей, строятся всегда многоцилиндровыми, чтобы получить более равномерный крутящий момент, избежать тяжелого маховика и обеспечить пуск двигателя в ход с любого положения. Минимальное число цилиндров—6 при 4 тактах и 4 при 2 тактах простого действия, обычно же 8 и 6. Максимум числа цилиндров ограничен тем, что судовый фундамент не является жестким и при большой длине двигателя

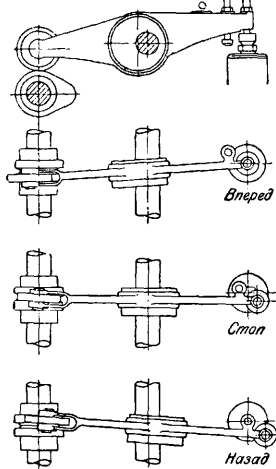


Фиг. 4.

неизбежные деформации корпуса судна во время хода будут вызывать расстройтва в работе двигателя. Поэтому в коммерч. типах избегают ставить больше 8 цилиндров, а в двигателях военного флота больше 10 цилиндров. По той же причине распределительный вал получает движение от коленчатого вала при помощи набора зубчатых цилиндрических колес или цилиндрич. и конич. передач, а не через винтовые колеса. Чтобы уменьшить влияние деформации корпуса, судовые фундаменты строят жесткими, распространяя их вне двигателя на возможно большую длину. Двигатели должны позволять регулировку числа оборотов и мощности в очень широких пределах, чтобы

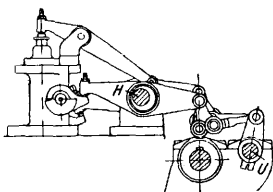
обеспечить маневрирование корабля в гаванях и узкостях. Так как мощность судового двигателя изменяется пропорционально кубу числа оборотов, а минимальная скорость поршня, обеспечивающая зажигание топлива, равна 0,7 м/сек, то регулировка не представляет затруднений. Двигатели для обеспечения движения судна в переднем и заднем направлении д. б. реверсивные. Нереверсивные двигатели устанавливаются при электропередаче. На подвод. лодках маневрирование выполняется электромотором от аккумуляторов.

Реверсирование осуществляется переменной кулачков, действующих на клапанные рычаги, чем вызывается обратная по отношению к вращению вала последовательность открытия клапанов. Процесс реверсирования: выключаются нефтяные насосы,

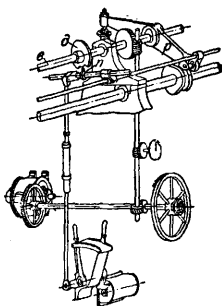


Фиг. 6.

нефтяные насосы, ролики рычагов отводятся от кулачков, кулачки представляют, после чего рычаги опускают на кулачки, производится пуск двигателя на воздухе и перевод его на нефть. Реверсивное устройство блокируется с пусковым, чтобы не могло быть ошибок в последовательности операций. Реверсирование по системе Бурмейстера и Вайна (Burmeister & Wain) (фиг. 4) производится продольным перемещением распределительного вала  $U$ , на к-ром для каждого клапана насажены по 2 кулачка (переднего и заднего хода). Перевод рычага  $A$  в положение, указанное на чертеже, выключает клапаны нефтяных насосов и сдвигает ограничительный болт  $C$ , освобождая движение реверсивной рукоятки  $B$ . Поворотом рукоятки  $B$  пускают воздух в цилиндр  $F$ , что вызывает поворот вала  $O$  и отодвигание роликов от кулачков. Зубчатая рейка на задней стороне имеет фигурную канавку, в к-рую входит палец скользящего подшипника  $T$  распределительного вала  $U$ . Когда ролики отойдут от кулачков, этот палец передвинет подшипник и распределительный вал, подводя под ролики комплект кулачков обратного хода. При дальнейшем

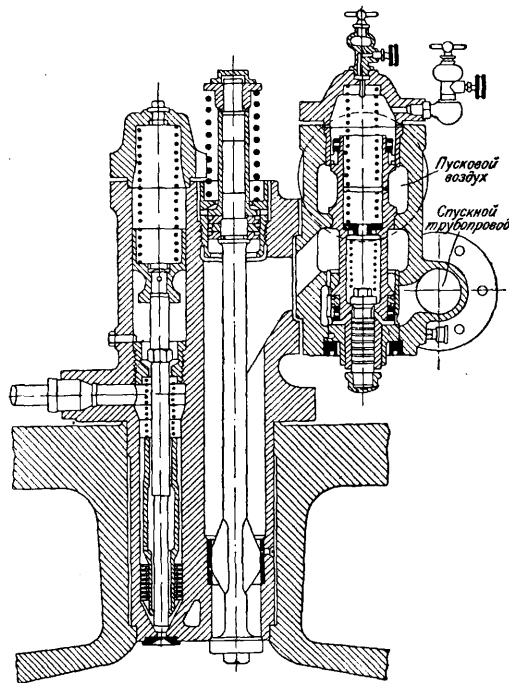


Фиг. 7.



Фиг. 5.

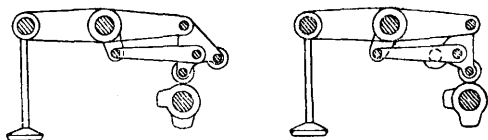
вращении вала  $O$  ролики опускаются на кулачки, и двигатель готов к пуску. Одновременно рукоятка  $B$  переводится в среднее положение. Масляный катаракт предотвращает удары. Рычаг  $A$  м. б. переведен только при двух крайних положениях реверсивного привода, когда одна из дыр  $Y$  приходится против пальца на передаточном валике. При переводе рычага  $A$  пускается воздух в цилиндры над пусковыми клапанами, ролики их рычагов прижимаются к кулачкам, и воздух проходит в цилиндры. При переводе рычага  $A$  с пускового положения на рабочее сначала прекращается подача пускового воздуха, а затем включаются нефтяные насосы. Реверсивный привод Бирдмора-Този (Beardmore-Tosi) (фиг. 5) работает от электромотора. Реверс осуществляется передвижением по оси роликов рычагов  $p$ . Передвижение роликов может быть выполнено только тогда, когда вырез в диске  $d$



Фиг. 8.

на опорной оси  $e$  рычагов встанет против пальца  $n$  на реверсивном вале, т. е. когда опорный вал повернут на  $180^\circ$  и рычаги, сидящие на эксцентриках, подняты над кулачками. В двигателях Веркспора (Werkspoor) (фиг. 6) рычаги всасывающих, выпускных и пусковых клапанов сидят на эксцентриках, косо насаженных на опорную ось. При вращении ее на  $180^\circ$  ролики переходят на кулачки обратного хода. Нефтяной рычаг сидит на прямом эксцентрике и при перемене хода только переходит на другую сторону своего кулачка. Пусковые рычаги управляются отдельным приводом, и при пуске в ход сначала работают все цилиндры на воздухе, затем одна группа переводится на нефть и, наконец, переводится и вторая группа. В двигателях Зульцера реверсивный и пусковой механизмы (фиг. 7) имеют 2 ро-

лика в сереге рычага, к-рые соответствуют кулачкам переднего и заднего хода. Реверсирование производится воздушным сервомотором, который поворотом опорной оси *H* рычагов отжимает ролики нефтяных клапанов от кулачков и открывает внутренний пусковой клапан (фиг. 8). Этот клапан держится открытым до перевода цилиндра на нефть.



Фиг. 9.

Поворотом вала *U* (фиг. 7) подводятся ролики обратного хода. При дальнейшем вращении оси *H* опускается ролик пускового вспомогательного клапана, и, когда двигатель заберет ход на воздухе, внутренний пусковой клапан закрывается и включается нефть. Реверсирование двигателя Фалька (фиг. 9) выполняется поворотом опорной оси рычагов и подведением роликов к их кулачкам. Реверс двухтактного двойного действия двигателя Вортингтона (фиг. 10), в к-ром кулачковое управление имеют только нефтяные клапаны, производится поворотом распределительного вала относительно коленчатого, что выполняется движением винтовой шестерни промежуточного вала вдоль широкого зубчатого колеса на коленчатом валу. Пусковые клапаны управляются воздухом от распределителя.

В реверсивных двигателях при маневрировании поршни подвергаются повторным резким изменениям  $t^\circ$ , к-рые способны вызывать трещины. Поэтому в некоторых двигателях пуск выполняется работой на воздухе продувочных насосов (системы Гессельмана), ступеней низкого давления компрессоров (Този), нерабочей полости цилиндра (Атлас-Дизель). Для двигателей подводных лодок Този применяют воздушные стартеры. Расход воздуха на пуск зависит от числа цилиндров, что видно из табл. 1.

Табл. 1.—Период открытия пускового клапана в % хода поршня.

Двигатель	Число цилиндров				
	4	5	6	8	10
4-тактный простого действия . . . . .	—	—	82	58	42
2-тактный простого действия . . . . .	58	—	32	19	—
4-тактный двойного действия . . . . .	58/47*	—	32/23*	—	—
2-тактный двойного действия . . . . .	—	13/10*	10/7*	—	—

\* Первое число относится к верхней, второе — к нижней полости.

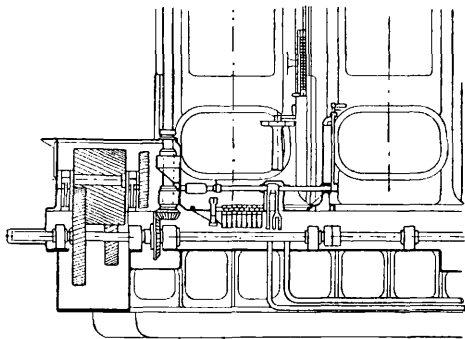
Германский Ллойд предписывает миним. объем пусковых резервуаров в л по формуле:

$$J = \frac{0,525 V m}{P - 15},$$

где *V*—объем цилиндра в м<sup>3</sup>, соответствующий периоду открытия пускового клапана, *m*—число цилиндров, имеющих пусковые клапаны, и *P*—максимальное рабочее да-

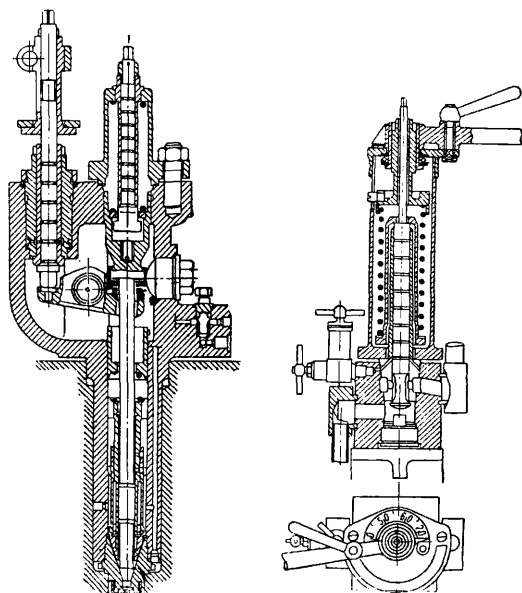
вление в пусковых резервуарах в *atm*. При двухвальной установке общий объем должен быть 1,4 *J*, а при нереверсивных главных двигателях—0,6 *J*. Английский Ллойд предписывает объем, достаточный для 12 последовательных пусков без пополнения.

Нефтяные насосы всегда приводятся в действие от двигателя. Регулировка подачи нефти производится открытием всасывающего клапана. Обычно каждый цилиндр имеет отдельный насос; для удобства насосы группируются в общий корпус у поста управления. В бескомпрессорных двигателях иногда насосы подают топливо в общую магистраль, и подача в цилиндр регулируется иглой нефтяного клапана. Веркспор применяет распределительное устройство, в котором регулировка производится подвесным сосудом,



Фиг. 10.

находящимся под давлением форсуночного воздуха. В случае избытка нефти сосуд опускается и прекращает подачу нефти к насосу. Нефтяные (форсуночные) клапаны при

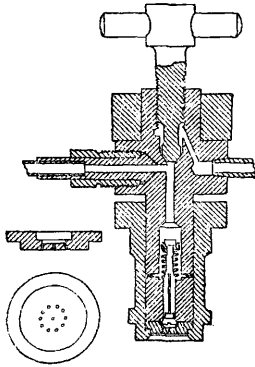


Фиг. 11.

Фиг. 12.

воздушном распыливании применяются пластинчатого или кольцевого типа (см. *Двигатели Дизеля*). Для уменьшения возможности заедания иглы и для предотвращения образования бороздок от набивки подъем иглы

делается помощью балансира внутри корпуса клапана (фиг. 11). Регулирование хода иглы производится чаще всего путем изменения зазора между роликом и кулачком, что выполняется поворотом эксцентрической втулки рычага. В двигателях Зульцер (фиг. 7)



Фиг. 13.

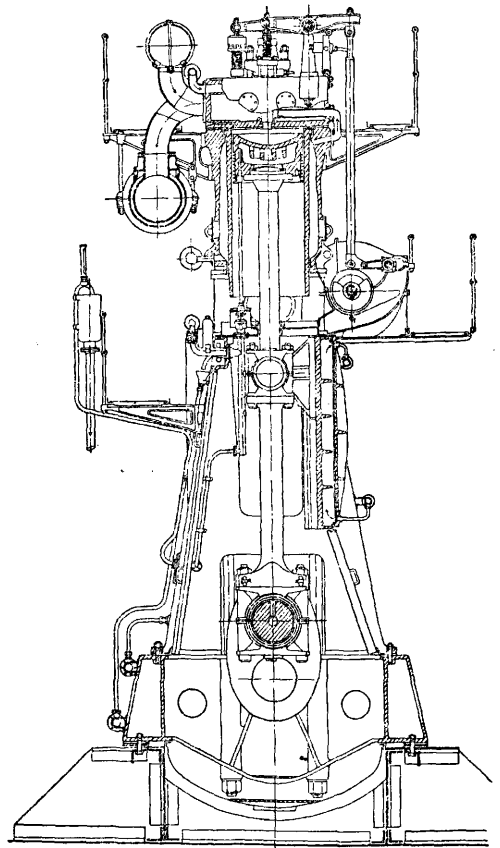
это может быть выполнено поворотом в небольших пределах реверсивного вала *U*. При быстрых изменениях оборотов влияние компрессора на давление форсуночного воздуха при наличии резервуара не может сказываться, почему иногда ставят регулятор давления воздуха между резервуаром и форсункой; он работает как редукционный клапан, пружина которого сжимается от руки или регулятором (фиг. 12). В бескомпрессорных двигателях нефтяной клапан на цилиндре чаще автоматический, открывающийся давлением нефти (фиг. 13), но иногда применяются и механические клапаны с регулировкой хода иглы. Подача топлива к насосу производится самотеком из расходной цистерны, расположенной возможно выше в машинном помещении и вмещающей полусуточный расход.

Охлаждение судовых дизелей производится забортной или пресной водой; для охлаждения поршней применяется также масло. Охлаждение забортной водой проще, но на охлаждающих поверхностях может отлагаться грязь; морская вода вызывает разъедание металла. Охлаждение поршней соленой водой допустимо только при том условии, что вода из подводных труб не может попасть в картер, так как она портит масло (эмульсия). Охлаждение пресной водой требует добавочных насосов и холодильников. Вода из магистрали поступает в нижнюю часть рубашки цилиндра, отсюда в крышку, выхлопной клапан и отливную магистраль. Отдельные отростки ведут к параллелям, поршням, компрессорам. На отливных трубках цилиндров и поршней устанавливаются термометры; от поршней вода отводится через открытые воронки для наблюдения за ее протоком. Для более интенсивного охлаждения наиболее нагреваемых мест принимаются меры к усилению скорости циркуляции путем сужения сечения прохода. Масляное охлаждение поршней, вследствие малой теплоемкости масла ( $\sim 0,4$ ) и возможности коксования, требует циркуляции большого количества его с большой скоростью, но зато при охлаждении маслом уменьшаются тепловые напряжения в металле, так как температуры обеих поверхностей по сравнению с температурой при водяном охлаждении более близки. Охлаждение поршней применяется при диаметре более 300 мм в быстроходных и 500 мм в тихоходных двигателях. Охлаждающая жидкость подводится или по телескопическим трубам (с набивкой и без набивки) или по шарнирным. Шарнир-

ные соединения из-за недостаточной их герметичности допустимы только для масла.

Смазка движущихся частей в большинстве случаев производится под давлением, при чем масло от насоса подводится к рамовым подшипникам, откуда через сверление вала—к шатунным, через сверление шатуна—к головным подшипникам и на параллель. Отработанное масло стекает в картер, а отсюда в отстойную цистерну и снова подается насосом через фильтр и маслоохладитель в систему. Часто включаются центробежные маслоочистители. Подшипники распределительного вала получают масло по ответвлениям общей магистрали; масло из них стекает в поддоны, где купаются кулачки, и идет в отстойную цистерну. В картере масло разбрызгивается шатунами. Цилиндры смазываются от отдельных насосов (прессовая смазка), подающих масло в нескольких местах по окружности цилиндра. Расход масла 5 г на 1 силочас.

Судовые дизели всегда снабжаются предельным регулятором скорости (Аспиналь, Янс), предохраняющим от чрезмерного повышения числа оборотов при резком уменьшении нагрузки (выход гребного винта из

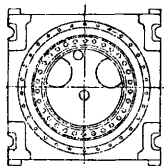


Фиг. 14.

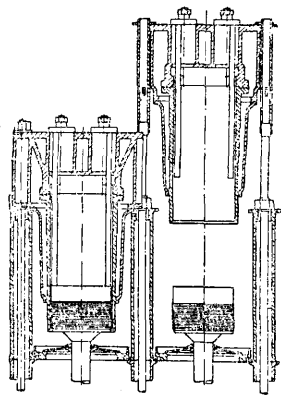
воды на волне, поломка лопастей винта). Регулятор действует на всасывающие клапаны нефтяных насосов. Дизели более чувствительны к регулировке, чем паровые машины и турбины, так как в последних пар, попавший в ступень высокого давления, уже вне

действия регулятора. Поэтому на волне работа дизелей сравнительно более плавная, надежная и требует меньше напряженности от обслуживающего персонала.

Типы судовых дизелей. Наиболее распространенным типом в коммерческом



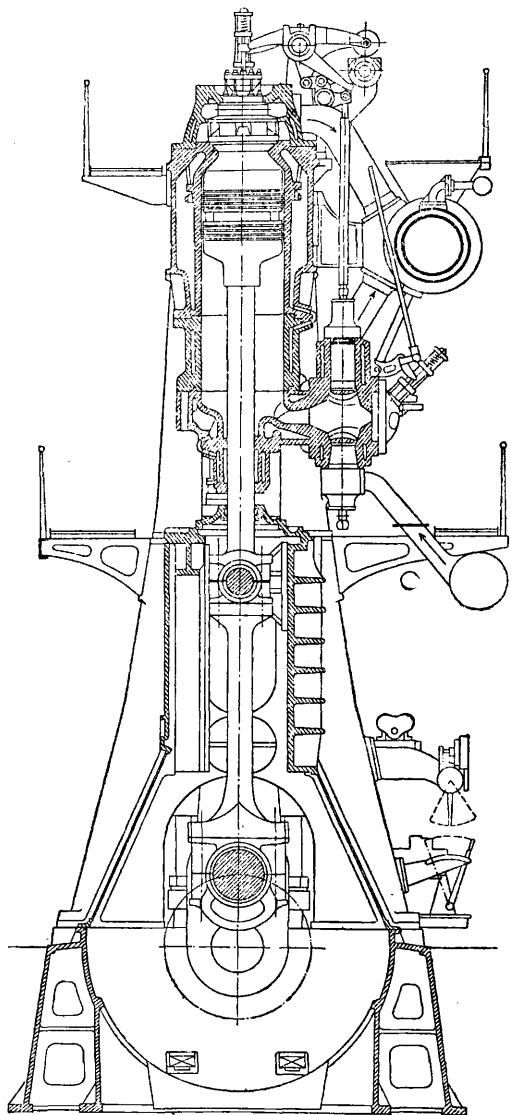
Фиг. 15.



Фиг. 16.

флоте являются четырехтактные двигатели завода Бурмейстера и Вайна в Копенгагене. На фиг. 14 дан разрез восьмицилиндрового двигателя в 3 200 HP, при 110 об/мин.,  $p_i=6,33 \text{ atm}$ ,  $D=740 \text{ мм}$ ,  $H=1\,200 \text{ мм}$ . Цилиндры расположены в 2 группах. Рубашки отлиты отдельно и соединены болтами. Давление передается фундаментной раме анкерными болтами, цилиндры и станины разгружены от растягивающих напряжений. Охлаждение цилиндров происходит пресной водой, поршней, в виду большой потери воды на парообразование, — соленой водой. Трехступенчатый компрессор для форсуночного воздуха расположен на переднем конце машины и работает от коленчатого вала. Двигатели имеют наддувку от электровентилятора. Наддувка при 1 800 мм водяного столба повышает индикаторную мощность до 3 900 HP, соответственно  $p_i=7,71 \text{ atm}$ . Фиг. 15 изображает новейшую конструкцию цилиндров, где рабочая часть и рубашка подвешены к крышке; на фиг. 16 изображен способ подъема цилиндра для осмотра поршня. Двигатель двойного действия этой системы выполняют со следующими характеристическими данными: эффективная мощность  $N_e=6\,750 \text{ HP}$  при 125 об/мин., 6 цилиндров,  $D=840 \text{ мм}$ ,  $H=1\,500 \text{ мм}$ ,  $p_e=5,10$  (среднее в обеих полостях), диаметр штока 250 мм; в основном сохраняется конструкция простого действия. Клапаны в нижней полости вынесены в боковую камеру. Последовательность зажигания в обеих полостях выбрана так, что рабочий ход верхней полости совпадает с ходом сжатия нижней. При пуске работают обе полости. Шток защищен от действия пламени чугунной гильзой. Сальник охлаждается водой; уплотнение достигается чугунными пружинящими кольцами. Завод Веркспор в Амстердаме (лицензии в Европе и Америке) строит четырехтактные

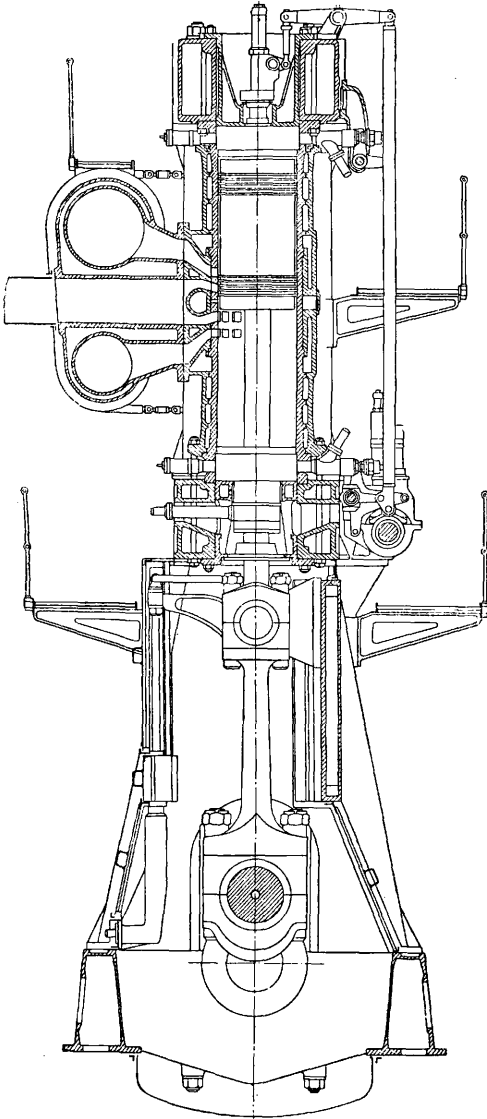
Д. с. со следующими характеристическими данными:  $N_e=2\,100 \text{ HP}$ , при 103 об/м., 6 цилиндров,  $D=730 \text{ мм}$ ,  $H=1\,511 \text{ мм}$ ,  $\eta_m=74,5\%$ , расход топлива 176 г на силочас. Характерные отличия: привод распределительного вала шатунами, нецентральное положение нефтяного клапана в крышке для лучшего охлаждения, реверсивный привод, устройство для осмотра поршня, состоящее из короткой втулки с фланцем, являющейся продолжением рабочего цилиндра, система распределения топлива. Охлаждение производится забортной водой. Компрессор, трехступенчатый, приводится от шатуна на переднем конце коленчатого вала. Ступень высокого давления в отдельном цилиндре; шток проходит через сальник в крышке низкого давления во избежание попадания воздуха



Фиг. 17.

высокого давления в систему низкого давления. Двигатель двойного действия этой системы (фиг. 17;  $D=820 \text{ мм}$ ,  $H=1\,500 \text{ мм}$ )

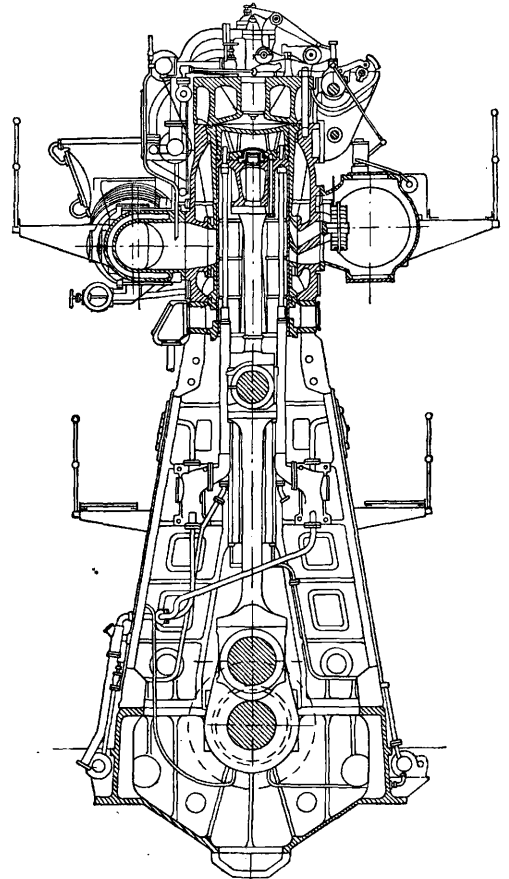
сохраняет основн. особенности конструкции. Клапаны нижней полости помещены в боковой коробке, нефтяной—наклонно, всасывающий (нижн.) и выпускной—друг над другом



Фиг. 18.

вертикально. Пускового клапана нет, на задний ход нижняя полость не работает. Давление сжатия в ней только  $21 \text{ atm}$ , почему при пуске нужен прогрев отработанными газами от верхней полости. В верхней крышке нефтяной клапан помещен центрально, а по окружности—6 клапанов, служащих и для впуска и для выпуска. Распределение выполняется золотником, охватывающим клапаны и приводящимся от эксцентрика на распределительном валу. MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) строит четырех- и двухтактные машины простого и двойного действия; характеристические данные:  $N_e = 2\,000 \text{ HP}$  при  $108 \text{ об/мин.}$ ,  $D = 700 \text{ мм}$ ,  $H = 1\,400 \text{ мм}$ ,  $p_e = 5,15 \text{ atm}$ .

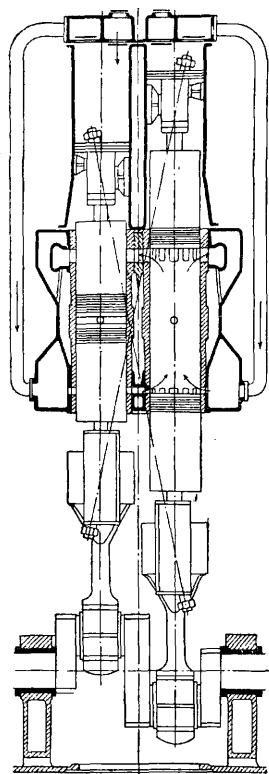
Конструкция 6-цилиндров. двухтактного двойного действия двигателя MAN (фиг. 18),  $N_e = 4\,400 \text{ HP}$  при  $84 \text{ об/мин.}$ ,  $D = 700 \text{ мм}$ ,  $H = 1\,200 \text{ мм}$ ,  $p_e = 4,5 \text{ atm}$ , вес  $485 \text{ т}$  отличается следующими особенностями. Рабочие втулки сделаны из двух частей, соединение—зигзагообразное. Нижние крышки отлиты в одном блоке для группы цилиндров, верхние связаны вместе фланцевым соединением и лежат на легких колоннах, стоящих на нижней крышке. Рубашки и рабочие втулки разгружены от растягивающих напряжений. Продувка происходит через расположенные с одной стороны цилиндра продувочные окна, общие для обеих полостей. Нефть. насосы—парные, расположены у цилиндров под распределит. валом. В нижней полости 4 нефтяных клапана; нефть к ним проходит от насоса через распределитель. Компрессор устанавливается в середине или на переднем конце. Продувочный насос—или в середине, или отдельный электротурбовентильатор. Двигатели системы MAN строят на Коломенском и Сормовском заводах. Двухтактными машинами системы Зульцер оборудовано



Фиг. 19.

около 30% океанских теплоходов. Характерные особенности (фиг. 19; 10 цилиндров,  $N_e = 5\,800 \text{ HP}$ ,  $115 \text{ об/мин.}$ ,  $D = 680$ ,  $H = 1\,200$ ): продувка через окна с обеих сторон, верхние продувочные окна закрываются автоматическим клапаном (взамен вращающе-

гося золотника в старой конструкции) для увеличения заряда свежего воздуха; поршень имеет отдельную головку. Компрессор—на переднем конце; на больших двигателях отдельные продувочные насосы (турбоventилаторы)—с электромотором. Расход топлива 170 г на силу в час. Охлаждение—заборной водой. Эти двигатели строятся в СССР след. заводами: Николаевским им. А.



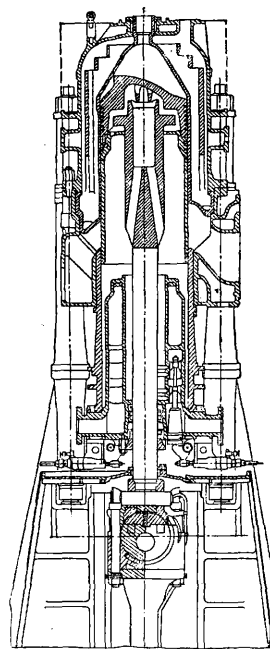
Фиг. 20.

Марти, Русский дизель и Харьковский паровозостроительным. Двигатель системы Доксфорда с противоположно движущимися поршнями является хорошо уравновешенным, продувка более совершенна, скорость поршня относительно цилиндра невелика и потери на трение сравнительно малы. Сжатие низкое, 21 atm, горение протекает по смешанному циклу, давление сгорания 41 atm; для обеспечения зажигания поддерживают более теплым, чем двигатель обычн. конструкции:  $t^\circ$  входящей воды (опресненной)  $\sim 60^\circ$ , выходящей  $\sim 68^\circ$ ; перед пуском двигатель должен быть обогрет водой этой  $t^\circ$ . Распыливание нефти—безвоздушное, ее подачу регулируют нефтян. клапаном. Нефтяные насосы на переднем конце двигателя подают нефть в общую магистраль под давлением 560—700 atm. Два нефтяных клапана в цилиндре расположены диаметрально. Пусковые клапаны—автоматические. Реверс осуществляется передвижением кулачкового вала вдоль оси. Для большей уравновешенности: 1) верхний поршень имеет меньший ход, благодаря чему его передаточный механизм облегчен и сравнен с массой механизма нижнего поршня; 2) порядок работы принят 1, 2, 4, 3. Расход топлива 174 г на силочас. В двигателе Cammellaird-Fullagar (фиг. 20) спариванием цилиндров достигнуто уравновешение масс, укорочение общей длины и уменьшение числа шатунов.

Двигатель Still (фиг. 21) использует тепло отходящих газов и воды для работы паровой машины. Верхняя часть цилиндра работает по принципу двухтактного дизеля, нижняя—паровой машины. Отработавшие газы проходят через котел и подогреватель. Вода из холодильника проходит через подогреватель и котел в рубашку дизельной части, а оттуда—снова в котел, где превращается в пар, поступает в паровой ци-

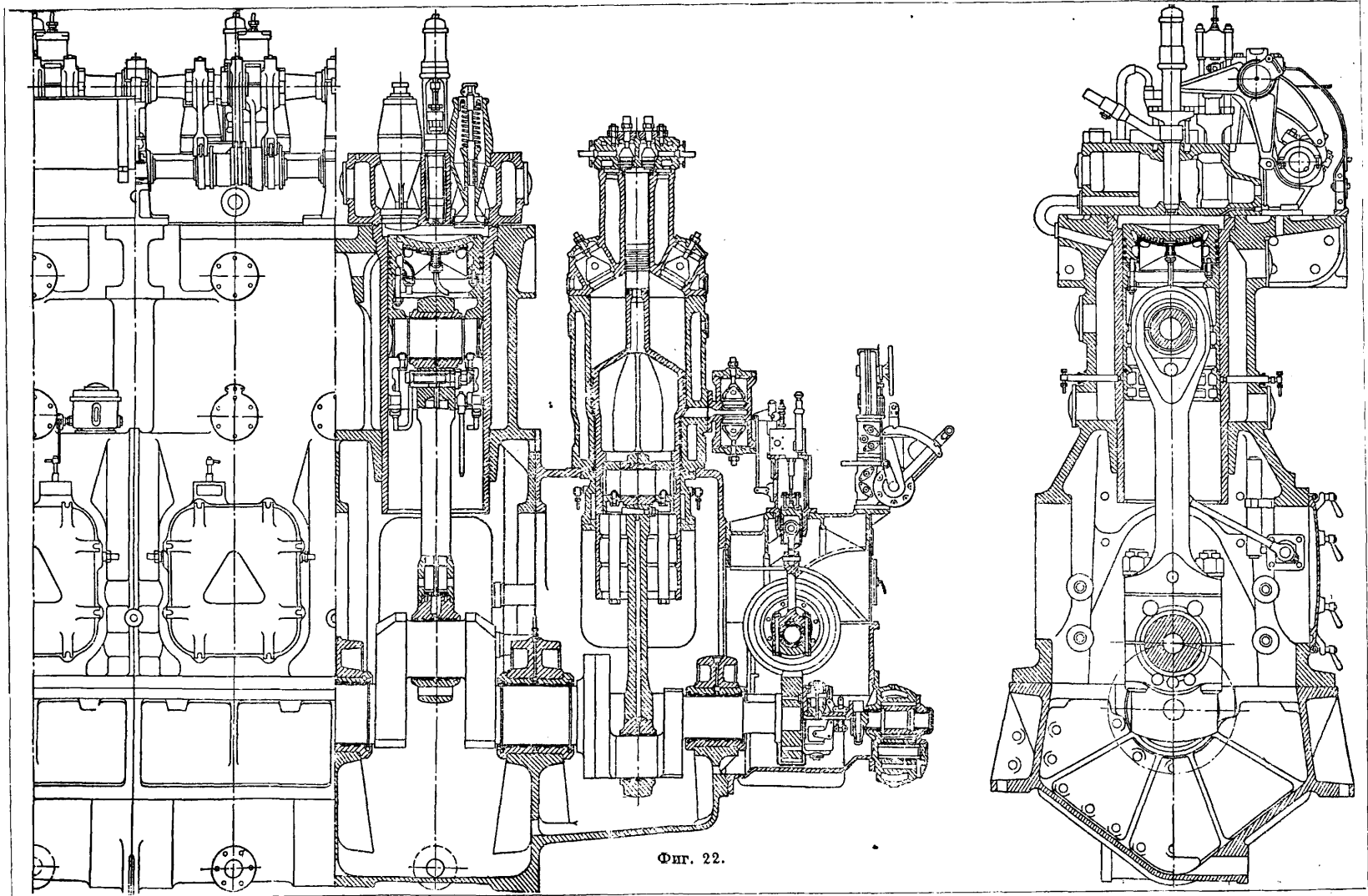
линдр и затем—в холодильник. В исполненных двигателях один из паровых цилиндров является ступенно высокого давления, остальные же три—ступенно низкого давления. При маневрировании пар пускается из котла во все цилиндры. Котел снабжается форсунками для отопления во время бездействия двигателя и маневрирования. Рабочая втулка цилиндра для лучшей теплоотдачи очень тонкая и снабжена для жесткости вертикальными ребрами, охваченными стальной обоймой. Поршень охлаждается паром, в утолщенном штоке высверлены каналы для подведения пара к самому донышку. В новой модели этого двигателя ( $N_e=2500$  HP при 105 об/м.), паровая часть выделена в отдельные два цилиндра двойного действия; дизельных цилиндров имеется 5. Высокая  $t^\circ$  двигателя ведет к низкому давлению сжатия в 20 atm. Испытания, проведенные Marine Oil Engine Trials Committee над различными двигателями, показали, что двигатель Still имеет наименьший расход топлива 160 г на силочас при теплопроизводительности топлива 10 800 Cal.

В военном флоте дизели устанавливаются преимущественно на подводных лодках; на надводных кораблях до настоящего времени применение их было ограничено недостаточной мощностью. Стесненность в месте и весе вызывает необходимость в быстроходных тронковых двигателях и связанное с этим широкое применение специальных сталей, бронзы и других материалов. В двигателе завода Крупна (фиг. 22; 6 цилиндров,  $N_e=800$  HP, 225 об. в мин.,  $p_e=5,08$  atm,  $D=460$  мм,  $H=630$  мм) стальная станина, состоящая из 3 частей, отлита в одном блоке с общей рубашкой пары цилиндров. Фундаментальная рама состоит также из 3 частей. Все фланцами связано в одно жесткое целое. На переднем конце имеется трехступенчатый компрессор. Привод распределительного вала осуществляется червячной передачей. Поршни охлаждаются маслом; для увеличения скорости циркуляции в поршне помещена направляющая часть. Верхняя часть поршня, подверженная тепловым нагрузкам, изготовлена отдельно от нижней, несущей поршневой палец. Двигатель—реверсивный. Четырехтактный реверсивный двигатель MAN, построенный в конце войны 1914—18 гг. для подводных крейсеров, имеет следующие характеристич. данные: 10 цилиндров,  $N_e=3030$  HP, при 390 об/мин.,  $p_e=5,96$  atm,



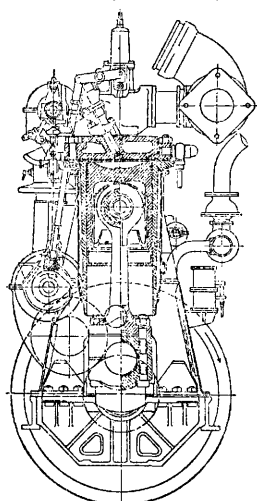
Фиг. 21.





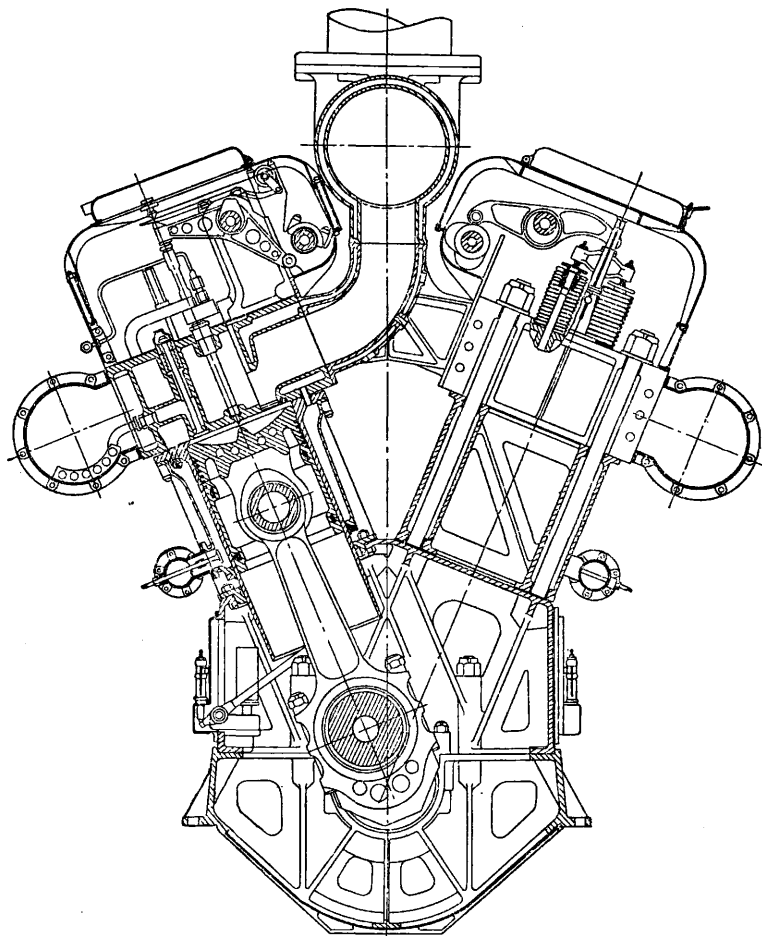
Фиг. 22.

$D=530$  мм,  $H=530$  мм, вес с водой и маслом 74 000 кг, или 24,4 кг на 1 HP. Картер и рубашки сделаны из стали. Верхняя часть поршня стальная, нижняя — чугунная. Охлаждение поршня масляное. Нефтяных клапанов 2 на цилиндр, связанных общей поперечиной. Подъем их игл регулируется, как и давление форсуночного воздуха. После войны двигатели этого типа с уменьшенной мощностью были установлены на коммерческих судах и ряде береговых электростанций. Прототипом этой машины был шестицилиндровый двигатель;  $N_e=1\ 200$  HP при 450 об/м.,  $p_e=6,00$  атм,  $D=420$  мм,  $H=420$  мм, вес 21,4 кг



Фиг. 23.

пятся к той же плите. Двигатель Трейбера (фиг. 24;  $N_e=3\ 000$  HP,  $D=406$  мм,  $H=406$  мм, вес 9,5 кг на 1 эффективную силу)



Фиг. 24.

на 1 HP. Двигатель Викарса (фиг. 23) являлся стандартным двигателем англ. подводных лодок, строился с 6, 8 и 10 цилиндрами, с эфф. мощностью соответственно 600, 800 и 1 000 HP,  $D=368$  мм,  $H=381$  мм, 380 об/мин.,  $p_e=5,9$  атм; вес 8-цилиндрового двигателя с водой и маслом = 25,5 т. Двигатель — реверсивный, бескомпрессорный. Нефть от насосов, расположенных на переднем конце вала, под давлением 205—270 атм подается в общую магистраль. Подача в цилиндр регулируется иглой нефтяного клапана, давление в магистрали — переупускным клапаном, подача насосов — периодом открытия всасывающих клапанов. Пусковые клапаны на цилиндрах автоматические, воздух к ним подводится от распределительной коробки. Цилиндры верхними фланцами лежат на верхней плите станины, к которой снизу крепится фланец рубашки из листовой сварной стали. Крышки кре-

бескомпрессорный, реверсивный интересен использованием конструкций авиамоторов. Характеристика двухтактного двигателя MAN для подводных лодок дана в табл. 2.

На теплоходах двигатели работают или непосредственно на гребной вал или через передачу. Первое возможно только лишь в том случае, когда число оборотов двига-

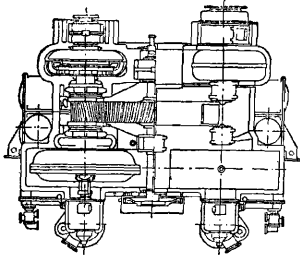
Табл. 2. — Характеристика двухтактных двигателей MAN для подводных лодок.

Число цилиндров	HP	$n$ об/м.	$D:H$ в мм	Скорость поршня $C_p$ в м·сек <sup>-1</sup>	$p_e$ в кг·см <sup>-2</sup>	Отнош. объема продув. насоса к объему рабоч. цили.
6	340	500	240/260	4,33	4,34	1,31
	417 *				5,32 *	
8	850	450	310/340	5,10	4,12	1,35
	1053 *				5,11 *	
6	600	275	310/500	4,58	4,32	1,50
	876 *				6,31 *	

\* Наибольшие достигнутые значения.

теля лежит в пределах чисел оборотов экономической работы движителя. Так как

двигатели требуют для хорошего кпд довольно низкого числа оборотов, то двигателями получают громоздкими. Для уменьшения веса двигателя устанавливают промежуточную механическую, гидравлическую или электрическую передачу. В зубчатой передаче завода Блома и Фосса для установки с 2 двигателями, работающими на один вал, удары в зацеплении смягчены тем, что шестерня насажена на полый вал, через который проходит длинный (~9,5 м) промежуточный вал. З-д Фалька применяет особую гибкую муфту, в которой зигзагообразная пружина между зубцами двух половин муфты поглощает удары. Завод Вулкан вводит между передачей и двигателем гидравлическую реверсивную муфту (фиг. 25). На американских теплоходах получила широкое распространение электропередача.



Фиг. 25.

Лит.: Балдин С., Двигатели внутр. сгорания, Прага, 1923; Дуббель Г., Двигатели внутр. сгорания, Одесса—Москва, 1927; Шольц В., Судовые двигатели внутр. сгор., пер. с нем. изд., Одесса, 1926; Зейлигер М., Дизели повышенной мощности, Л., 1928; Ford L., Practical Marine Diesel Engineering, N. Y., 1925; Чаклеу А. Р., The Diesel Engines for Land a. Marine Work, London, 1915; Крэнгер К., Der Bau d. Dieselmotors, B., 1927; Фёррль О., Strombeck H., Ebermann L., Schnelllaufende Dieselmotoren. Beschreibungen, Erfahrungen, Berechnung, Konstruktion u. Betrieb, 3 Auflage, B., 1925; Магг J., Dieselmotoren. Grundlagen, Bauarten, Probleme, B., 1928.

А. Сушинин.

**ДВИЖЕНИЕ**, см. Механика теоретическая.

**ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ.** Законы Д. в. имеют широкое применение в гидротехнике при расчетах каналов, трубопроводов, плотин, выправительных и других сооружений. Д. в. бывает равномерное и неравномерное, без напора и с напором.

**Движение воды в открытых руслах.** а) Равномерное движение воды. Необходимым условием равномерного Д. в. является постоянство живого сечения, материала и характера (шероховатости) русла, уклона дна и расхода воды. При этих условиях из основного уравнения для установившегося движения жидкости (см. Гидравлика) получается следующ. формула Шези (Chezy) для равномерного Д. в. в открытых руслах:  $v = k\sqrt{Ri}$ , где  $v$ —средняя скорость водотока,  $k$ —опытный коэффициент,

$R = \frac{F}{U}$ —гидравлический радиус, равный отношению площади живого сечения к подводному (смоченному) периметру  $U$ , и  $i$ —уклон потока. Величина  $k$  изменяется, в зависимости от шероховатости русла и его конфигурации, довольно значительно. При приближенных вычислениях его можно при-

нять равным 50, вообще же для определения  $k$  был предложен целый ряд формул.

Наиболее употребительными были до последнего времени (примерно до 1925 г.) и применяются в нек-рых странах до сих пор:

1) Ф-лы Ганги́лье-Куттера: (Ganguillet - Kutter):

$$k = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Для уклонов  $i \geq 0,0005$  можно пренебречь членом  $\frac{0,00155}{i}$  [тогда  $k = \left(23 + \frac{1}{n}\right) : \left(1 + 23 \frac{n}{\sqrt{R}}\right)$ ]

или применить так называемую старую формулу Куттера:  $k = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$ .

2) Ф-ла Ба́зена (Bazin):

$$k = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}}$$

В ф-лах Ганги́лье-Куттера и Ба́зена  $n$ ,  $m$  и  $c$  называются коэфф-тами шероховатости; значения их для наиболее характерных состояний русла см. ниже в табл. 1.

С 1925 г. (преимущественно в Германии) формулы (1) и (2) вышли из употребления, и при расчете открытых русел стали применяться более простые степенные формулы, а именно:

3) Ф-ла Ма́ннинга (Manning):

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}};$$

4) Ф-ла Форхгеймера (Forchheimer):

$$v = \frac{1}{n} R^{0,7} \cdot i^{0,5}.$$

В формулах (3) и (4) коэффициент шероховатости  $n$  тот же, что и в формуле Ганги́лье-Куттера (см. табл. 1).

Табл. 1. — Значения коэффициентов  $n$ ,  $m$  и  $c$  для различных русел.

№	Русла	$n$	$m$	$c$
I	Русла с очень гладкой обделкой (цементной, из гладко выстроганных досок) . . . . .	0,010—0,014	0,12—0,15	0,06
II	Русла с гладкой обделкой (из тесовой или кирпичной кладки или неостроганных досок) . . . . .	0,016—0,018	0,20—0,25	0,16
III	Русла с грубой обделкой (из бутовой кладки, булыжной мостовой) . . . . .	0,020—0,023	0,35—1,00	0,46
IV	Русла земляные правильной формы . . . . .	0,025—0,028	1,50—1,80	0,85
V	Русла земляные в обычных условиях с небольшим количеством гравия и водорослей . . . . .	0,030—0,035	1,50—2,00	1,30
VI	Русла земляные с крупными камнями или обильно заросшие . . . . .	0,040	2,00—2,20	1,75

Приведенные ф-лы находят применение гл. обр. при расчете искусствен. каналов; при расчетах же естественных потоков (особенно рек с подвижным ложем) пользуются ф-лами, где отсутствуют и коэфф. шероховатости и  $R$ . Таковыми являются ф-лы Кристена (Christen), Матакевича (Matakiewicz), Линдбое (Lindboe), Германека (Hermanek).

5) Ф-ла К р и с т е н а :

$$v = m \sqrt[3]{t_m \cdot i \cdot \sqrt[3]{B}},$$

где  $B$ —средняя ширина,  $t_m$ —средняя глубина русла,  $m$ —коэффициент, характеризующий степень насыщенности рек наносами; для рек с наносами  $m=7$ , а для рек без наносов  $m=32$ ; для каналов же, если придерживаться приведенных выше в формулах Базена и Гангилье-Куттера подразделений обделки русел, значения для  $m$ : I—57—54, II—56—52, III—39—30, IV—28—20, V—18—16 и VI—11.

6) Ф-ла М а т а к е в и ч а :

$$v = \frac{116 i^{0,493+10 i}}{2,2+t_m \sqrt[3]{\frac{0,115}{t_m^2}}}$$

Имеется таблица, приведенная у Вейрауха, дающая непосредственно среднюю скорость  $v$  при  $t_m$  от 0,1 до 7,0 м и уклонах  $i$  от 0,00025 до 0,01. Средние скорости колеблются от 0,028 до 8,993 м/сек.

7) Ф-л а Л и н д б о е действительна для естественных потоков при  $B_{min}=10$  м,  $i_{max}=0,005$ ,  $\left(\frac{t_m}{B}\right)_{max}=0,1$  и выражает  $v=k \cdot \lambda \cdot t_m^n \cdot i^r$ .

Для различных значений  $i$ ,  $t_m$  и  $\frac{t_m}{B}$  численные значения коэффициентов сведены в следующую таблицу, дающую значения  $v$ .

Табл. 2. — Значения  $v$  в м·сек<sup>-1</sup>.

Средняя глубина русла	Уклон: $i < 0,0006$	
	$\frac{t_m}{B} < 0,028$	$0,028 < \frac{t_m}{B} < 0,1$
$t_m < 1,12$ м	23,37 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,9} i^{0,42}$	8,19 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,9} i^{0,42}$
$1,12$ м $< t_m < 3,65$ м	24,11 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,42}$	8,45 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,42}$
$t_m > 3,65$ м	27,45 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,42}$	9,62 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,42}$
Средняя глубина русла	Уклон: $0,0006 < i < 0,005$	
	$\frac{t_m}{B} < 0,028$	$0,028 < \frac{t_m}{B} < 0,1$
$t_m < 1,12$ м	33,86 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,9} i^{0,47}$	11,86 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,9} i^{0,47}$
$1,12$ м $< t_m < 3,65$ м	34,94 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,47}$	12,24 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,47}$
$t_m > 3,65$ м	39,77 $\left(0,822 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,47}$	13,94 $\left(2,293 - \frac{t_m}{B}\right) i^{0,83} i^{0,47}$

8) Для рек с подвижным ложем Германек дает следующие простые степенные формулы:

при  $t_m < 1,5$  м . . . . .  $v = 30,7 t_m \cdot i^{\frac{1}{3}}$   
 »  $1,5 \leq t_m \leq 6$  м . . . . .  $v = 34,0 t_m^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{3}}$   
 »  $t_m > 6$  м . . . . .  $v = 44,5 t_m^{\frac{1}{3}} \cdot i^{0,5}$

Прежде чем остановиться в расчетах гидротехнических сооружений на определенной формуле, необходимо тщательно проверить имеющиеся результаты непосредственных измерений с данными, полученными по возможности в том же районе по различным ф-лам, и остановиться на той из них, при которой суммы положительных и отрицательных отклонений вычисленных величин от измеренных наиболее близки друг к другу

и при которой получается наименьшее число крупных отклонений (например, больше 0,2 м·сек<sup>-1</sup>). Вообще же для предохранения русла искусствен. потоков от размыва нельзя допускать  $v$  выше след. пределов для различных грунтов (в м·сек<sup>-1</sup>): илистая земля и мягкая глина—0,10; жирная глина—0,15; глина и крупный речной песок—0,30; хрящ—0,61; гравий—0,91; грубокаменистый грунт—1,22; сланец и конгломераты—1,83; тяжелая галька—2,25; скала—3,05. Для мостовой средняя скорость принимается от 2,0 до 2,5 м/сек, для каменной кладки и деревянных лотков — до 4,0 м/сек. Для предохранения от осаджения наносов средняя скорость не должна быть меньше 0,25 м/сек при илистых и 0,50 м/сек при песчаных наносах.

Выбор формы и размеров каналов зависит от целого ряда условий. Расход  $Q$  обычно задан заранее, площадь живого сечения  $F$  определяет объем выемки, а следовательно, и стоимость канала; подводный периметр  $U$  определяет стоимость обделки и укрепления дна и откосов; при отсутствии укрепления форма каналов определяется углом естественного откоса грунта. Пределы колебания скорости зависят от условий размыва и отложения наносов; увеличение уклонов часто сопряжено с опасностью понижения полезного напора воды. При учете всех указанных условий наилучшие размеры каналов определяют методом последовательных подстановок и приближений, задаваясь различными скоростями и подбирая ту наилучшую скорость, которая и соответствует наименьшим затратам как строительным, так и эксплуатационным. Различные формы поперечных сечений каналов и их расчеты—см. *Каналы*.

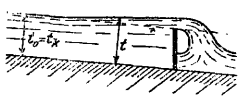
б) Н е р а в н о м е р н о е движение воды характеризуется изменением средней скорости  $v$  при переходе от одного сечения к другому и вызывается всяким изменением живого сечения или уклона потока. Плавное повышение водной поверхности в зависимости от преград или сужений русла (плотина, мостовые быки) называется подпором, плавное же понижение поверхности—спадом, резкий подъем—прыжком воды, резкое понижение—водопадом. При математич. решении вопросов неравномерного Д. в. исходят из предположения медленных изменений живых сечений, а следовательно, и средних скоростей. Поэтому формулы неравномерного движения относятся по преимуществу к искусственным каналам, а не к естественным руслам. Основное уравнение неравномерного движения воды имеет вид:

$$i = \frac{dz}{dx} = \frac{d}{dx} \left( \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{v^3}{k^2 R},$$

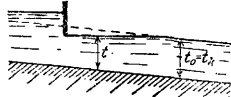
где  $k$ —коэфф. формулы Шези. Если известна зависимость  $R$  и  $F$  от  $x$ , то уравнение неравномерного движения можно интегрировать, т. к. при известном  $F$  условие постоянства расхода дает зависимость  $v$  от  $x$  и  $v$ . После интегрирования получаем зависимость  $z$  от  $x$ , т. е. кривую свободной поверхности. Интегральное ур-ие вида

$$z_2 - z_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + Q^2 \int_1^2 \frac{U}{k^2 F^3} dx$$

может быть решено последовательными приближениями, если на конечном участке 1—2 известны продольный профиль русла и ряд живых сечений. Целый ряд упрощающих допущений, в частности о призмагич. форме русла канала при большой его ширине



Фиг. 1.



Фиг. 2.

по сравнению с глубиной, позволил исключить из уравнения площадь живого сечения и заменить величину  $R$  глубиной русла  $t$ . Удельная энергия  $\epsilon$  потока при атмосферном давлении (открытом русле) и глубине  $t$  равна:  $\epsilon = \frac{v^2}{2g} + t$ . Ту глубину потока  $t_k$ , которая соответствует минимуму удельной энергии, называют критической. Из уравнений

$$\frac{d\epsilon}{dt_k} = 0 \text{ и } v = \frac{Q}{t_k B} \text{ находим: } t_k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g B^3}}$$

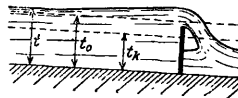
Глубину  $t_0$ , к-рая установилась бы в потоке, если бы при данном уклоне дна  $i$  движение перешло в равномерное со скоростью  $v$ , называют нормальной. Из ур-ия Шези

$$v = k_0 \sqrt{R_0 i} \text{ и } Q = B t_0 v \text{ находим: } t_0 = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 k_0^2 i}}$$

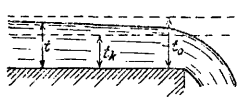
Ур-ие неравномерного Д. в. в функции глубин имеет вид:

$$\frac{dt}{dx} = i \frac{t^3 - t_0^3}{t^3 - t_k^3}$$

По критической глубине все потоки делят на две категории: при  $t > t_k$  они обладают



Фиг. 3.



Фиг. 4.

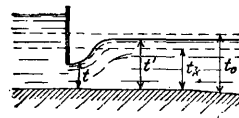
спокойным течением, при  $t < t_k$  — бурным. В зависимости от отношений между  $t$ ,  $t_0$  и  $t_k$  различают следующие виды неравномерного Д. в.

1)  $t_0 = t_k$ ;  $\frac{dt}{dx} = i$ . Свободная поверхность горизонтальна, и глубина  $t$  возрастает вниз по течению (фиг. 1 и 2).

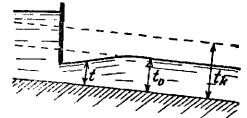
2)  $t > t_0 > t_k$ ;  $\frac{dt}{dx} > 0$ . Свободн. поверхность вниз по течению приближается к горизонт. прямой ( $\frac{dt}{dx}$  приближается к  $i$ ), а вверх по течению — к прямой равномерного движения ( $\frac{dt}{dx}$  приближается к нулю) (фиг. 3).

3)  $t_0 > t > t_k$ ;  $\frac{dt}{dx} < 0$ . Кривая спада (фиг. 4).

4)  $t_0 > t_k > t$ ;  $\frac{dt}{dx} > 0$ . Прыжок воды. Глубина постепенно возрастает вниз по течению, приближаясь к величине  $t_k$ . В момент



Фиг. 5.



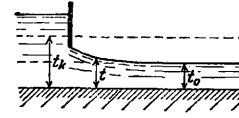
Фиг. 6.

достижения этой величины свободная поверхность поднимается вверх и переходит внезапно к режиму  $t' > t_k$  (фиг. 5).

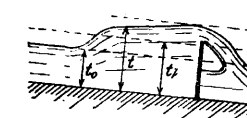
5)  $t < t_0 < t_k$ ;  $\frac{dt}{dx} > 0$ . Свободная поверхность приближается к прямой равномерного движения воды (фиг. 6).

6)  $t_0 < t < t_k$ ;  $\frac{dt}{dx} < 0$ . Кривая спада приближается к прямой равномерного движения воды (фиг. 7).

7)  $t_0 < t_k < t$ ;  $\frac{dt}{dx} > 0$ . Кривая подпора, начинающаяся с прыжка воды и приближающаяся к горизонтальной линии (фиг. 8).



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Построение и расчеты отдельных кривых свободной поверхности при неравномерном движении воды см. Подпор.

**Движение воды в трубах.** Потеря напора  $H$  на длине  $L$  трубы, или гидравлич. уклон  $i = \frac{H}{L}$  данной трубы, рассчитывается по ф-лам вида  $i = \zeta \frac{1}{D} \frac{v^2}{2g}$ , где  $D$ —диаметр трубы (в м), или  $i = \lambda \frac{Q^2}{D^5}$ , при чем последняя формула может быть при приближенных вычислениях заменена такой:  $i \cong \left(\frac{Q}{z_0}\right)^2 \cdot \frac{1}{D^5}$ .

Из большого числа эмпирических формул (свыше 150) Д. в. в трубах приведем наиболее употребительные.

1) Ф-ла Вейсбаха (Weisbach):

$$\zeta = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$$

2) Ф-ла Дарси (Darcy):

$$\zeta = 0,02 + \frac{0,00051}{d}$$

3) Ф-ла Зонне (Sonne):

$$i = \frac{1}{100} \left( 0,087 + \frac{0,012 \sqrt{D} + 0,003}{D} \right) \frac{v^2}{D}$$

4) Ф-ла Лампе (Lampe):

$$i = a \frac{v^{1,822}}{D^{1,325}}$$

где в среднем  $a = 0,0007555$ .

Для большинства формул во всех справочниках приведены таблицы или графики, позволяющие по двум из величин  $Q$ ,  $v$ ,  $D$  и  $i$  определять остальные.

Кроме общей потери напора, в трубах от трения существуют еще потери от местных

сопротивлений (см. *Гидравлика*), выражаемые ф-лой:  $h = \zeta \frac{v^2}{2g} \cdot L \cdot D$ . Значения  $\zeta$  для различных случаев местных сопротивлений (при входе, в коленах и отводах, при уширении и сужении, в запорных приборах) приводятся в справочниках (Hütte и др.).

*Лит.*: Павловский Н. Н., Гидравлический справочник, Л., 1924; Бахметев Б. А., О неравномерном движении жидкости в открытом русле, Л., 1928; Эссен А., Формулы скоростей. Отчет гидравлической части на Кавказе за 1910—12 гг., Тифлис, 1913; Weirach R., Hydraulisches Rechnen, Stg., 1926; Siedek R., Studie über eine neue Formel zur Ermittlung d. Geschwindigkeit d. Wassers in Flüssen u. Strömen, Wien, 1901; Christen T., Das Gesetz d. Translation d. Wassers in regelmässigen Kanälen, Flüssen u. Röhren, Lpz., 1903. А. Эссен.

**Движение грунтовых вод.** Грунтовой воде, при движении в водопроницаемых слоях грунта, приходится преодолевать большое сопротивление вследствие трения частиц воды между собой и о стенки пор грунта. Эти сопротивления в зависимости от свойств грунта могут достигнуть больших величин и заставляют воду двигаться весьма медленно. Скорость воды обыкновенно менее 1 м и редко более 5 м в сутки. Влияние свойств грунта сказывается и на характере движения водяных струек, которое подчиняется законам вязкости и фильтрации.

**Вязкость.** При медленном движении и малом поперечном сечении, движение воды по взаимно скользящим слоям не сопровождается каким-либо внезапным изменением скорости между двумя соседними точками. При этом движении разность  $dv$  скоростей в двух соседних слоях, находящихся на расстоянии  $dn$  друг от друга, вызывает трение

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dn}, \quad (1)$$

которое стремится движение одних частиц воды ускорить, а других—замедлить. Вязкость характеризуется внутренним коэффициентом трения  $\eta = \text{Const}$ , измеряемым силой, помноженной на время и деленной на площадь. По Пуазейлю (Poiseuille), при температуре воды  $T^\circ$

$$\eta = \frac{0,0001814}{1 + 0,0337 T + 0,00022 T^2} \text{ г см} \cdot \text{см}^{-2} = \frac{0,0001814}{1 + 0,0337 T + 0,00022 T^2} \text{ кг см} \cdot \text{см}^{-2}.$$

**Фильтрация.** Дарси (Darcy) в своих опытах с песчаными фильтрами нашел следующую зависимость:

$$Q = k \cdot \frac{h}{l} \cdot F. \quad (2)$$

В этой ф-ле  $Q$ —количество воды в  $\text{м}^3$ , протекающее через фильтрующий слой в 1 секунду,  $h$ —разность между уровнями воды перед фильтром и после фильтра в м,  $l$ —кратчайший путь, который вода должна пройти сквозь фильтр, или толщина фильтрующего слоя в см,  $F$ —площадь поперечного сечения фильтрующего слоя в  $\text{м}^2$ ,  $k$ —коэффициент пропускной способности грунта в  $\text{см} \cdot \text{сек}^{-1}$ , равный для чистого песка  $(36 \div 50) d^2$ , где  $d$ —средний диаметр зерен песка.

Формулу (2) можно преобразовать следующим образом:

$$\frac{h}{l} = \frac{Q}{k \cdot F} = \frac{p}{k} \cdot v, \quad (3)$$

где  $p$ —пропускная способность грунта, т. е. количество воды, протекающее в единицу

времени, при скорости равной единице, через фильтрующий слой, площадь которого равна единице, а  $v$ —средняя действительная скорость протекающей через фильтрующий слой воды. Ф-лы (2) и (3) говорят, что потеря напора  $h$  пропорциональна скорости или количеству воды, протекающему сквозь фильтрующий слой. Этот закон имеет, однако, место лишь для мелкого песка и для скоростей, обычных при медленной фильтрации. Поэтому закон Дарси не может быть применен для всех случаев движения грунтовых вод, т. к. в крупнопесчаных и гравелистых грунтах и при больших скоростях движения воды, чем в условиях медленной фильтрации, потери напора пропорциональны уже не первой степени скорости или количеству воды, а высшим степеням скорости.

**Закон сопротивления движению грунтовых вод.** Смрекер (Smreker), исследуя движение грунтовых вод, указал на то, что коэффициент  $k$  пропускной способности грунта есть ф-ия скорости  $v$ .

Если грунтовая вода движется в водоносных пластах с постоянной скоростью  $v$ , то высота напора  $h$ , необходимая для преодоления сопротивлений движению на длине пути  $l$ , пропорциональна скоростной высоте  $\frac{v^2}{2g}$ , пройденному пути  $l$  и некоторому коэфф-ту  $\xi$ , зависящему от свойств грунта водоносного пласта и от скорости  $v$ . Сказанное можно выразить ф-лой:

$$h = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}. \quad (4)$$

Коэфф.  $\xi$  м. б. выражен в общей форме так:

$$\xi = \alpha + \sum_{n > 1}^{n < \infty} \left( \frac{\beta n}{v^n} \right), \quad (5)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$ —постоянные величины, зависящие от свойств грунта водоносного пласта. Пренебрегая малой по сравнению с  $\frac{\beta}{v^3}$  величиной  $\alpha$  и ограничиваясь первым членом бесконечного ряда, мы можем формулу (4) заменить формулой:

$$h = \frac{\gamma}{2g} \cdot v^{\frac{3}{2}}, \quad (6)$$

где

$$\gamma = \frac{1}{n} \sum_0^n (a \sqrt{v} + \beta). \quad (7)$$

Из формулы (6) определяем скорость движения грунтовых вод:

$$v = \sqrt[3]{\left(\frac{2g}{\gamma}\right)^2 \cdot \left(\frac{h}{l}\right)^2}. \quad (8)$$

В общей форме закон сопротивления движению грунтовых вод выразится, по Смрекеру, следующими уравнениями:

$$\frac{h}{l} = a \cdot v^2 + b \cdot v^m \quad (9)$$

и

$$\frac{h}{l} = k \cdot v^m; \quad (10)$$

в этих уравнениях  $a = \frac{\alpha}{2g}$ ,  $b = \frac{\beta}{2g}$ ,  $k = \frac{\gamma}{2g}$ ,  $m = 2 - \frac{1}{n}$  и варьирует в пределах от 1 до 2.

Если в особых случаях желательно получить более точные значения величин, чем

при принятом  $m = 3/2$ , то экспонент (показатель степени)  $m$  может быть определен опытным путем.

Определение экспонента  $m$ . Если принять за ось ординат  $Y$ —ось бурового колодца, а за ось абсцис  $X$ —линию, лежащую в плоскости соприкосновения водонепроницаемого слоя с водяным пластом, и определить точки  $A_1(x_1, y_1)$ ,  $A_2(x_2, y_2)$ ,  $A_3(x_3, y_3)$  депрессионной линии, получающей при определенной откачке воды из колодца, то на основании (10) получим ур-ия:

а) для точек  $A_3$  и  $A_2$ :

$$\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} = \frac{c}{p^m} \left( \frac{q}{2\pi \cdot \frac{x_2 + x_3}{2} \cdot \frac{y_2 + y_3}{2}} \right)^m; \quad (11)$$

б) для точек  $A_2$  и  $A_1$ :

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{c}{p^m} \left( \frac{q}{2\pi \cdot \frac{x_1 + x_2}{2} \cdot \frac{y_1 + y_2}{2}} \right)^m. \quad (12)$$

Решая эти два последние ур-ия по экспоненту  $m$ , получим:

$$m = \frac{\lg \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} - \lg \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}}{\lg \left[ \frac{(x_1 + x_2)(y_1 + y_2)}{2} \right] - \lg \left[ \frac{(x_2 + x_3)(y_2 + y_3)}{2} \right]}. \quad (13)$$

Количество грунтовой воды, протекающей по водоносному пласту. Если обозначить через  $Q$  количество грунтовой воды, протекающей по водоносному пласту с поперечным сечением  $F$ , а через  $\nu$ —пропускную способность грунта, то

$$Q = p \cdot F \cdot \nu, \quad (14)$$

где  $\nu$ —средняя действительная скорость грунтовой воды. Подставляя в ф-лу (14) величину  $\nu$  из ф-лы (8), получим:

$$Q = p \left( \frac{2g}{\gamma} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot F. \quad (15)$$

Лит.: Вегер К., Vetsuche z. Bestimmung d. Wasserdurchlässigkeit v. Sand, «Bauingenieur», В., 1922, В. 3, p. 680; Форсгеймер Ph., Praktische Hydrologik, Lpz., 1914; Форсгеймер Ph., Zur Theorie d. Grundwasserströmungen, «Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wiss.», Wien, 1919, В. 128, p. 1223; Handbuch d. Ingenieurwiss., Т. 3—Der Wasserbau, В. 4—Gewässerkunde, 5 Aufl., Leipzig, 1923; Кейльск К., Lehrbuch d. Grundwasser- u. Quellenkunde, 2 Aufl., В., 1917; Луммерт Р., Neue Methoden d. Bestimmung der Durchlässigkeit wasserführender Bodenschichten, Brschw., 1917; Смрекер О., Bestimmung d. Durchflussmenge v. Grundwasserströmen, «Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung», München—Berlin, 1918, p. 281. С. Брилинг.

**ДВИЖЕНИЕ ПОЕЗДА** (дифференциальное уравнение). Поезд, состоя из локомотива и вагонов, в общем представляет систему твердых тел, соединенных частью жесткими, частью упругими связями. Одни тела, как кузова, имеют лишь поступательное движение; другие тела, как скаты, имеют и поступательное и вращательное движение. При своем движении вся эта система ограничена упругим рельсовым путем, к-рый м. б. расположен на разных уровнях по длине поезда. Теоретически составление ур-ия движения системы тел по той или иной траектории под влиянием определенных сил возможно, но в общем виде такое ур-ие представилось бы необычайно сложным; поэтому необходимо сделать некоторые допущения, возможные в пределах точности подсчета, а именно, принимается: а) что весь поезд сосредоточен в виде математической точки в ц. т. поезда, б) что все

силы приложены в этом ц. т. и в) что рельсовый путь представляет собою жесткую математическую линию. Опыт показал, что для практики эти допущения вполне приемлемы. При движении поезда к системе тел, в него входящих, приложены следующие силы: 1)  $F_k$ —касательное усилие локомотива, приводящее поезд в движение; 2)  $W_k$ —сила общего сопротивления всей системы; 3) реакции между скатами и рельсами и 4) реакции между отдельными единицами системы. При движении поезда можно применить теорему живой силы:  $dT = d \frac{mv^2}{2}$ , где  $T$ —работа,  $v$ —скорость,  $m$ —масса. Работу совершают только силы  $F_k$  и  $W_k$ , т. к. реакции между скатами и рельсами приложены в мгновенном центре системы и, следовательно, их перемещения равны нулю, а реакции между отдельными единицами взаимно уравновешиваются. Обозначим элементарное перемещение через  $dS$ ; тогда элементарная работа сил, приложенных к поезду, выразится ф-лой  $(F_k - W_k) dS$ . Приращение живой силы определится следующим образом. Пусть  $m_k$ —масса единицы системы, имеющей лишь поступательное движение,  $m_c$ —масса полуската, имеющего и поступательное и вращательное движение,  $v$ —скорость движения,  $\omega$ —угловая скорость ската,  $I$ —полярный момент инерции полуската,  $R$ —радиус ската. Живая сила поезда выразится суммой:

$$\frac{\Sigma m_k \cdot v^2}{2} + \frac{\Sigma m_c \cdot v^2}{2} + \frac{\Sigma I \cdot \omega^2}{2}.$$

Т. к.  $\Sigma m_k + \Sigma m_c = M$  (где  $M$ —масса всего поезда), а  $\omega = \frac{v}{R}$ , то живая сила поезда равна  $(M + \sum \frac{I}{R^2}) \frac{v^2}{2}$ , или  $(1 + \gamma) M \frac{v^2}{2}$ , где  $\gamma$ —поправка на инерцию вращения колесных скатов, т. е.

$$\sum \frac{I}{R^2} = \gamma M.$$

Приращение живой силы, т. о., примет вид  $(1 + \gamma) M v dv$ , и получается ур-ие:

$$(F_k - W_k) dS = (1 + \gamma) M v dv.$$

Так как  $dS = v dt$ , то после преобразования получаем:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F_k - W_k}{(1 + \gamma) M}.$$

Если  $P$ —вес локомотива (в частности паровоза с тендером) в  $m$ ,  $Q$ —вес состава поезда в  $m$ , а  $F_k$  и  $W_k$  выражены в кг, то

$$M = \frac{P + Q}{g} \cdot 1000$$

$$\text{и} \quad \frac{dv}{dt} = \frac{F_k - W_k}{(1 + \gamma) \frac{P + Q}{g} \cdot 1000} = \xi \frac{F_k - W_k}{P + Q},$$

где  $\xi$  равно  $\frac{g}{(1 + \gamma) \cdot 1000}$ , а  $g$  есть ускорение силы тяжести.

Ур-ие этого вида и носит общепринятое название дифференциального уравнения движения поезда. Необходимо оговориться, что касательная сила тяги паровоза непостоянна за один оборот колеса, так как индикаторное давление пара в разных положениях поршня неодинаково; поэтому  $F_k$  должно представлять собою среднее касательное усилие за один оборот колеса локомотива. Такая же оговорка справедлива и по отношению к  $W_k$ .

Дифференциальное ур-ие Д. п. позволяет решать ряд практических задач. Так как в общем виде

$$F_k = f(v) \text{ и } W_k = \varphi(v),$$

то путем интегрирования можно определить нек-рые зависимости. Представив дифференциальное ур-ие Д. п. в виде

$$dt = \frac{dv}{\xi \frac{F_k - W_k}{P + Q}}$$

и интегрируя его, получим зависимость скорости от времени:  $v = F_1(t)$ .

Из ур-ия  $v = \frac{dS}{dt}$  получается, что  $dS = F_1(t) dt$ . Интегрируя последнее ур-ие, получаем зависимость времени от пути:  $t = F_2(S)$ . Для определения изменения скорости от пройденного пути уравнение можно представить в таком виде:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dS} = \xi \frac{F_k - W_k}{v},$$

откуда  $dS = \frac{v dv}{\xi \frac{F_k - W_k}{P + Q}}$ , т. е.  $v = F_3(S)$ .

Выведенное дифференциальное ур-ие Д. п. позволяет так. обр. решить ряд задач: определить время хода поезда, установить скорость поезда в любой точке, вычислить путь, необходимый для развития скорости до определенной величины, рассчитать вес поезда и т. д. Возможны также решения различных тормозных задач: при силе торможения  $B_k$ , уравнение получает вид:

$$\frac{dv}{dt} = \xi \frac{F_k - W_k - B_k}{P + Q}.$$

Дифференциальное ур-ие Д. п. позволяет также исследовать вопрос о влиянии длины поезда при переменном профиле.

Величина  $\gamma$  для нашего подвижного состава м. б. принята равной: для паровозов 0,06, для полногрузных товарных вагонов 0,04, для порожних 0,12 и для пассажирских вагонов 0,04. При таких значениях  $\gamma$ , величина  $\xi$  колеблется в пределах 114÷124 и, в среднем, может приниматься равной 120 (при исчислении  $v$ —в км/ч,  $t$ —в ч.,  $F_k$  и  $W_k$ —в кг,  $P$  и  $Q$ —в т). Аналитическое решение уравнения требует довольно сложных выкладок; обычно применяют различные приемы приближенных вычислений, а также приемы графич. решения.

Лит.: Ломоносов Ю. В., Тяговые расчеты, 3 изд., Берлин, 1922; Воскресенский В. Д. и Буданов Д. Д., Проблема профиля и трасы жел. дорог, Москва, 1919; Вяземский В. О., Тяговые расчеты и графики движения, П., 1918; Штанге Д. А., Пособие для производства тяговых расчетов, М., 1926; Егорченко В. Ф., Тяговые расчеты. Справ. руководство, Берлин, 1922; Липец А. И., Упрощенные приемы расчета времен хода поездов, СПб, 1914; Супруненко П. М., Тяговые расчеты, Киев, 1926; Опенгейм К. А., Проектирование ж. д., 2 изд., М., 1928. М. Федоров.

**ДВИЖИТЕЛИ СУДОВЫЕ**, связанные с судном аппараты, непосредственно воспринимающие давления или реакции окружающей среды и создающие силу, двигающую судно. Сила, приводящая в движение судно, может быть получена двумя резко отличающимися друг от друга способами: 1) без возбуждения в окружающих судно воде и воздухе возмущений, дополнительных к вызываемым поступательным движением кор-

пуса судна, например, путем тяги судна буксиром, давления воздуха на паруса (см. *Парусность*); 2) как реакция окружающей среды на Д. с., производящий в среде возмущения, налагающиеся на возмущения, производимые корпусом самого судна. Примерами движителей являются гребные винты и гребные колеса. Равнодействующая реактивного давления среды на движитель носит название упорного давления. Возмущения, вызываемые движителем, налагаясь на возмущения, вызываемые корпусом судна, изменяют условия обтекания среды около корпуса судна. В силу этого сопротивление буксируемого судна может быть не равно сопротивлению судна, идущего под собственным движителем. С другой стороны, движитель работает на судне в среде, возмущенной движением судна, и режим его работы изменяется по сравнению с тем, который имеет место при работе изолированного от судна движителя в неограниченной среде. Движитель и судно, как работающие в условиях взаимного влияния друг на друга, надлежит рассматривать не иначе, как в совокупности.

Обычным мерилем качества движителя на судне является двигательный, или пропульсивный, коэффициент  $\eta = \frac{Rv}{75N}$ , где  $v$ —скорость судна в м/сек,  $R$ —сопротивление судна, буксируемого с этой скоростью без движителя, в кг,  $N$ —мощность судового двигателя; для паровых машин обычно берется индикаторная мощность  $N_i$ , а для паровых турбин и двигателей внутреннего сгорания—мощность на валу  $N_s$ . Двигательный коэффициент у морских судов, отнесенный к мощности на валу, колеблется обычно в пределах 0,53÷0,76 [61], падая и ниже этих чисел при несоответственных скорости хода, чрезмерно высоких оборотах машины, а также у мелкосидящих тихоходных судов. Качество движителя буксирных судов обычно оценивается двигательным коэффициентом, определяемым формулой:  $\eta = \frac{(R+z)v}{75N}$ , где  $z$ — суммарное сопротивление буксируемых судов в кг или тяговое усилие, определяемое обычно динамометром. Двигательный коэффициент буксирных судов сравнительно ниже. В виду затруднительности определения сопротивления буксирующего судна последнюю формулу иногда заменяют следующей, дающей буксировочн. коэффициент:  $\eta_z = \frac{zv}{75}$ . Этот коэффициент для речных винтовых буксиров, будучи отнесенным к  $N_i$ , падает до 0,15 и ниже [20, 48].

Все эти формулы оценивают не только эффективность работы самого движителя, но и взаимодействие движителя и корпуса судна. Для оценки движителей буксирных судов применяется в качестве измерителя также тяговое усилие на одну силу судового движителя на валу  $\frac{z}{N_s}$  или на одну индикаторную силу двигателя  $\frac{z}{N_i}$ . Эта величина при одинаковом двигательном коэффициенте растет с уменьшением скорости хода. Колесные буксирные волжские пароходы, по исследованиям, произведенным



в 1923 году [53], дали следующие максимальные значения тягового усилия  $\frac{z}{N_i}$ :

Скорость относительно воды $v$ в км/ч . . . . .	7,8	8,0	8,5	9,5	10,5
$\frac{z}{N_i}$ в кг на одну силу . . . . .	13,7	12,9	12,1	11,7	10,0

Заднеколесные речные буксирные пароходы, испытанные в С. Ш. А., дали  $\frac{z}{N_i}$ , достигающие несколько больших величин [48]:

Скорость $v$ в км/ч . . . . .	8,0	9,7
$\frac{z}{N_i}$ в кг на одну силу . . . . .	17,5	12,5

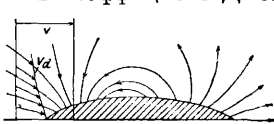
Там же на винтовых буксирах были получены относительно худшие значения  $\frac{z}{N_i}$ :

$v$ . . . . .	4,8	6,4
$\frac{z}{N_i}$ . . . . .	18,0	11,6

Несколько уступающие им значения  $\frac{z}{N_i}$  отмечены у германск. винтового буксира, работающего на внутренних водных путях [40]:

$v$ . . . . .	5	4,25	3,6
$\frac{z}{N_i}$ . . . . .	15,7	18,8	15,7

Общая теория влияния расположения движителя относительно судна на двигательный коэффициент Д. с. разработана немецкими авторами в приложении к гребным винтам, но применима и для ряда друг. движителей, например, гребных колес. Сущность ее сводится к следующему [22, 23].



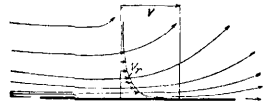
Фиг. 1.

Возмущения, производимые корпусом судна в среде, в частном случае в воде, могут быть разделены схематически на два вида. Первый—движение воды как идеальной жидкости, обтекающей судно с потенциалом скоростей; при этом виде движения воды судно не испытывает сопротивления (см. *Аэродинамика*), и энергия, затраченная судном на этот вид возмущения, возвращается судну. Общий вид возмущений воды такого типа схематически показан на фиг. 1 около судна, движущегося направо со скоростью  $v$ . Второй вид возмущений среды, который и обуславливает появление сопротивления, вызывает затрату судном энергии, ему не возвращаемой; часть этой энергии переходит в тепловую, часть же затрачивается на такие движения среды, энергия которых частично м. б. возвращена судну путем соответствующего расположения движителя. Из возмущений воды второго типа весьма важную роль играет увлечение судном за собой мощного потока воды за кормой и в меньшей степени—по бортам, называемого попутным потоком. Распределение скоростей у борта судна при этом виде возмущения показано схематически на фиг. 2. Энергия, затрачиваемая судном на увлечение за собой попутного потока воды, м. б. уменьшена, если в нем будет установлен движитель, к-рый, отбрасывая воду назад, будет уменьшать абсолютную скорость и, следовательно, кинетич. энергию попутн. потока, увлекаемого судном за собой. Это означает, что

$$P(v - v_a - v_r) < Rv,$$

где  $P$ —упорное давление движителя, или сопротивление судна на ходу;  $v_a$ —составляющая попутного потока с потенциалом скоростей;  $v_r$ —составляющая попутного потока, вызывающая сопротивление воды движению судна;  $v_a$  и  $v_r$ —средние значения составляющих попутного потока в месте расположения движителя. Работа большей части судовых движителей основана на том, что движитель отбрасывает окружающую его среду в направлении, обратном направлению скорости судна.

В первом приближении упорное давление и кпд движителя м. б. определены следующим образом. В единицу времени движитель, находящийся на судне, отбрасывает назад (считая по ходу судна) массу воды или воздуха  $m = \rho F u$ , где  $u$ —средняя скорость сначала подсосываемого, а затем отбрасываемого движителем потока



Фиг. 2.

в данном расстоянии от движителя; скорость  $u$  берется относительно движителя, считая последний неподвижным относительно судна;  $F$ —площадь сечения потока, отбрасываемого движителем. Придадим  $u$  и  $F$  индексы «2» для части потока, находящегося в непосредств. близости к движителю; грубо говоря, это—скорость и сечение потока при проходе его через движитель. Индекс «3» придадим той части потока, находящейся за движителем в весьма небольшом от него расстоянии, где скорость получает максимальное значение. Индекс «1» придадим той части потока, проходящего через движитель, где еще не имеет места подсосывающее действие движителя, т. е.  $u_1 = v$ , если движитель находится в таком расстоянии от судна, что в районе его расположения попутный поток  $v_a + v_r = 0$ . В противном случае  $u_1 = v - v_a - v_r$ , при чем величина попутного потока определяется перед движителем в наименьшем от него расстоянии, где можно считать отсутствующим действие подсосывания. Тогда имеем за единицу времени приращение количества движения потока, проходящего через движитель:

$$m(u_3 - u_1) = \rho F_2 u_2 (u_3 - u_1) = \rho F_2 u_2 w,$$

где  $w$ —приращение скорости потока. Эта величина, по теореме о количестве движения, должна равняться импульсу силы за единицу времени, т. е. упорному давлению движителя. Отсюда  $P = \rho F_2 u_2 w$  и полезная работа движителя  $P u_1 = \rho F_2 u_1 u_2 w$ . Работа, затрачиваемая на увеличение скорости потока за единицу времени, выразится формулой:

$$T = \frac{m u_3^2}{2} - \frac{m u_1^2}{2} = \frac{\rho F_2 u_2}{2} (u_1 + u_3) w.$$

С другой стороны, полная работа движителя может быть выражена как произведение упорного давления на скорость движителя относительно проходящего через него потока:

$$T = P u_2 = \rho F_2 u_2^2 w.$$

Приравнявая эти два выражения, получим:

$$u_2 = \frac{u_1 + u_3}{2} = u_1 + \frac{w}{2}.$$

Экспериментальные исследования [38] показали, что  $u_2 > u_1 + \frac{w}{2}$  и приближается к

$u_1 + 0,75 w$ . Отсюда кпд движителя, называемый идеальным, как выведенный приближенно, без учета влияния очертаний движителя и различных потерь энергии на трение и пр., равен

$$\eta_{pi} = \frac{F u_1}{P u_2} = \frac{u_1}{u_1 + \frac{w}{2}}$$

Если ввести термин «удельное давление на движитель»

$$B = \frac{P}{\rho F v u_1^2} = \frac{w \left( u_1 + \frac{w}{2} \right)}{u_1^2},$$

то можно показать, что

$$\eta_{pi} = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + 2B}},$$

откуда следует, что кпд уменьшается с увеличением упорного давления  $P$  и растет с увеличением  $F$  и скорости  $u_1 = v - v_d - v_r$ . Практика показывает, что только что указанные общие положения верны и для действительного кпд движителей. Следовательно, движитель, работающий в положительном попутном потоке, т. е. за кормой судна, имеет кпд худший, по сравнению с тем, который он имел бы, если бы работал изолированно от судна, двигался с той же скоростью  $v$ , как судно, и развивал то же упорное давление  $P$ ; у движителя, работающего в отрицательном попутном или встречном потоке, что может иметь место у борта судна, кпд, наоборот, повышается.

Двигательный коэффициент судна для учета отдельных элементов, влияющих на его величину, может быть разложен на следующие составные части:

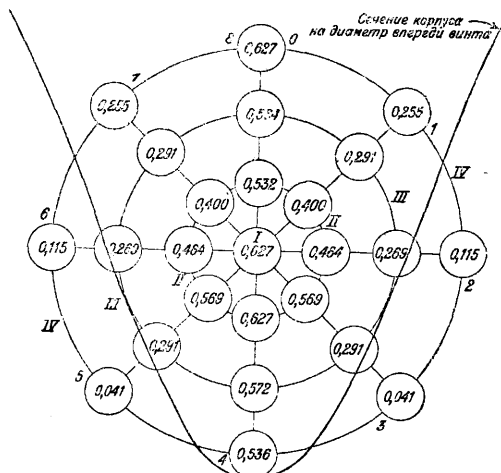
$$\eta = \frac{Rv}{75 N_s} = \frac{R}{P} \cdot \frac{v}{v - v_d - v_r} \cdot \frac{P(v - v_d - v_r)}{75 N_p} \cdot \frac{N_p}{N_s} = (1 - t) \frac{1}{1 - \zeta} \eta_p \cdot \eta_z = \eta_s \cdot \eta_{ps},$$

где  $v - v_d - v_r = v(1 - \zeta)$ ;  $\zeta$  — коэфф-т попутного потока;  $1 - t = \frac{R}{P}$ ;  $\eta_s = \frac{1 - t}{1 - \zeta}$  — коэфф-т

влияния корпуса;  $\frac{P(v - v_d - v_r)}{75 N_p}$  — кпд движи-

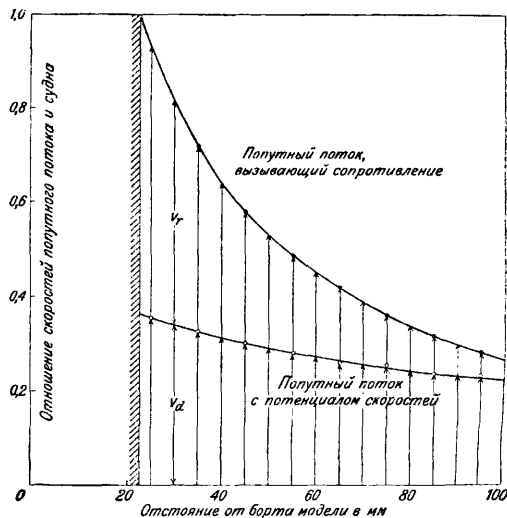
теля таких же геометрич. размеров, как и на данном судне, работающего изолированно от судна и развивающего то же упорное давление  $P$ , при том же числе  $n_s$  об/сек.;  $N_p$  — мощность на валу движителя, работающего в только что указанных условиях;  $N_s$  — мощность судового двигателя на валу, за исключением потерь на линии вала;  $\frac{N_p}{N_s} = \eta_z$  — множитель, характеризующий изменение кпд движителя при работе на судне по сравнению с работой его изолированно от судна в неограниченной среде;  $\eta_{ps} = \eta_p \cdot \eta_z$  — кпд винта при работе его на судне. Следует отметить, что сравнение работы движителя на судне с работой его в неограниченном потоке может производиться и на иной базе, чем указано выше, например, не при равных упорных давлениях, а при равных мощностях на валу, когда  $\eta_z$  получает меньшие значения, и т. д. В виду возможности разных баз сравнения, значения  $\eta_p$  и  $\eta_z$  имеют до некоторой степени условные значения;  $\eta_{ps}$  имеет определенное значение, если известны  $R$ ,  $v$  и  $\zeta$ . Но так как методы определения расчетом  $\eta_{ps}$  являются достижением последнего времени и самый расчет представляет некоторые затруднения,

то пока еще часто пользуются произведением  $\eta_p \cdot \eta_z$ , несмотря на условность определения множителей. Коэффициент попутного потока  $\zeta$  определяется путем непосредственного измерения при буксировке судна или его модели [35, 36]. Величина его очень колеблется в зависимости от расположения



Фиг. 3.

относительно судна точки, где производится измерение. На фиг. 3 показаны значения  $\zeta$  у парохода «San Fernando» в плоскости гребного винта, т. е. в плоскости, перпендикулярной оси винта, секущей приблизительно посредине его лопасти. Деление попутного потока на составные части  $v_d$  и  $v_r$  производится опытным путем [19] в достаточной мере приближенно и условно. На фиг. 4 показано радиальное распределение  $v_d$  и  $v_r$  в



Фиг. 4.

плоскости гребного винта, при чем значения взяты средние для всей окружности данного радиуса. Для грубых расчетов можно пользоваться приближенными формулами и значениями коэффициента  $\zeta$ . Для морских судов, по формуле Тейлора [19]:

$$\zeta = -0,2 + 0,55\delta \text{ для двухвинтовых судов,}$$

$$\zeta = -0,05 + 0,5\delta \text{ для одновинтовых судов,}$$

где  $\delta$ —общий коэффициент полноты водоизмещения [4]. Для кормовых колес и гребных винтов речных паротеплоходов коэфф.  $\zeta$  равен  $0,15 \div 0,20$  [47]; для винтовых буксиров с вомом Шафран принимает  $\zeta = 0,15$ .

Величина  $\frac{R}{P} = 1 - t$  может определяться путем измерения на модели или на судне [32] или же вычислением по формуле Тома [24], составленной в предположении движения вполне погруженного тела в безграничной идеальной жидкости (т. е.  $v_\infty = 0$ ), при чем выходная скорость струи  $w_a$  одинакова по всему сечению струи. В этом случае

$$1 - t = \frac{R}{P} = \frac{-v_a + \frac{w_a}{2}}{v + \frac{w_a}{2}}.$$

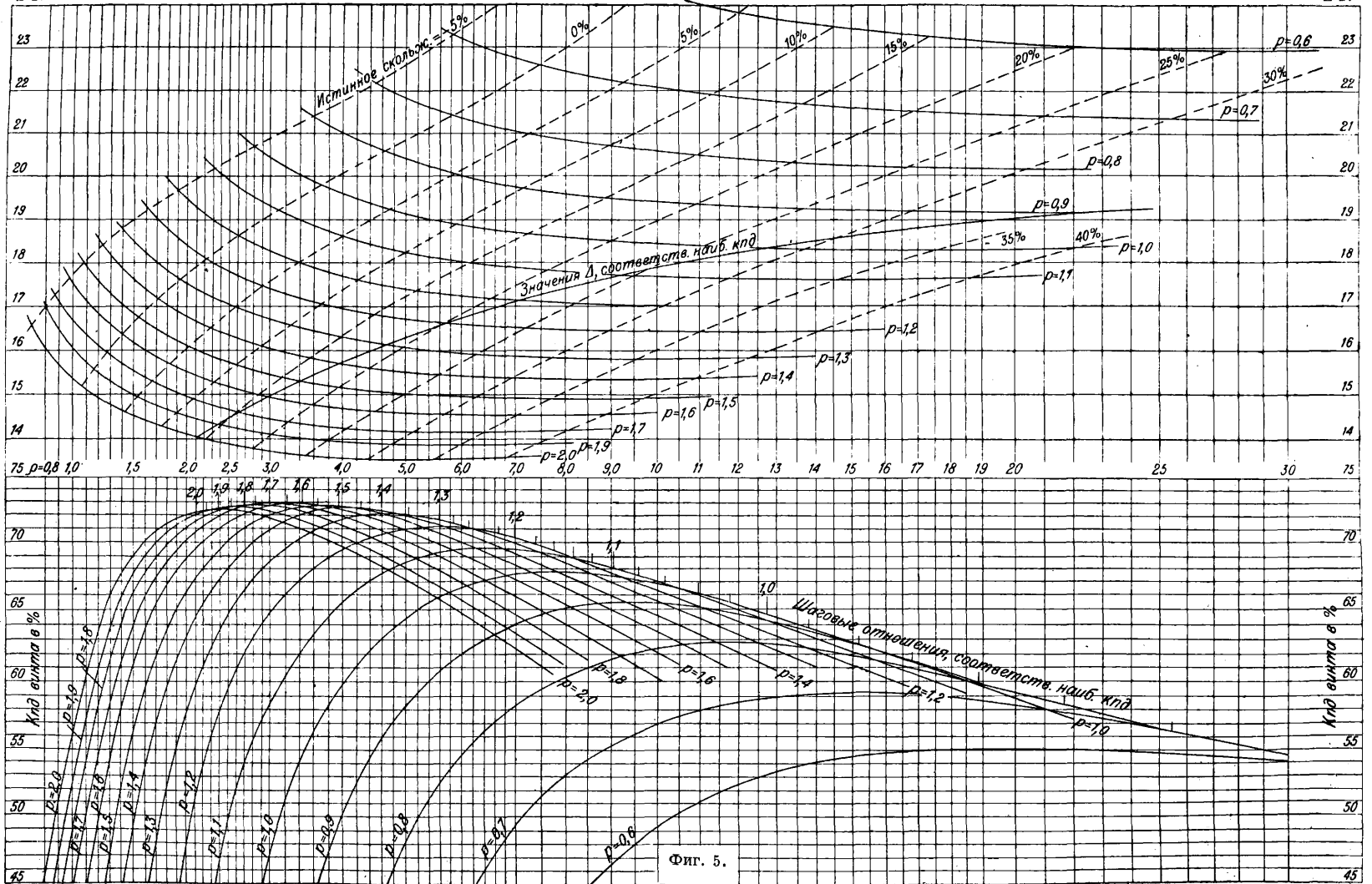
Опытные исследования в одном случае показали отклонение значения  $1 - t$ , вычисленного по ф-ле Тома, от получаемого в действительности на 1%. Повидимому,  $t$  у морских коммерческих одновинтовых судов колеблется от 0,4 до 0,6  $\zeta$ , у двухвинтовых судов отношение  $\frac{t}{\zeta}$  несколько выше, чем у одновинтовых. По бортовым колесам данных относительно  $t$  в литературе нет. Значения  $\eta_s$  у одновинтовых судов при благоприятном расположении винта могут достигать 1,5; но обычно с высоким значением  $\eta_s$  связан неудовлетворительный  $\eta_p$  в виду большого попутного потока [21]. Значение  $\eta_s$  зависит от умелого подбора движителя. У гребных колес  $\eta_s$ , повидимому, близко к 1,0; у гребных винтов, в зависимости от условий подтока воды к винтам, значения  $\eta_s$  от 0,85 до 1,0; нижний предел, повидимому, умелым расчетом может быть избегнут.

Наиболее распространенными Д. с. являются гребной винт и гребное колесо. Первый дает более легкий вес, чем второй, и, кроме того, работая с большим числом оборотов, позволяет сэкономить и на весе судового двигателя. В силу этого, во всех случаях, когда осадка судна позволяет иметь достаточный диаметр гребного винта, чтобы обеспечить незначительное удельное давление на движитель и, следовательно, высокий кпд, надлежит предпочитать установку гребного винта; так же и в случае высоких скоростей судна. Этот вид движителя применяется почти на всех морских судах, где, кроме того, бортовые гребные колеса работают крайне неравномерно во время бортовой качки. На речных судах, с уменьшением осадки и скорости, особенно при больших упорных давлениях, гребные колеса имеют определенное преимущество в смысле кпд, но обычно проигрывают в весе на силу мощности механизмов. Начиная с осадки около 1,5 м и менее, при умеренных скоростях движения, на речных судах предпочтительнее применять гребные колеса, если этому не мешают другие обстоятельства, например, узость фарватера в канале. Большое значение для развития применения гребных колес может иметь применение на речн. судах надежных в работе передач между движителем и двигателем, к-рые позволяют применять быстроходные двигатели, от чего получается экономия в весе механич. установки.

Гребной винт. Наиболее распространенным среди Д. с. является гребной винт, применяемый обычно для работы в воде. Воздушные винты применяются лишь на быстроходных мелкоосидающих плоскодонных судах-глиссерах, имеющих транспортное значение только в исключительных случаях. Расчет этих винтов и их конструкцию см. *Воздушный винт*. Общие основы геометрии и теория работы одинаковы для гребных винтов, работающих как в воде, так и в воздухе [33]. Работая в более плотной среде, судовые гребные винты, при прочих равных условиях, имеют большие упорное давление и вращающий момент, что ставит повышенные требования к прочности и заставляет применять винт с лопастями с большей относительной шириной, чем принято для воздушных винтов. Отношение наибольшей ширины лопасти к диаметру не падает ниже 0,20 и поднимается у буксирных судов до 0,70. Это обстоятельство снижает кпд судового винта по сравнению с воздушным. Наивысший кпд судового гребного винта, работающего изолированно от судна, едва достигает 0,75. Ограничения размера винта, налагаемые осадкой, заставляют, далее, уменьшать диаметр винта, что увеличивает удельную нагрузку на винт и вызывает дальнейшее снижение кпд. В том же направлении часто действует несоответствие (обычно превышение) числа оборотов двигателя условиям наилучшего использования винта. В силу всех этих обстоятельств на судовом винте редко удается получить кпд, превышающий 0,70. В виду этого графика, применяемые для расчета воздушных винтов, обычно оказываются неприменимыми для расчета судовых винтов. В настоящее время наиболее широко применим расчет судовых винтов по методу механич. подобия. В лучшем случае наивыгоднейшие элементы гребного винта устанавливаются при испытании модели судна с винтом в опытном бассейне, когда м. б. непосредственно установлен и кпд движителя при работе на судне  $\eta_{ps}$  и двигательный коэффициент  $\eta$ . При неизменении в распоряжении бассейна пользуются графиками, дающими результаты испытания моделей геометрически подобных гребных винтов в изолированном от судна состоянии [31]. Весьма большим распространением пользуются графики Тейлора [19], построенные для трехлопастных винтов с постоянным шагом. На фиг. 5 представлены для винта с отношением средней ширины лопасти к диаметру, равным 0,3, значения кпд  $\eta_p$  при различных шаговых отношениях  $\frac{H}{D} = p$ , где  $H$ —шаг винта, и относительных скольжениях  $s = 1 - \frac{v(1-\zeta)}{n_s H}$ , где  $n_s$ —число об/сек.,  $v(1-\zeta)$ —аксиальная скорость винта, испытываемого изолированно от судна,  $v$ —скорость судна при работе винта за судном в районе с коэффициентом попутного потока  $\zeta$ . По оси абсцисс отложены значения

$$\varrho = \frac{n_m \sqrt{N_s}}{v(1-\zeta)^{3/2}},$$

а по оси ординат нижней части графика

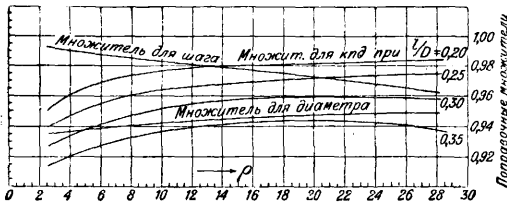


Фиг. 5.

откладывают значения коэффициента полезного действия винта  $\eta$ , в верхней же — значения

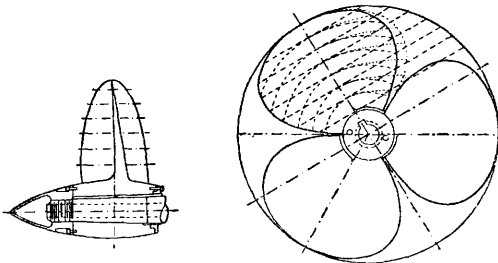
$$\Delta = \frac{D n_m^2}{[N_s v (1 - \zeta)]^2},$$

где  $n_m$  — число об/мин.,  $v$  — скорость судна в узлах,  $D$  — диам. винта в м. Для перехода



Фиг. 6.

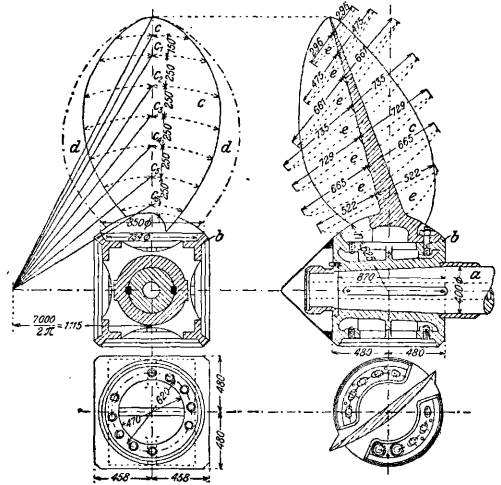
к винтам с другим числом лопастей поправка берется по графикам типа фиг. 6; на ней показана кривая поправочных множителей для шага, диаметра и кпд для 4-лопастных винтов, дающих при одинаковых скорости поступательного движения и числе оборотов ту же мощность, что и 3-лопастные винты. Подобные же поправки берутся и на изменение толщины лопастей. Для расчета по методу Тейлора должны быть заданы  $n_m$ ,  $N_s$  и  $v(1 - \zeta)$ , определяющие  $\rho$ . По  $\rho$  определяется наивысший возможный кпд и через  $\Delta$  и  $\rho$  — соответствующие ему  $D$  и  $H$ . Если  $D$  выходит за пределы допустимого осадкой и обводами судна, то по допустимому  $D$  определяется наибольшее возможное значение  $\Delta$  и соответствующие ему  $H = \rho D$  и  $\eta_p$ . Весьма полезны графики Шафрана [16, 26], которые позволяют исходить из заданий не только мощности, но и сопротивления, что особенно важно при расчете буксиров; можно рекомендовать также графики Шмита [17]. При расчете винтов, к-рые должны работать при нескольких режимах, напр. на буксирах порожнем и с разными возами, для достижения наилучших результатов при основном режиме работы приходится жертвовать качеством винта при прочих режимах. За последние годы для расчета судовых винтов начинает находить применение вихревая теория [18, 8, 30, 37]. Винт, давший наилучшие результаты при испытании в неограниченном потоке, может ухудшить свой



Фиг. 7.

коэфф. полезн. действия при работе в попутном потоке судна, имеющем различ. скорости в разных частях диска винта. Расчет гребного винта с учетом непостоянства попутного потока дает возможность улучшить

кпд гребного винта на судне и уменьшить не только мощность судового двигателя, но и упорное давление [19, 20]. С увеличением скорости вращения винта, а следовательно и скорости воды, окружающей винт, давление в воде уменьшается и может в отдельных частях поверхности винта понизиться до такой степени, что станет равно давлению водян. пара при данной температуре; в этом случае происходит разрыв сплошности воды, и винт начинает работать в смеси воды с водяным паром. Упорное давление винта при этом начинает расти с увеличением числа оборотов гораздо медленнее, чем до появления разрыва сплошности, а затем может и совсем перестать расти, несмотря на увеличение числа оборотов и мощности судового двигателя. Это явление носит название кавитации. Кавитация наступает тем скорее, чем больше удельная нагрузка винта, чем больше толщина лопастей и чем



Фиг. 8.

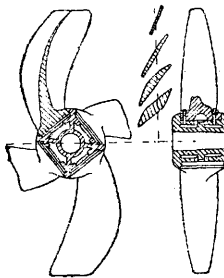
больше скорость вращения. Вихревая теория дает критерий кавитации, пока недостаточно проверенный экспериментальным путем [18, 38]. Кавитации, сосредоточенной на значит. части поверхности лопасти, часто нельзя избежать [?]; для того чтобы она не достигла опасных размеров, рекомендуется при винтах, приводимых в движение паровой машиней, ограничивать упорное давление на проекцию лопастей на плоскость, перпендикулярную к оси, таким образом, чтобы оно не превосходило  $7,7 + 8h \text{ т/м}^2$ , где  $h$  — погружение верхней кромки винта в м.

В судовой практике применяются 2-, 3- и 4-лопастные винты; кпд уменьшается с увеличением числа лопастей. На одновинтовых судах для обеспечения равномерности вращения применяются 4-лопастные винты. Формы лопастей винта самые разнообразные [15] (фиг. 7, 8 и 9). Винты меньших размеров отливаются за одно целое с муфтой (фиг. 7), более крупные лопасти отливаются отдельно и соединяются с литой муфтой помощью болтов или клиньев (фиг. 8). В примере, приведенном на фиг. 8, обозначено:  $a$  — вал гребного винта,  $b$  — муфта гребного винта,  $c$  — проектированная по-

верхность лопасти гребного винта,  $d$ —развернутая поверхность гребного винта,  $e$ —поперечные сечения лопасти; диам. винта = 4,5 м, средний шаг = 7,0 м, наибольший шаг = 7,7 м, наименьший шаг = 6,3 м, проектированная поверхность 4 лопастей = 5,74 м<sup>2</sup>, отношение проектированной поверхности лопастей к диску винта ( $\frac{\pi D^2}{4}$ ) равно 0,361; развернутая поверхность лопастей = 7,73 м<sup>2</sup>. При расчете гребного винта на прочность допускаются нижеследующие напряжения в кг/см<sup>2</sup> [4, 6, 13, 62]:

	Сжатие	Растяжение
Чугун . . . . .	550	180
Литая сталь . . . . .	900	450
Бронза обыкновенная . . . . .	360	250
Бронза марганцовистая или фосфористая . . . . .	550	450

Из числа классификационных об-в только «Норвежский Веритас» нормирует толщину лопастей [62]. Детали гребных винтов стандартизованы Морским стандартным комитетом С.Ш.А. [46]. Количество винтов на судне колеблется от одного до четырех [4, 26]. При мощности до 1000 HP на валу винты могут изготавливаться с поворотн. лопастями, т. е. с изменяемым шагом винта [15, 62]. С целью улучшения использования винта устанавливаются перед ним или за ним, а иногда и с обеих

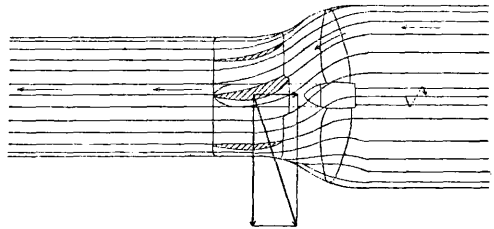
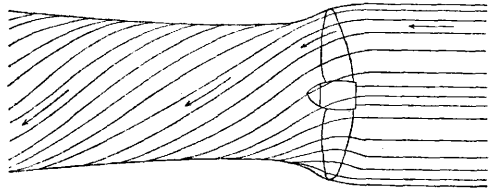


Фиг. 9.

их сторон винта, направляющие лопасти — контрпропеллеры, имеющие своей целью достигнуть того, чтобы винт отбрасывал назад струю только в аксиальном направлении без затраты энергии на вращение отбрасываемой струи (фиг. 10 и 11). Уменьшение мощности двигателей при достижении той же скорости благодаря установке контрпропеллеров достигает 20% [39, 40, 41]. При недостаточной осадке для получения необходимой площади сечения отбрасываемого потока воды применяют винты, устанавливаемые в так называемом тоннеле, заполняемом водой на ходу судна. Когда судно без хода, то винты не вполне погружены в воду. Иногда вместо устройства тоннеля в корпусе судна, винты, не вполне погруженные в воду, прикрывают металлическим листом, выгнутым в виде свода [34, 44, 46, 49]. В заграничной практике последних лет были удачные примеры установки гребных винтов (винтовых колес) весьма значительного диаметра с осью, находящейся над поверхностью воды. Эти винты имеют кнд, несущественно уступающий кнд вполне погруженных винтов [42, 43].

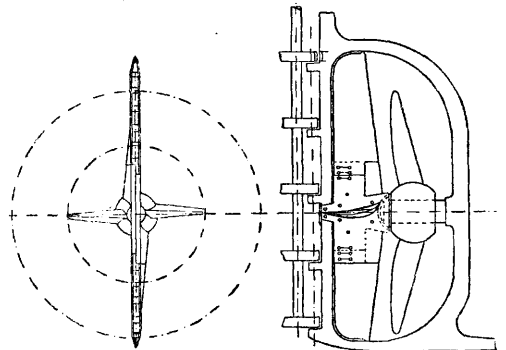
Гребные колеса. На фиг. 12 изображено гребное колесо с поворотными лопастями:  $a$ —гребной вал,  $b$ —ступица,  $c$ —спицы,  $d$ —обод,  $e$ —диагональная тяга,  $f$ —лопасть (плицы),  $g$ —эксцентриковая тяга,  $h$ —главная тяга,  $i$ —эксцентриковый диск,  $k$ —кронштейн кожуха гребного колеса и  $l$ —кожух гребного колеса. Гребное колесо состоит из чугунной ступицы, надетой на

гребной вал. Ступица снабжена выступающими ребрами, к которым прикрепляются спицы из ковкого железа. Спицы соединяются между собой диагональными тягами, стяжными болтами и ободами наружными и внутренними. Наружный обод у гребных



Фиг. 10.

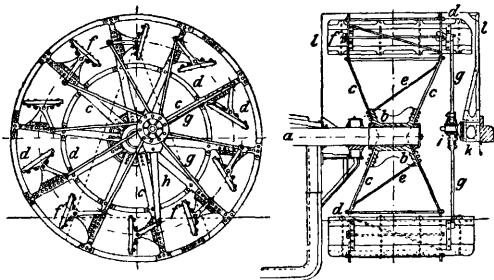
колес с поворотными лопастями часто отсутствует. Поворотные лопасти, изготовляемые из дерева или железного листа (в последнем случае чаще всего — выгнутые по дуге круга), прикрепляются к ступицам подвижно и снабжаются рычагами из ковкого железа. Эти шарнирные рычаги соединяются эксцентриковыми тягами с эксцентриковым диском, прикрепленным к кожуху гребного колеса. Одна из эксцентриковых тяг — главная — крепится к цапфе неподвижно, тогда как остальные имеют шарниры. Колесный гребной вал, выходя за борт



Фиг. 11.

судна, опирается на подшипник, прикрепленный к кронштейну, находящемуся с наружной стороны борта судна. Кроме гребных колес с поворотными лопастями, применяются колеса и с неподвижными лопастями, более простые и прочные по своей конструкции, но зато и обладающие меньшим кнд, так как при неподвижных лопастях не может быть достигнут безударный вход лопастей в воду или безударный выход из воды [2, 9, 49, 55]. Гребные колеса размещаются

на бортах судна или за кормой. Бортовые колеса встречаются чаще в европ. практике судостроения. Они значительно (почти вдвое) увеличивают ширину судна; поэтому на судах, работающих в каналах и узких реках, необходима установка кормовых колес. Гребные колеса м. б. рассчитываемы по закону механического подобия [47, 48, 50, 52], напр. по таблицам, составленным Браггом



Фиг. 12.

на основании испытаний моделей гребных колес [54]. Мокеевым выведена не вполне точная ф-ла для мощности на валу движителя:

$$N_s = \frac{15,8}{\lambda} \mu s V \sqrt{1 - (1 - s)^2} z F N_s^3 D^3 \left[ 1 - \cos^3 \frac{\alpha}{2} \right],$$

где  $s = 1 - \frac{v(1-\zeta)}{\pi s D}$  — относительное скольжение колеса, измеренное у центров вращения лопастей,  $z$  — число лопастей,  $F$  — площадь лопасти в  $m^2$ ,  $D$  — диаметр по центрам вращения лопастей,  $\alpha$  — угол, составляемый вертикалью с лопастью в момент погружения ее середины в воду,  $\lambda$  — коэфф., колеблющийся в пределах от 0,90 до 0,95. Коэфф.  $\mu$  связан след. образом со скольжением  $s$ :

$s$ . . . . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\mu$ . . . . .	1,06	1,15	1,28	1,44	1,63

Клд колеса Мокеев определяет:

$$\eta_p = \lambda(1-s)(1-\zeta) = \lambda(1-s_k),$$

где  $s_k$  — кажущееся относительно скольжение, т. е. определенное относительно скорости судна  $v$  без учета попутного потока;

$$s_k = 1 - \frac{v}{\pi s D} = 1 - (1-s)(1-\zeta).$$

Расчет гребных колес чаще всего производится по данным практики и по эмпирич. ф-лам. Диам. колеса определяют из расчета, чтобы кажущееся относительное скольжение при поворотных лопастях было в пределах 0,15—0,30. Площадь поворотных лопастей м. б. определена по ф-ле Тейлора [10]:

$$F = (20 \div 35) s_k \frac{N_l}{v},$$

где  $N_l$  — индикаторная мощность, приходящаяся на каждое колесо,  $v$  — скорость судна в узлах. Число лопастей определяется из расчета, чтобы одновременно были погружены в воду 3 лопасти или чтобы расстояние между 2 поворотными лопастями равнялось 1,8—2 ширинам лопастей. Отношение длины лопасти к ширине у речных судов достигает 6, а у морских уменьшается до 2,5. Наилучшим методом расчета гребн. колес является определение наиболее выгодных размеров на основании испытания модели судна с колесом в опытном бассейне.

Водопроточные движители. Сущность их устройства заключается в следующем. Водяные центробежные насосы, помещенные внутри судна, засасывают заборную воду через трубы, обращенные отверстиями к носу судна, и выталкивают ее со скоростью, значительно превышающей скорость судна, через выпускные трубы, обращенные отверстиями к корме. Главным образом в силу сложности получения заднего хода, потерь в трубопроводе и сравнительно низкого клд насосов этот вид движителей имеет весьма слабое распространение и применяется исключительно на некрупных судах [2, 9, 56, 57, 58].

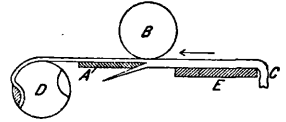
В числе прочих видов Д. с. надлежит упомянуть: а) весла, приводимые в движение исключительно человек. силой [60], б) ряд движителей, время от времени предлагаемых изобретателями, но не завоевывающих себе заметного распространения и являющихся обычно в своей основе видоизменениями гребного винта или колеса, например, движитель Kirsten-Boeing, являющийся по существу гребным колесом с вертикальной осью и с поворотными лопастями, управляемыми таким образом, чтобы при ходе назад они отталкивали воду всей своей шириной, а при ходе вперед прорезали ее с ничтожным сопротивлением, будучи повернуты своей поверхностью вдоль судна [59]; в) предложенные в 1925 году А. Флетнером вращающиеся цилиндры (роторы), использующие силу ветра (см. Парусность).

Лит.: 1) Погудин А., Судовые движители. СПб, 1907; 2) Фан-дер-Флит А. П., Теория судовых движителей (лятогр.), СПб; 3) Брикс Ф. А., Параллельная теория гребного винта, 2 издание, Петроград, 1922; 4) его же, Руководство по расчету судовых гребных винтов, Ленинград, 1927; 5) Жуковский Н. Е., Вихревая теория гребного винта. «Труды отд. физ. наук Общ. любит. естествозн.», М., 1912, т. 16, вып. 11, 1914, т. 17, вып. 1, 1915, т. 18, вып. 2 и «Труды авиад. расч. испытат. бюро», М., 1918, вып. 3—4; 6) Ветчинкин В. П., Теория гребных винтов (лятогр.), М., 1926; 7) Палмелъ Э. Э., Практический расчет гребного винта, вып. 1. М.—Л., 1926; 8) Ботезат Г. А., Теория плоскорадийального лопастного винта, П., 1917; 9) Буслей К., Судовые механизмы, ч. 4—Судовые движители, пер. с нем., СПб, 1893; 10) Таулог Д. В., The Speed a. Power of Ships, New York, 1910; 11) Walker G. S., Ship Form, Resistance a. Screw Propulsion, 2 ed., L., 1921; 12) Dyson Ch. W., Screw Propellers a. Estimation of Power for Propulsion of Ships, also Airship Propellers, 3 ed., N. Y., 1924; 13) Bauer G., Der Schiffsmaschinenbau, B. 1, Mch., 1923; 14) Pröll A., Kritische Betrachtungen zu d. Theorien d. Schraubenpropellers, «Jahrbuch d. Schiffbautechn. Ges.», B., 1923, B. 24, p. 269; 15) Achena Bach A., Die Schiffschraube, Kiel, 1906—1909; 16) Schaffran K., Systematische Propellerversuche, «Schiffbau», B., 1915, B. 16, p. 683 (графика для расчета); 17) Schmidt W., Zusammenfassende Darstellung v. Schraubenversuchen, B., 1926; 18) Helmbold H. B., Die Betz-Prandtl'sche Wirbeltheorie d. Treibschraube u. ihre Ausgestaltung zum technischen Berechnungsverfahren, «Werft, Reederei, Hafen», Berlin, 1926, B. 7, H. 23, 24, p. 565, 588; 19) Helmbold H. B., Nachstromschrauben, ibid., 1927, B. 8, H. 23, p. 528; 20) Schaffran K., Über d. Arbeiten schwerbelasteter Schraubenschlepper, «Jahrbuch der Schiffbautechn. Ges.», B., 1917, B. 18, p. 323; 21) Schaffran K., Systematische Versuche mit Frachtdampfermodellen, ibidem, 1921, B. 22, p. 202; 22) Betz A., Propellerfragen, «Z. f. ang. Mathem. u. Mech.», B., 1927, B. 7, H. 6, p. 431; 23) Fresenius R., Das grundsätzliche Wesen d. Wechselwirkung zwischen Schiffskörper und Propeller, «Schiffbau», Berlin, 1924—25, B. 23, 10, p. 257; 24) Thoma D., Grundsätzliches zur einfachen Strahltheorie d. Schraube, «ZfM», Mch., 1925, B. 16, p. 206; 25) Prandtl L. und Betz A., Vier Abhandlungen zur Hydrodynamik und Aerodynamik, Göttingen, 1927; 26) Schlupp W., Ein-

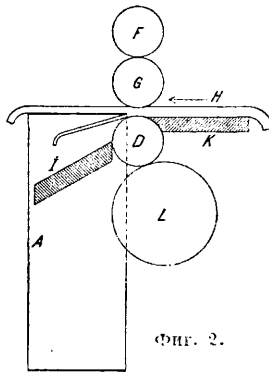
сшраuben- oder Zweischrauben-Antrieb, «Schiffbau», В., 1927, 8, p. 193; <sup>27</sup>) Petersohn E., Über d. Einfluss ungleichförmigen Zustromung bei Schraubenpropellern, «Werft, Reederei, Hafens», В., 1928, Н. 10, p. 193; <sup>28</sup>) Helmbold H. В. u. Lerbs H., Modellversuche zur Nachprüfung d. Treibschrauben-Wirbeltheorie, ibid., В., 1927, Н. 17, p. 347; <sup>29</sup>) Kempf G. und Popp M., Praktische Propellerkonstruktion in zweiter Näherung, ibid., 1927, Н. 21, p. 442; <sup>30</sup>) Perling W., The Vortex Theory of Propellers and its Application to the Work Conditions, Existing behind a Ship, «Trans. of the Inst. of Nav. Arch.», L., 1928; <sup>31</sup>) Kempf G., Neuere Erfahrungen im Schiffbau-Versuchswesen, «Jahrbuch d. Schiffbautechn. Ges.», Berlin, 1927, В. 28, p. 162; <sup>32</sup>) Струнников В. Т., Упорное давление гребных винтов и измерение его на судах, «Водный транспорт», М., 1924, 1; <sup>33</sup>) Sprague W., Experimental Comparison of the Performance of Model Propellers Working in Air a. in Water, «Trans. of the Inst. of Nav. Arch.», L., 1928, v. 70; <sup>34</sup>) Jatsushiro H., Effect of Immersion upon the Behaviour of Screw Propellers, «Journal of the Soc. of Nav. Arch.» (Zosen. Kyokwai), Tokyo, 1927, v. 41; <sup>35</sup>) Kempf G., Messung d. Wassergeschwindigkeiten neben d. Schiffswand, «Werft, Reederei, Hafens», 1925, p. 415; <sup>36</sup>) Kempf G. u. Hoffmann G., Nachstrommessungen, ibid., 1924, p. 6; <sup>37</sup>) Horn F., Versuche mit Tragflügel-Schiffsschrauben, «Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft», Berlin, 1927, В. 28, p. 342; <sup>38</sup>) Tutin J., Cavitation, «Trans. of the Inst. of Nav. Arch.», L., 1928, v. 70; <sup>39</sup>) Hass H., Beil u. Helling W., Propeller-Leitapparate, «Werft, Reederei, Hafens», Berlin, 1923, Н. 22, p. 584; <sup>40</sup>) Commentz C., Die internationale Einführung u. Entwicklung d. Propeller-Leitvorrichtungen, «Werft, Reederei, Hafens», В., 1925, p. 673; <sup>41</sup>) Kucharsky W., Wirkungsweise u. Theorie d. Propellerleitapparate, ibid., 1925, p. 498, 544, 585, 642; <sup>42</sup>) Gebers F., Über die Vervollkommnung teilweise tauchender Schiffsschrauben durch Modellversuche, «Schiffbau», В., 1926, p. 668; <sup>43</sup>) Experimental Ship with Vane Wheels, «Engineering», L., 1922, v. 113, p. 822; <sup>44</sup>) Beschoren K., Ergebnisse naturgrosser Untersuchungen von Propellerformen an Binnenschiffen, «Werft, Reederei, Hafens», В., 1927, II. 21, p. 445; <sup>45</sup>) Ship Propeller Details, «Am. Mar. Stand. Comm.», Washington, 1928, 29; <sup>46</sup>) Zilcher R., Leistungsvergleiche zwischen Dampf- u. Dieselmotorschleppern, «Werft, Reederei, Hafens», Berlin, 1927, p. 385; <sup>47</sup>) Experimental Towboats, 63 Cong., Sess. 2, Doc. 857, Wsh., 1914; <sup>48</sup>) Experimental Towboats, 67 Cong., Sess. 1, Doc. 108, Wsh., 1922; <sup>49</sup>) Teubert O., Die Binnenschiffahrt, Lpz., 1912; <sup>50</sup>) Schaffran K., Modellversuche mit Schaufelrädern, «Jahrbuch d. Schiffbautechn. Ges.», В., 1918, В. 19; <sup>51</sup>) Мокеев Н. Ф., О работе гребных колес, «Водн. трансп.», М., 1924, 2; <sup>52</sup>) Кабачинский Н. Н., Применение принципа механики подобия к определению основных размеров гребных колес, «Водный транспорт», М., 1926, 8-9; <sup>53</sup>) Скорняков А. А., Описание работ по исследованию буксирных пароходов р. Волги, М., 1924; <sup>54</sup>) Bragg E. M., Feathering Paddle Wheels, «Trans. of the Soc. of Nav. Archit. a. Marine Eng.», N. Y., 1916, v. 24; <sup>55</sup>) Ein neuer Schaufelrad-Antrieb (Lloydssystem), «Werft, Reederei, Hafens», Berlin, 1924, p. 491; <sup>56</sup>) Busley C., Turbinenpropeller mit Kontraktor, «Z. d. VDI», 1894, В. 38, p. 1; <sup>57</sup>) Ferry-Boat with Gill Hydraulic Propeller, «Engineering», L., 1926, v. 122, p. 167; <sup>58</sup>) Ronco N., La propulsione idraulica delle navi, Genova, 1926; <sup>59</sup>) Sonntag R., Der Kirsten-Boeing-Propeller, «Schiffbau», В., 1927, p. 31-35, 54-58; <sup>60</sup>) Alexander F. H., The Propulsive Efficiency of Rowing, «Transactions of the Institute of Naval Architects», London, 1927, v. 69; <sup>61</sup>) «Schiffbau-Kalender», Berlin, 1925; <sup>62</sup>) ibidem, 1928.

**ДВОЕНИЕ КОЖИ**, операция по разделению кожи по толщине на две части: верхнюю часть—лицевой спилкок равномерной толщины и нижнюю часть—мездряной спилкок неравномерной толщины; могут быть и средние спилкоки. Различают двоение товара прозеленного и двоение дубленого товара. При двоении прозеленного товара спилкок м. б. выдублен иным способом, чем самая кожа. Вес спилка при больших кожах около 2 кг. Мездряной спилкок отделяется обычно на кожу для галантер. изделий. Так как лицо кожи менее прочно, чем дерма, то снятие слишком толстого мездряного спилка ослабляет лицевой спилкок. См. *Кожевенное производство*.

**ДВОЙНАЯ МАШИНА**, машина для двоения кожи. Существует несколько сист. двойных машин: 1) Д. м. для двоения бабки опойка состоит из стола с закраиннами, по которым вручную двигают нож, устанавливаемый на определенную толщину кожи; 2) Д. м. «Юнион» (фиг. 1) служит исключительно для двоения дубленой кожи; состоит из неподвижного горизонтального ножа *A*, к к-рому валиком *B* прижимается раздвигаемая кожа *C*, закрепленная башкой на ведущем валу *D*, и доски *E*, поддерживающей кожу; 3) ленточная Д. м.—для двоения зольной или мокрой дубной кожи (фиг. 2 и 3): ленточный стальной нож *A* натянут на двух шкивах подобно ленточной пиле и движется только в одну сторону; кожа подается к ножу в направлении *H* двумя передвигающимися вальками *G* и *D*; валик *G* с лежащим над ним валиком *F* и полушкой *E* образует одно целое и устанавливается в вертикальном направлении; валик *F* мешает сгибаться вальку *G*; валик *D*, упирающийся в резиновый вал *L*, не имеет подшипников и удерживается наклонным столиком *I* (для отвода мездряного спилка) и подводящим столиком *K*. Оба подводящих валика имеют одинаковую скорость вращения, получаемую от валков *F* и *L*, которые соединены между собой шестернями, получающими вращение от главного вала *T*. Для разных скоростей имеются запасные комплекты шкивов и зацеплений.



Фиг. 1.



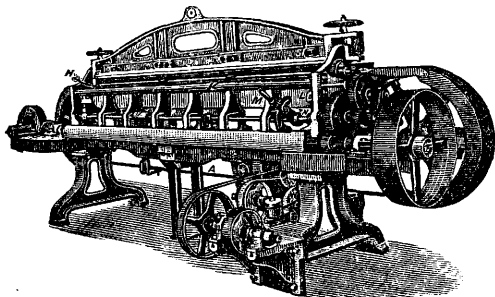
Фиг. 2.

Чтобы устранить неравномерность давления, возникающую благодаря различной толщине кожи, валик *D* составлен из колец, к-рые лежат в виде клавиатуры на резиновом валу *L*, вследствие чего при вращении валик *D* касается кожи во всех местах с одинаковым давлением. Давление резинового вала *L* направляется рукояткой *M*, соединенной с эксцентриком *N* и рычагом *O*. Натяжение и положение ножа регулируются винтами. Подшипники шкивов, натягивающих нож, точно устанавливаются. Движение от главного вала передается натягивающим шкивам с помощью конической передачи. Для непрерывного натачивания ножа внизу помещены два вращающихся наждачных круга *W*, *W*, получающих вращение от особого шкива, расположенного на полу; натяжение ремня осуществляется при помощи натяжного ролика.

Огромные преимущества ленточной машины проявляются лишь при умелом с ней обращении, иначе, работая на ней, можно испортить много товара; поэтому следует иметь в виду следующие правила: а) машина должна быть правильно установлена, а нож



наточен; подводные валки *G* и *D* и столы *K* и *I* д. б. аккуратно пригнаны к валкам, чтобы зазор между ними соответствовал состоянию кожи (дубленой и недубленой) и намеченной толщине ее после двоения; б) валки *G* и *D* д. б. строго параллельны, и наиболее близкие образующие их должны лежать почти в одной плоскости с острием ножа; шкивы, ведущие нож, должны натягивать его т. о., чтобы в нем не наблюдалось



Фиг. 3.

никакой «игры» ни в вертикальном ни в горизонтальном направлении; наждачные круги должны слегка касаться ножа; в) отношение расстояний верхнего и нижнего подающих валков от лезвия ножа определяется желательной толщиной верхней и нижней спилков, а самые расстояния — лишь опытом двоильщика, в зависимости от твердости кожи; от этого же зависит и отстояние лезвия ножа от плоскости, проходящей через оси подводных валков; полного совпадения этих линий не допускается. Для обслуживания требуется от 2 до 5 (при очень тяжелых кожах) человек.

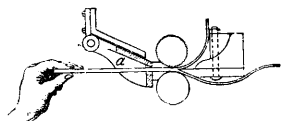
Технические данные двоильных машин.

Название машины	Длина разреза в мм	Р	Число выпр. кож в день	Число оборотов привода шкива в мин.	Вес в кг
Юнион . . . . .	1 325	1/2	350 мелких 60 крупн.	80	1 000
	1 600	1			1 200
	2 000	1 1/2	80 »		1 500
Ленточная . . . . .	1 520	3	От 200 до 300 крупн.	230 (нож) 460 (точило)	2 800
	1 850	3 1/2			3 000
	2 180	4 1/2			3 550
	2 720	5			3 800

Имеются и другие, менее употребительные конструкции двоильных машин.

Лит.: Wagner A. u. Passler J., Handbuch für die gesamte Gerberei und Leder-Industrie, Leipzig, 1924. Г. Поварнин.

**Техника безопасности.** При работе на Д. м. большую опасность представляет возможность захвата руки подающими валками, к-рыми рука м. б. подтянута к ношу. Опасность эта устраняется при снабжении машины предохранительным устройством *a* (фиг. 4), к-рое снабжено шелью достаточного размера для пропуска кожи и вместе с тем не пропускающей руки рабочего.



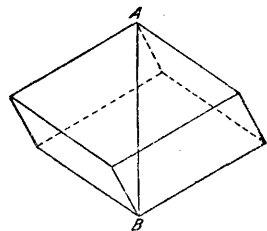
Фиг. 4.

**ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ**, распадение пучка света, идущего в анизотроп-

ной среде, на два компонента, распространяющихся с разными скоростями и поляризованных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Мерою Д. л. (в данном направлении) является разность показателей преломления двух компонентов:  $\Delta = n_e - n_o$ . В некоторых случаях (напр. в кристаллах исландского шпата) Д. л. настолько велико, что оно непосредственно обнаруживается пространственным разделением компонентов, откуда и происходит самое название явления. Обыкновенно в анизотропных средах (особенно в тонких слоях) пространственное разделение не заметно, и Д. л. обнаруживается только путем соответствующего оптич. анализа по различным поляризационным и хроматическим явлениям, а в окрашенных анизотропных средах — по *дихроизму* (см.).

Анизотропия среды м. б. природной, как в кристаллах всех систем за исключением кубической, и случайной (иногда временной), как в стеклах, подвергаемых неравномерным механич. деформациям или закалке, или же в жидкостях, находящихся в электрич. поле, или в текущих жидкостях. Во всех случаях анизотропия сопровождается Д. л. Наиболее изучено (с формальной стороны) Д. л. в кристаллах, в частности в исландском шпате ( $\text{CaCO}_3$ ), нашедшем широкое применение при изготовлении поляризационных призм. Исландский шпат кристаллизуется в ромбоэдрах гексагональной системы; одна из наиболее часто встречающихся его форм изображена ниже. В 2 противоположных вершинах *A* и *B* встречаются по 3 равных тупых угла по  $101^\circ 53'$ , через эти вершины проходит главная кристаллографич. и оптич. ось кристалла; при распространении света вдоль этой оси Д. л. не происходит. Плоскости, проходящие через ось или через направление, ей параллельное, и перпендикулярные к одной из граней кристалла, называются главными сечениями кристалла. Д. л. в одноосных кристаллах происходит так, что один из лучей подчиняется законом преломления, т. е. имеет постоянный показатель преломления при любых углах падения и поляризован в плоскости главного сечения; т. о., колебания происходят в нем перпендикулярно к этой плоскости (обыкновенный луч).

Второй луч законом преломления не подчиняется, и колебания его происходят в плоскости главного сечения (необыкновенный луч). Для нахождения обоих направлений лучей в кристалле можно воспользоваться простым геометрическим построением, предложенным еще Гюйгенсом. Обыкновенному лучу соответствует сферическая волна, необыкновенному — эллипсоидальная (эллипсоид вращения). Строй



по принципу Гюйгенса элементарные волны, можно по огибающим эти волны двум поверхностям найти направления обоих лучей. Если в кристалле скорость обыкновенного луча больше, чем необыкновенного (т. е. сфера охватывает эллипсоид),—кристалл называется положительным (кварц, лед и т. д.); в противном случае кристаллы называются отрицательными (исландск. шпат, рубин и т. д.). Одноосные кристаллы являются частным, особенно простым случаем анизотропной среды. Значительно сложнее Д. л. проявляется в двуосных кристаллах (аррагонит, слюда, гипс, сахар и т. д.) с двумя направлениями, вдоль которых Д. л. не происходит, а по остальным направлениям оба луча являются необыкновенными, т. е. не подчиняются законам преломления; в этих кристаллах наблюдается также особый случай преломления, т. н. коническая рефракция.

Особенности распространения света в кристаллах связаны с тем, что в анизотропной среде, вообще говоря, направление луча (т. е. направление распространения энергии) не совпадает с направлением нормали к волновой поверхности. Теория Д. л., данная впервые Френелем, м. б. выведена на основании ур-ий Максвелла, составленных для анизотропной среды и отнесенных к осям электрической симметрии. Если

$$A^2 = \frac{c^2}{\epsilon_1}, B^2 = \frac{c^2}{\epsilon_2} \text{ и } C^2 = \frac{c^2}{\epsilon_3},$$

где  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  и  $\epsilon_3$  — диэлектрические постоянные вдоль осей электрической симметрии и  $c$  — скорость света,—то скорость  $v$  распространения в направлении волновой нормали, определяемой косинусами  $m$ ,  $n$  и  $p$ , связана уравнением:

$$\frac{m^2}{A^2 - v^2} + \frac{n^2}{B^2 - v^2} + \frac{p^2}{C^2 - v^2} = 0$$

(закон Френеля). Это ур-ие — квадратное относительно  $v^2$ , т. е. каждому данному направлению нормали соответствуют две разные скорости  $v$ . Величины  $A$ ,  $B$ ,  $C$  называются главными световыми скоростями и. Закон Френеля и лежит в основе теории Д. л. Распадение светового пучка на два, при распространении в анизотропной среде, связано с тем, что для каждого данного направления падающего луча существуют только два направления в среде, по которым могут распространяться поперечные волны, притом поляризованные определенным образом (разумееется, всегда возможно подобрать такой поляризованный падающий луч, который пройдет через кристалл без Д. л.).

Сумма энергий обоих лучей равна энергии падающего света (если не считать потерь при отражении). При распадении поляризованного луча на два компонента при Д. л., энергия компонентов выразится след. обр.:  $a^2 \sin^2 \alpha$  и  $a^2 \cos^2 \alpha$ , где  $\alpha$  — угол, образуемый направлением колебаний первоначального луча с направлением колебаний одного из компонентов, и  $a^2$  — энергия первоначального луча (закон Малюса). Оба луча при Д. л. поляризованного света произошли от одного, т. е. когерентны. Если каким-либо способом (напр., при помощи поляриза-

онной призмы) выделить компоненты обоих лучей с колебаниями в одной плоскости и заставить их встретиться то, благодаря когерентности, произойдет интерференция, и лучи усилят или ослабят друг друга. При освещении белым светом при этом процессе будут происходить хроматич. явления, т. е. при взаимном ослаблении одних волн другие, наоборот, взаимно усиливаются (см. *Поляризация хроматическая*). Лучи, обыкновенный и необыкновенный, распространяются в анизотропной среде с различными скоростями; поэтому по выходе из среды они обладают некоторой разностью хода. Можно достигнуть, напр., разности хода в четверть волны; тогда два линейно поляризованных луча, слагаясь, образуют луч, поляризованный по кругу. Для этой цели часто применяют листочки слюды (пластинки в «четверть волны»). Интерференцион. явления используются для точных определений Д. л. (см. *Компенсаторы и Поляризационные приборы*).

Явление Д. л. в кристаллах использовано при построении разнообразных научных и технич. оптич. приборов. Д. л. в жидкостях в электрич. поле успешно применяется в последнее время для передачи изображений на расстояние, для говорящего кино и т. д. Д. л., появляющееся в стекле при закалке, служит удобным признаком для обнаружения опасных натяжений в стеклянной посуде, электрич. лампочках и т. д. Для этой цели различными оптическими фирмами выпущены поляризационные приборы, позволяющие производить быструю качественную оценку натяжений по цвету интерференционной картины, возникающей благодаря Д. л. Наконец, Д. л. позволяет изучать на прозрачных моделях из стекла или целлюлоида натяжения, которые возникают при различных деформациях в машинах, частях построек и т. д. Цветные картины, получаемые от таких деформируемых моделей, с помощью очень простых поляризационных приборов дают возможность быстрого качественного и количественного изучения натяжений и освобождают от сложных, иногда невыполнимых расчетов.

Лит.: Зайцев А. К., Оптический метод изучения напряжений, Л., 1927; Grube P., Lehrbuch der Optik, bearb. v. Gehrcke, 3 Aufl., Lpz., 1913; Grube P. u. Wathauer A., Doppelbrechung, Handbuch der physikalischen Optik, herausgegeben v. E. Gehrcke. B. 1, Leipzig, 1927. С. Вазиллов.

**ДВОЙНЫЕ СОЛИ**, соли, молекулы к-рых состоят из молекул двух или нескольких солей; Д. с. содержат 2 металла или 2 кислотных остатка. Типичными Д. с. являются *квасцы* (см.) общей ф-лы  $R_2M_2(SO_4)_4 \cdot 24 H_2O$ , где  $R$  — одновалентный щелочной металл (Na, K, NH<sub>4</sub>), а  $M$  — трехвалентный металл (Cr, Al). В природе Д. с. часто встречаются в виде минералов, напр., карналит из стассфуртских соляных копей, химического строения  $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6 H_2O$ , каинит —  $KMgCl \cdot SO_4 \cdot 3 H_2O$ ; сюда же относятся многие сложные природные силикаты. Синтетически Д. с. можно получить: 1) нейтрализацией кислот соли другим основанием; таким обр., напр., получают из винного камня рвотный камень (см. *Винные кислоты*); 2) кристаллизацией смешанных растворов нескольких солей; так, из NaCl и NaJO<sub>3</sub>

получают Д. с.  $\text{NaJO}_3 \cdot \text{NaCl} \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$  прямым взаимодействием растворов обеих солей.

Типичные Д. с. в водных растворах легко разлагаются на свои компоненты; так, карналлит распадается на  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{KCl}$ . От Д. с. отличаются т. н. комплексные соединения (см.), которые не реагируют как смеси двух солей: так, железосинеродистый калий  $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  в растворах не распадается на  $\text{KCN}$  и  $\text{Fe}(\text{CN})_3$ ; комплексный ион  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  реагирует самостоятельно.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 2, М.—Л., 1928.

**ДЕБИТ ИСТОЧНИКА**, количество воды, даваемое источником в единицу времени. Д. и. зависит от количества и характера распределения атмосферных осадков, от водопроницаемости, величины и характера площади питания источника и от глубины залегания поверхности подземных вод. Наблюдение над Д. и. необходимо производить в течение продолжительного периода. При малом Д. и. определение его производится посредством измерительных приборов; при более значительном—вблизи источника устанавливается измерительный деревян. ящик, а при большом—определение производится обычными гидрометрич. методами. Каждое измерение надо повторять несколько раз и производить при постоянном уровне стояния водного зеркала.

Б. Шлегель.

**ДЕВИАЦИЯ** (в теоретич. механике), вектор, характеризующий отклонение действительного движения точки от прямолинейного равномерного движения, происшедшее за промежуток времени  $\Delta t$ . Пусть некоторая точка перемещается по кривой  $AB$  (фиг.) и в некоторый момент  $t$  занимает на кривой положение  $P$ , определяемое радиусом-вектором  $r = \overline{OP}$ , по отношению к некоторой системе отсчета с началом  $O$ . В другой последующий момент  $t'$  пусть точка займет положение  $P'$ , определяемое радиусом-вектором  $r' = \overline{OP'}$ , так что

$$r' = r + \Delta r \text{ и } t' = t + \Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta r = \overline{PP'}$  и  $\Delta t$  суть приращения радиуса-вектора и времени. В положении  $P$  точка имеет нек-рую мгновенную скорость  $v$ , направление которой совпадает с касательной к кривой в этой точке. Если бы точка из положения  $P$  перемещалась в продолжение промежутка времени  $\Delta t$  прямолинейно и равномерно, то она прошла бы путь  $\overline{PL} = s$ , при чем

$$s = v \Delta t. \quad (2)$$

Вектор  $\delta$ , равный разности векторов  $\Delta r$  и  $s$ , и называется девиацией, или отклонением, точки за промежуток времени  $\Delta t$ , так что

$$\delta = \overline{LP'} = \Delta r - s. \quad (3)$$

Предел, к которому стремится вектор  $\delta$  при

$\Delta t \rightarrow 0$ , называется девиацией точки в момент  $t$ . Если промежуток времени  $\Delta t$  есть бесконечно малая величина первого порядка, то девиация  $\delta$  есть бесконечно малая величина второго порядка. В самом деле, применяя к равенству (1) ф-лу Тейлора, имеем:

$$r' = r + \dot{r} \Delta t + \frac{1}{2} \ddot{r} \Delta t^2 + \frac{1}{6} \dddot{r} \Delta t^3 + \dots \quad (4)$$

С другой стороны, девиация  $\delta$  м. б. представлена еще и след. образом:

$$\delta = r' - \overline{OL} = r' - (r + s) = r' - r - s,$$

или, принимая во внимание (2):

$$\delta = r' - r - v \Delta t = r' - r - \dot{r} \Delta t. \quad (5)$$

Из (5) и (4) получаем:

$$\delta = \frac{1}{2} \ddot{r} \Delta t^2 + \frac{1}{6} \dddot{r} \Delta t^3 + \dots,$$

и, обозначая ускорение точки в момент  $t$  через  $a$ , имеем:

$$\delta = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + \frac{1}{6} \dot{a} \Delta t^3 + \dots \quad (6)$$

или, пренебрегая бесконечно малыми высших порядков,

$$\delta = \frac{1}{2} a \Delta t^2, \quad (7)$$

откуда и явствует вышеупомянутое предложение. Отсюда же следует сделать и вывод, что в пределе направление отклонения  $\delta$  и направление ускорения  $a$  совпадают. Отклонение может иметь место лишь при наличии нек-рой силы, при чем перемещение точки из положения  $P$  в положение  $P'$  может быть рассматриваемо как результат сложения двух движений: прямолинейного равномерного с постоянной скоростью  $v$  и равноускоренного движения с некоторым постоянным ускорением  $a_1$ , направленным по  $\delta$  так, что Д. за промежуток времени  $\Delta t$  будет:

$$\delta = \frac{1}{2} a_1 \Delta t^2.$$

Лит.: см. Механика теоретич. М. Серебrenников.

**ДЕВУЛКАНИЗАЦИЯ** см. Регенерат.

**ДЕГАЗАЦИЯ** в военном деле, один из видов технич. мероприятий, имеющих целью ликвидировать последствия состоявшегося хим. нападения, осуществленного с помощью боевых отравляющих веществ (см.) путем уничтожения или ослабления токсического действия О. В. до момента их проникновения в организм. Д. основана либо на механич. принципе—удалении О. В. из данной зоны, либо на химическом—реакции, превращающей О. В. в безвредные или менее опасные соединения. Наряду с Д. имеют применение и различные предохранительные (профилактич.) меры.

Д. воздуха в больших объемах практически не осуществима. Возможно дегазировать только те небольшие объемы отравленного воздуха, которые потребляются для дыхания; такого рода Д. совершается, напр., в фильтрующих устройствах современных противогазов (см.) и газобезопасиц (см.). В свободной атмосфере Д. применяется иногда для ликвидации небольших по объему застоев, образуемых парами, дымами или туманами О. В. в тех местах, где отсутствуют воздушные течения: внутри построек, в ямах, оврагах, окопах, густых растительных зарослях и т. п. Здесь предпочтителен механи-

ческий способ очистки воздуха: вентиляция зараженного объема либо создание тепловой вертикальной тяги, для чего в соответствующих местах разводят костры или сжигают специальные пакеты с горючим материалом. Для химич. Д. служат различные т. н. нейтрализующие растворы. Способ этот устарел, дорог, ненадежен, часто портит имущество и самый воздух. Наибольшее значение Д. имеет при заражении почвы, местных предметов, воды, припасов и имущества, когда нек-рое количество О. В. прочно и длительно удерживается зараженным материалом. Такое заражение представляет опасность гл. образом со стороны О. В. стойкого типа, действующих на кожу; и при та, арсинов жирного ряда (см. *Арсины боевые*) и нек-рых других. Употребляемые здесь приемы Д. сводятся к упомянутым выше двум основным видам: удаление (смывание) О. В. жидким растворителем и химич. Д. с применением специальных веществ («нейтрализаторов»), разрушающих или изменяющих О. В. Растворителями для стойких О. В. служат чаще всего жидкие нефтепродукты (бензин, керосин, легкие масла) или спирт. Химич. нейтрализаторы для О. В. могут быть твердые (хлорная известь), жидкие (растворы) и газообразные (хлор).

Д. местности (почвы), зараженной ипритом или арсинами, достигается посредством засыпки сухой хлорной известью или заливки хлорноизвестковым молоком (суспензией в воде). Засыпка производится вручную или с помощью механич. приспособлений, например, барабана с отверстиями, поставленного на колеса и вращающегося вместе с осью. При рыхлом грунте Д. соединяют с неглубоким перекапыванием почвы. Хлорная известь действует окисляющим и частью хлорирующим образом, реагируя с О. В. довольно бурно (разогревание, образование тумана, иногда вспышки). Все операции по дегазации производятся в противогазах и защитных костюмах.

Д. построек, непосредственно обрызганных стойкими О. В., достигают обмазкой стен (в зараженных местах) кашицей из хлорной извести с водой, повторяя эту операцию несколько раз. Одновременно с этим внутренность строений усиленно вентилируется.

Д. металлич. изделий и механизмов может производиться след. способами: а) хлорной известью—только при отсутствии точно пригнанных, подвижных или трущихся частей; б) 2—3-кратным промыванием в керосине или бензине (наиболее удобный способ, но требует большой осторожности, т. к. О. В. при этом не уничтожаются); в) погружением в спирт, с последующим промыванием водой; г) погружением на несколько минут в свежий раствор из 10 г  $KMnO_4$  и 10  $cm^3$  уксусной к-ты в 90  $cm^3$  ацетона (О. В. обезвреживаются, но могут пострадать точные и слабые металлические части).

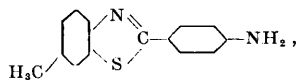
Д. тканей, одежды и белья м. б. достигнута: а) окуриванием хлором в камере в течение 10 мин. при концентрации хлора 0,1—1‰ (для тканей, адсорбировавших только пары О. В.); б) 1-часовой промывкой в горячей воде при 80—95°; в) обработкой паром в дезинфекционной камере (два раза по 20 минут); г) промывкой в метиловом спирте при

60°, а затем—в горячей и холодной воде; д) 20-минутным промыванием в воде, содержащей 1% соды и 1% зеленого мыла, при 50—60°, затем—кипячением в чистой воде ок. 15 мин.; е) погружением на 15—30 мин. в горячий водный раствор, содержащий 5% сульфированного касторового масла и 4—5% соды (или зеленого мыла). Все эти способы в настоящее время разработаны только в отношении иприта. Кожаная обувь м. б. освобождена от О. В. только длительной экстракцией бензином или другим летучим растворителем, после чего необходимо прсыпывание жиром. Этот способ портит кожу. Вода и пищевые продукты, зараженные нестойкими О. В., могут быть обезврежены кипячением (иногда, для сухих продуктов—длительным проветриванием). При заражении их стойкими О. В. (ипритом, арсинами) полная Д. невозможна, и такие продукты в пищу не годны. Вода, зараженная ипритом и арсинами, после продолжительного кипячения или обработки окислителями (гипохлоритом натрия) теряет способность действовать на кожу; в таком виде она пригодна для технич. целей, но не годна для питья.

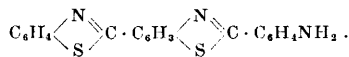
Необходимо иметь в виду, что при Д. стойких О. В. полное уничтожение их токсич. свойств достигается лишь в отдельных редких случаях. На практике задача химич. Д. часто считается разрешенной, если удается перевести О. В. в соединение нелетучее и неспособное поражать через кожу.

Лит.: Англ. инструкция «Защита против газа», перевод с англ., М., 1923; Ф и ш м а н Я., Газовый войска, ч. 1, стр. 219—229, Москва, 1924; Х л о п и н Г. В., Военно-санитарные основы противогазового дела, стр. 114—117, Ленинград, 1926; Г и н с б у р г А. Н., Н е к р а с о в В. В. и Я н к о в с к и й В. М., Введение в изучение боевых отравляющих веществ, Москва, 1928; Д е г р э А. и другие, Исследования в области защиты от иприта, «Война и техника», Москва, 1925, 194, стр. 32; V e d d e r E. B., Medical Aspects of Chemical Warfare, Baltimore, 1925. **В. Янковский.**

**ДЕГИДРОТИО-ПАРА-ТОЛУИДИН**, тиазоловое производное  $C_{14}H_{12}N_2S$ , строения



получающееся при сплавлении *n*-толуидина с серой. Хотя оно и заключает аминогруппу, но само по себе основных свойств не имеет. Лишь введение двух метильных групп в аминогруппу дает основание, солянокислая соль к-рого является желтым красителем, известным под названием т и о ф л а в и н а Т. Дальнейшее сплавление Д. с серой и *n*-толуидином дает смесь более сложных соединений с двумя и более тиазольными кольцами, среди которых преобладает дитиазоловое производное



Эта смесь при сульфировании дает субстантивный для хлопка краситель п р и м у л и н—желтого цвета, имеющий как таковой ограниченное применение, но употребляющийся, как и сульфокислота самого Д., в качестве диазосоставляющей для получения азокрасителей.

**А. Порай-Кошиц.**

Лит.: см. Красящие вещества синтетические.

**ДЕГОТЬ**, жидкий продукт термического разложения органич. веществ. Одновременно с Д. при деструктивном термическом разложении образуются еще горючий газ, подсмоленная вода и кокс. Часто в литературе вместо термина Д. пользуются словом «смола», хотя последний термин целесообразнее было бы сохранить для продуктов окисления или полимеризации непредельных органич. соединений, получающихся экстракцией из растений или прямо вытекающих из них (см. *Смолы, Смолокурение*), а также для продуктов уплотнения или осмоления Д. (т. е. для продуктов, соответствующих немецкому Harz).

Выход и характер Д. определяются двумя факторами: 1) составом исходного коксующего материала и 2) режимом реторты для сухой перегонки ( $t^\circ$  сухой перегонки, давление, время нагрева). На основе этих двух факторов можно разделить Д. на группы: по первому принципу—на Д. каменноугольный, буроугольный, торфяной, сланцевый (парафинистый, сернистый), древесный—из древесины лиственных пород (продукт хвойных деревьев обычно называется смолой); по второму принципу на: 1) Д. первичные и 2) Д. добытые при высокой  $t^\circ$ ; первичные Д., в свою очередь, разделяются на: а) Д. из установок с внешним обогревом и б) Д. из установок с внутренним обогревом; Д. добытые при высокой темп-ре делятся на: а) Д. коксовых печей, б) Д. газовых печей и в) Д. из газогенераторов.

Грубо можно принять, что в состав коксующего материала могут входить битумы, углеводы, гуминовые кислоты и гуминовые вещества и остаточный уголь (Rest-Kohle). Все эти вещества являются продуктами распада целлюлозы, пентозанов, лигнина, восков, смол и азотистых соединений. Не все из перечисленных веществ являются одинаково ценными в процессе дегтеобразования. Табл. 1 показывает продукты превращения этих веществ при перегонке.

Табл. 1. — Превращение исходных материалов при перегонке (в %).

Исходный материал	Продукты разложения:			
	деготь	вода	кокс	газ
Целлюлоза . . . . .	23	35	25	17
Лигнин . . . . .	13	12	57	18
Битумы . . . . .	60—80	ок. 2	до 9	до 10
Гуминовые кислоты	до 0,5	17	58	25
Остаточный уголь .	17	20	40	23

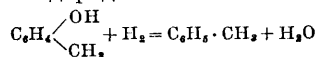
Кроме того, и самый состав Д. также неодинаков для различн. дегтеобразователей. Гуминовые к-ты и нерастворимые гуминовые вещества дают начало образованию гл. обр. фенолов; углеводородов и нейтральных соединений они дают мало; в Д. битумов содержится: 47% парафинов и 2,8% фенолов; гуминовые к-ты дают 8,2% Д., 13% парафинов и 16,1% фенолов; остаточный уголь дает 33% Д., в к-ром содержится 16% парафинов и 6,1% фенолов. В виду того что остаточный уголь представляет собой вещество, остающееся в исследуемом материале после удаления соответственным растворителем всех других соединений, есть основание пола-

гать, что часть битумов и гуминовых кислот, находящихся в коллоидальном состоянии, остается в остаточном угле, и эти остатки дают Д., содержащий парафин.

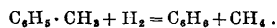
Известны два существенно различных по результатам метода сухой перегонки органич. материалов, при к-рых образуется Д., а именно: 1) коксование при высокой  $t^\circ$  ( $800 \div 1000^\circ$ ) и 2) перегонка при низкой  $t^\circ$  ( $450 \div 550^\circ$ ). См. *Жидкий уголь*. Коксование при высокой  $t^\circ$  дает 2÷5% Д., коксование при низкой  $t^\circ$  того же материала повышает выход Д. до 8—15%; получающиеся при низкой  $t^\circ$  так называем. п е р в и ч н ы е Д. можно рассматривать как продукт первоначального, первичного разложения коксующего материала. Они отличаются большим содержанием парафиновых углеводородов; кроме того, в них находятся олефины, нафтенy, гидроароматич. соединения, а также кислые фенольные вещества. Ароматич. соединений в первичном Д. очень мало, бензол почти отсутствует. Соответственно этому средний элементарный состав, напр., буроугольного Д. таков: 85,7% С, 11,6% Н, 2,6% N+O. Получаемый при высокой  $t^\circ$  Д. имеет состав: 92,4% С, 4,5% Н, 2,5% N+O и содержит значительное количество ароматич. соединений (бензола, нафталина, антрацена). Фенолов в нем меньше. Этот Д.—важное сырье для красочной химической промышленности.

Состав и качество Д. зависят от сорта перерабатываемого материала. Так, с повышением возраста каменного угля уменьшается выход Д. Присутствие кислорода в составе органич. вещества сильно сказывается на выходе Д. С увеличением содержания кислорода увеличивается и количество Д. Процесс образования Д., а также точное соотношение между составом коксующего материала и составом дегтя еще не вполне выяснены, вследствие того что вопрос о составе угля находится в настоящее время лишь в стадии разработки.

Д. высоких  $t^\circ$  из газогенераторов является уже в т о р и ч н ы м п р о д у к т о м. Проследить и выяснить процесс вторичного превращения продуктов термич. разложения органич. материалов также пока еще не удается с исчерпывающей полнотой. Так, например, накопление во вторичных дегтях ароматических соединений Ф. Фишер и В. Шрадер на основании экспериментальных данных объясняют восстановлением фенолов и крезолов водородом:



и далее:



Глууд (Gluid) считает, что деструктивное превращение высокомолекулярных ароматических соединений в бензол идет по схеме: цимол → ксилол → толуол → бензол. Кроме того, парафины могут, особенно в присутствии свободного осадка, пирогенетически распадаться в олефины и ацетилен, а последний конденсироваться в ароматич. соединения. Большую роль здесь могут играть и контактные процессы при соприкосновении со стенками реторты, с остаточным углем и т. д. Теории вторичного образования ароматич.

углеводородов м. б. противопоставлена старая теория Бертелло, по к-рой при высокой  $t^\circ$  легко происходит образование бензола, нафталина и антрацена путем конденсации ацетиленовых углеводородов. Это положение Бертелло было экспериментально подтверждено работами Р. Мейера, который получил конденсацией ацетилена не только бензол, нафталин и антрацен, но и их метилированные производные; кроме того, были получены и пятичленные кольца и гетероциклич. соединения. Так, было доказано присутствие индена, флуорена, аденантена, а также гетероциклич. соединений, как пиридин, тиофен, пиррол, хинолин и др. Из лабораторного ацетиленового Д. было выделено 34 химич. индивидуума и среди них 23 углеводорода. Интересно, что в ацетиленовом Д. отсутствуют как раз те соединения, к-рых нет и в высокотемпературном Д. Ацетилен же, служащий исходным продуктом для соединений вторичного Д., получается при распаде предельных углеводородов первичного Д.

Процесс образования Д.—процесс экзотермический. Это особенно резко выражено в термическ. распаде целлюлозы. Последняя начинает разлагаться при  $t^\circ$  выше  $150^\circ$ ; процессы распада при нагревании до  $270^\circ$  идут так быстро, что смесь сама разогревается до  $350^\circ$ . В зависимости от состава коксующего материала и соотношения в нем битумов, гуминовых соединений и целлюлозы количество теплоты, выделяемой при дегтеобразовании, различно: оно колеблется в пределах от 150 до 180 Cal.

Методика лабораторных исследований Д. сводится к след. определениям: 1) определение воды, 2) содержание грязи, 3) удельный вес, 4) определение золы, 5) определение смол, 6)  $t^\circ$  вспышки, 7) определение вязкости, 8)  $t^\circ_{\text{acm.}}$ , 9) определение элементарного состава, 10) содержание серы, 11) теплотворная способность и 12) фракционированная разгонка. Этим лабораторным определениям предшествует взятие средней пробы, при отборе которой нужно иметь в виду, что деготь, особенно в больших хранилищах, неоднороден на различных глубинах. Пробу берут длиной трубкой диам. 5–10 см, которую медленно погружают в деготь, вертикально, до самого дна сосуда. Низ трубки после ее окончательного погружения в жидкость закрывают доньшком, прижимаемым к нижнему отверстию трубки натягиванием шнура, пропущенного через трубку. Забранную жидкость перемешивают и от нее берут часть для дальнейшего испытания. 1) Определение воды производится методом Гофмана-Маркуссона. 100 г анализируемого дегтя помещают в круглодонную колбу емкостью 500 см<sup>3</sup> и смешивают с равным объемом ксилола; колбу снабжают прямо поставленным холодильником, форштос которого соединен с насадкой, опущенной в градуированный на  $1/20$  см<sup>3</sup> цилиндр. Перегонку ведут или на голлом огне бунзеновской горелки или на масляной бане до тех пор, пока отходящий ксилол не станет прозрачным и в цилиндре не перестанет увеличиваться нижний слой воды. Скорость перегонки регулируют так, чтобы в минуту в приемник стекало 2–4 капли. В случае малого содержания воды для

перегонки берут ксилол, насыщенный водой, и затем учитывают содержание воды в ксилоле, вычитая его из общего количества выдлившейся из Д. воды. 2) Для определения грязи отбирают 20 г хорошо перемешанной пробы и растворяют в 100 см<sup>3</sup> ксилола. После отстаивания осадок переносят на взвешенный фильтр, предварительно промытый ксилолом и высушенный до  $110^\circ$ . Осадок промывают на фильтре ксилолом, сушат и взвешивают. 3) Уд. в. определяется ареометром, весами Мора-Вестфала или пикнометром; полученную величину приводят к  $t^\circ$  в  $15^\circ$ , если Д. имел другую темп-ру. 4) Определение золы—несгораемых примесей—производится путем предварительного осторожного нагревания, после к-рого следует сожжение и прокаливание: для исследования берут 10–20 г Д. в фарфоровом тигле. 5) Важным определением для характеристики Д. является определение содержания смол и асфальтов. Навеску в 5 г исследуемого Д. разбавляют 40-кратным объемом нормального бензина (удельн. вес 0,695–0,705,  $t^\circ_{\text{кип.}}$  65–75°). После суточного отстаивания осадок переносят на фильтр и промывают бензином до полного удаления дегтя; оставшийся осадок растворяют в бензоле, переносят в чашку, бензол испаряют и после сушки до  $100^\circ$  определяют вес оставшейся смолы. Кроме содержания смол, нерастворимых в бензине, параллельно определяют смолы, нерастворимые в смеси эфира и спирта. Навеску в 5 г растворяют в 25-кратном объеме эфира и к полученному раствору по каплям прибавляют 12½-кратный объем 96%-ного спирта. Дают отстояться 5 часов, осадок переносят на фильтр и промывают смесью спирта и эфира (1:2). Затем осадок растворяют в бензоле, бензол испаряют и после сушки до  $105^\circ$  взвешивают. 6) Определение  $t^\circ$  вспышки—см. *Вспышка*. 7) Определение вязкости—см. *Вязкость и Спр. ТЭ*, т. I. 8) Для определения  $t^\circ_{\text{заст.}}$  в широкую пробирку, снабженную пробкой и термометром, наливают Д., пробирку помещают в холодную смесь из льда и соли (2:1) и от времени до времени наблюдают за консистенцией Д., наклоняя пробирку;  $t^\circ_{\text{заст.}}$  будет та, при к-рой Д. будет обладать заметной текучестью при нагибании пробирки. Для более точного определения несколько пробирок наполняют слоем Д. в 3 см и каждую из них помещают в один из растворов, содержащих в 100 ч. воды следующее указанное ниже количество солей:

$t^\circ$	Растворенные соли
0°	—
– 3°	13 ч. $\text{KNO}_3$
– 4°	13 » ( $\text{KNO}_3 + 2 \text{NaCl}$ )
– 5°	13 » ( $\text{KNO}_3 + 3,34 \text{NaCl}$ )
– 8,7°	35,8 » $\text{BaCl}_2$
– 10°	22,5 » $\text{CuCl}_2$
– 14°	20 » $\text{NH}_4$
– 15°	25 » $\text{NH}_4$

В свою очередь, сосуд с указанными растворами заключен в смесь льда и соли (2:1). По истечении часа в пробирку опускают термометр, и если он при попытке его извлечения поднимет за собой пробирку, Д. считается загустевшим. 9) Элементарный состав Д. сводится к определению С, Н, N и О, по методу органич. сожжения. 10) Определение

серы в Д. проще всего связать с определением теплотворной способности. После сжигания Д. в бомбе калориметрической (см.) и определения теплотворной способности, содержимое бомбы пропускают в продолжение 1½ часа через змеевик, содержащий 20% NaOH, затем бомбу внутри смывают водой, промывные воды присоединяют к щелочному раствору и прибавляют немного бромной воды для окисления SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub>. Раствор подкисляют HCl и определяют содержание серной к-ты. 11) Фракционированную разгонку производят следующим образом. В колбу помещают 100 см<sup>3</sup> Д. и разгонку ведут на бузеновской горелке с такой скоростью, чтобы в 1 сек. в мензурку падали 2—3 капли. За *t*<sub>кит.</sub> фракции принимают ту *t*<sup>o</sup>, к-рую показывает термометр в момент падения капли в мензурку. 12) Важной характеристикой Д. является определение фенолов и непредельных соединений. Для определения фенолов в градуированный цилиндр или пробирку помещают 50 см<sup>3</sup> Д. и к нему прибавляют 20 : 30 см<sup>3</sup> раствора NaOH 38° Вё (в 1 л 440 г NaOH). После взбалтывания пробирку помещают в теплое место для отстаивания. Образуются три слоя: верхний—деготь, средний—феноляты и нижний—свободная щелочь. Отсчет нижнего мениска масла указывает убыль, происшедшую от ухода фенолов. Непредельные соединения определяют взбалтыванием Д. в таком же сосуде с серной кислотой 66° Вё. Последний метод неточен, ибо часть предельных соединений может переходить в виде эмульсии в нижний слой.

Древесные Д. употребляют для изготовления дешевых смазочных масел (типа колесной мази и др.). Дешевые сорта Д. сжигают в соответственных установках для получения сажи. Древесный Д. применяется как средство для консервации дерева. Сосновая смола издавна применяется для смоления подводных частей судов и лодок. При изготовлении юфти применяется берестовый деготь, пропитывающий кожу равномерно, не давая пятен. Древесный Д. и содержащийся в нем креозот применяются как дезинфицирующее средство. Древесный пек и вар служат исходными продуктами при изготовлении асфальта, эластических и вязких смол для заливки и брикетирования. За отсутствием сбыта древесный Д. жгут на месте как топливо в форсунах. Д. имеет рабочую теплотворную способность около 7 400 Cal/кг; состав: 70 : 74% С; 8 : 9% Н; 17 ÷ 20% O + S + N.

Относительно технологич. деталей процессов сухой перегонки разного сырья, а также относительно выделяемых в каждом отдельном случае фракций и индивидуальных продуктов см. *Жидкий уголь*, *Каменный уголь*, сухая перегонка (здесь содержатся также и данные относительно бурых углей), *Дерево*, сухая перегонка, *Торф*, сухая перегонка. Относительно процессов и продуктов переработки древесных хвойных деревьев см. *Смолокурение*, *Смолы*.

Лит.: По древесному Д.: Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 6, ч. 2, М., 1914; K l a g M., Technologie d. Holzverkohlung, 3 Aufl., В., 1923. По бурогольного Д.: Е g d m a n n E. und D o l c h M., Die Chemie d. Braunkohle, Halle a/S.,

1927 (обстоятельн. сводка лит.); S c h e i t h a u e r W., Die Schmelteere, ihre Gewinnung und Verarbeitung, 2 Aufl., Lpz., 1922. По каменноугольному Д.: T h a u A., Die Schmelung v. Braun-u. Steinkohle, Halle a/S., 1927; B y r o m T. H. and C h r i s t o p h e r J. E., Modern Coking-Practice Including the Analysis of Materials a. Products, L., 1910; S c h r e i b e r F., Die Industrie der Steinkohlenveredlung, Lpz., 1923; W e i s s g e r b e r R., Chemische Technologie d. Steinkohlenteers, Lpz., 1923. По торфяному Д.: T h e n i u s G., Die technische Verwertung des Torfes und seiner Destillationsprodukte, 3 Auflage, W.—Lpz., 1924; H o e r i n g P., Moornutzung u. Torfverwertung, Berlin, 1921. По сланцевому Д.: S c h e i t h a u e r W., op. cit.; K l e v e r H. W. und M a u c h K., Über den estländischen Ölschiefer, Halle a/S., 1927. Общее: M a l l i s o n G., Деготь, пек, битум и асфальт, пер. с нем., Л., 1927; Ш м и т ц Л. и Ф о л л м а n H., Жидкие топлива, их добывание, свойства и исследование, перевод с нем., М., 1927; F i s c h e r F., Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle, В. 1—3, В., 1915—18; S t r a c h e H. u. L a n t R., Kohlenchemie, Lpz., 1924; L u n g e G. u. B e r l e E., Chemisch-techn. Untersuchungs-Methoden, В. 3, В., 1923. **Е. Раковский.**

**ДЕГРА**, окисленная ворвань (см.), смешанная с водой и небольшим количеством продуктов распада гольевого вещества кожи в стойкую густую эмульсию, служащую для жирования кожи. Различают Д. натуральную и искусственную. Н а т у р а л ь н а я Д. получается как отброс при замшевании. Для ее изготовления голье намазывают ворвань, которая окисляется кислородом воздуха; процесс повторяется несколько раз; затем или отжимают на прессе жир из увлажненной кожи и кожу обрабатывают содой или же обрабатывают кожу теплым (50°) раствором углекислой соды, отжимают, нейтрализуют соду серной кислотой и отделяют выделившуюся жирную массу от рассола. Первый способ (французск.) дает моеллондегру, а второй (англо-немецкий)—обыкновенную Д. Искусственной Д. называются весьма различные смеси и продукты, заменяющие натуральную Д. По существу это название можно присвоить продуктам окисления ворвани, смешанным с тем же моеллоном или, в крайнем случае, с шерстяным жиром. Применение для смеси других веществ (масла, сала, смолы) следует рассматривать как фальсификацию. Окисление ворвани производят продуванием через теплую ворвань увлажненного теплого воздуха.

Лит.: S c h m i d t J. u. W a g n e r A., Gerbereitechnisches Auskunftsbuch, Durlach, 1905; B l ü c h e r H., Auskunftsbuch f. d. chemische Industrie, В., 1923; K ü n k l e r A., Fabrikation d. Schmiermittel. Maschinenschmiermittel, Lederschmiermittel u. a., Mannheim, 1897; B e n n e t t H., The Manufacture of Leather, 1919. **Г. Поварнин.**

**ДЕГУМИРОВАНИЕ** шелка, обесклеивание, варка шелка, операция, имеющая целью удаление с природного благородного шелка наружного слоя серицина со всеми заключающимися в нем примесями. Мотки шелка, уложенные в редкие холщевые мешки, вываривают в течение 1—2 ч. в растворе мыла, по возможности нейтрального, напр. марсельского. При этом серицин частью растворяется, образуя натриевую соль, частью эмульгируется в растворе мыла, образуя белый фибрин, составляющий главную часть волокна. После варки шелк промывают теплой и холодной водой. При Д. шелк теряет в весе около 20%. Мыльная эмульсия серицина, называемая надмыльем, также шелковым или бастовым мылом, обыкновенно применяется при процессе крашения шелка. **А. Порай-Кошиц.**

**ДЕЗИНСЕКЦИЯ** продуктовых хранилищ, очистка продуктовых хранилищ от вредных насекомых, разножающих в продуктах и портящих или уничтожающих последние. Чаще всего Д. проводится в зерновых и мучных хранилищах, а кроме того, в предприятиях, перерабатывающих зерно и муку (мельницы, хлебные и кондитерские производства, дрожжевые, солодовые з-ды и пр.). В ряде случаев Д. применяется и в хранилищах прочих продуктов органического происхождения.

К наиболее распространенным продуктовым (амбарным) вредителям относится ряд жуков с их личинками: амбарн. долгоносик (*Calandra granaria* L.), рисовый долгоносик (*C. oryzae* L.), гороховая зерновка (*Bruchus pisorum* L.), мавританский жучок (*Tenebrioides mauritanicus* L.), суринамский мукоид (*Silvanus surinamensis* L.), хлебный точильщик (*Sitodrepa panicea* L.), зерновой точильщик (*Rhizopertha dominica* F.), мучной хрущак (*Tenebrio molitor* L.), малый хрущак (*Tribolium confusum* Duv.) и др.; гусеницы некоторых бабочек: зерновая моль (*Sitotroga cerealella* Oliv.), хлебная или амбарная моль (*Tinea granella* L.), амбарная огневка (*Ephestia kuehniella* Z.), зерновая совка (*Hadena basilinea* W.); ряд молей, водящихся в шерсти и ее изделиях, в мехах и пр., и мелкие клещи из семейства Тугоглүрфidae. Все они не только уничтожают или портят различные продукты, но, засоряя их своими испражнениями, вызывают у людей и животных ряд болезней, часто с тяжелыми последствиями. Вредители заносятся в хранилища с вносимыми продуктами, уже зараженными ранее (в поле, при перевозке и пр.), или, наоборот, попадают в хранилища в поступившие незараженные продукты. В обоих случаях при разгрузке хранилищ в них всегда остаются вредители, являющиеся постоянным источником заражения и порчи продуктов. Поэтому необходимо, кроме Д. продуктов, производить и Д. хранилищ. Возможна комбинированная дезинсекция — и хранилищ и находящихся в них продуктов. Наиболее совершенной является газовая Д., производимая сернистым газом, сероуглеродом, цианистым газом и хлорпикрином. Перед Д. все щели и отверстия тщательно замазывают глиной или заклеивают бумагой, оставляя лишь один вход, замазываемый тотчас после производства реакций, выделяющих газ.

**Сернистый газ** — наиболее распространенное из дезинсекционных средств по простоте работы с ним, дешевизне и достаточной токсичности — получают сжиганием серы в жаровнях в подкаеке Д. помещения, или же заранее изготовленный сернистый газ впускают в помещение из баллонов. Серы берут 60—100 г на 1 м<sup>3</sup> помещения. Выдержанное с газом не менее 24 ч. помещение вентилируется. Для Д. помещения д. б. сухим; пищевые продукты, текстильные, металл. и крашенные предметы во избежание порчи предварительно удаляют.

**Сероуглерод** — второе по распространенности дезинсекционное средство, представляет собою бесцветную или желтоватую жидкость с запахом гниющей редьки, кипит при 47°. Его разливают в хранилищах в по-

суду (противни, глиняные чашки) из расчета 60—80 г на 1 м<sup>3</sup> помещения. К достоинствам газа следует отнести: хорошую проникаемость, допускающую Д. загруженных хранилищ; отсутствие вредного действия на металл. и крашенные, текстильные предметы и пищевые продукты; легкую выветриваемость из помещений и продуктов. Недостатком является взрывчатость. Выдержка помещения под газом 24—36 ч.

**Цианистый газ** получается действием серной к-ты на цианистый калий или натрий. Цианистых солей берут 9—15 г на 1 м<sup>3</sup> помещения при дозировке на 1 вес. ч. соли 1,5 ч. серной к-ты (уд. в. 1.84) и 3 ч. воды. В глиняные чашки наливают по расчету воду, затем серную кислоту. Порции цианистой соли отвешивают на каждый сосуд заранее и раскладывают в пакетах около расставленных сосудов. Затем быстро и по порядку, начиная с дальнего от выхода места, в сосуды опускают цианистую соль и закрывают последний выход в хранилище. Выдержка помещения под газом 24—36 ч. Недостатком цианистого газа является легкая поглощаемость его влажными предметами и малая способность проникать в толщу продуктов. Поэтому цианизируются только свободные хранилища.

**Хлорпикрин** употребляется в количестве 10—15 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup>. Вследствие медленного испарения его необходимо при употреблении подогревать или мелко разбрызгивать. Требуется тщательная вентиляция.

При газовой Д.  $t^{\circ}$  в помещении д. б. ниже 12—15°, т. к. при более низкой  $t^{\circ}$  жизнедеятельность насекомых понижается, и газы на них действуют слабее; оптимальной для работ считается  $t^{\circ}$  18—25°.

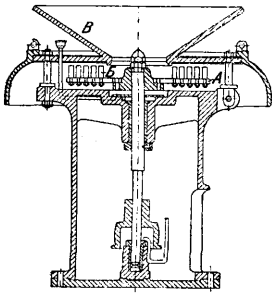
Работы при газовой Д. производятся в противогазах. Другие методы Д. основаны на применении водяного пара, горячего воздуха, формалина и др., но по причине более слабого действия на насекомых или большей сложности операций они не пользуются широким распространением.

*Лит.:* Дезинфекция, дезинсекция, дератизация. Сборник под ред. А. Сысина, Москва—Ленинград, 1926; Горьянов А., Амбарные вредители и борьба с ними, Москва, 1924; его же, Удушливые газы на службе сельскому хозяйству, Москва—Ленинград, 1925; Шорохов С., Новый способ борьбы с амбарными вредителями в подпольях складов при помощи сернистого углерода, Москва, 1926; Johnson W. G., Fumigation Methods, New York, 1902; Zacher T., Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung, Berlin, 1927. **В. Моделов.**

**ДЕЗИНТЕГРАТОР**, машина для измельчения и перемешивания не особенно твердых материалов: гипса, соли, угля, глинистых земель, формовочных земель и т. п. Материалы, поступающие в Д., центробежной силой отбрасываются с большой скоростью на неподвижные стенки, неподвижные ребра или движущиеся (в обратном друг другу направлении) диски со штифтами, размельчаются, перемешиваются и затем выходят из машины достаточно разрыхленными (объем первоначальной массы иногда достигает 1,5 первоначального объема). Применение дезинтегратора особенно важно в тех случаях, когда сырая масса в период перемешивания стремится к образованию комьев и загрязняет работающую машину.



По конструкции своей Д. подразделяются на 2 группы: горизонтальные и вертикальные. Горизонтальный Д. состоит из вращающегося диска *A* с вертикально стоящими

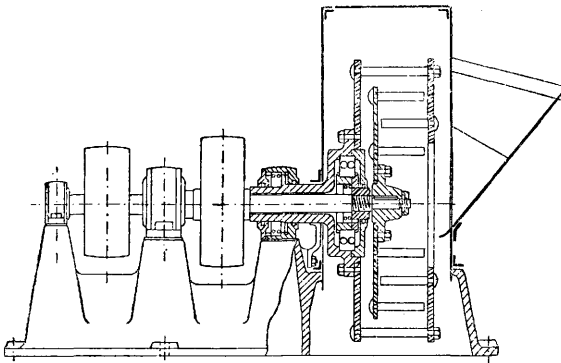


Фиг. 1.

билами *B*, расположенными концентрическими кругами (фиг. 1 дезинтегратор завода Красная Пресня); материал подается в машину через воронку *B*. Д. приводится в движение ременной передачей или конич. зубчатками. Производительность машин  $2 \div 6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; расход мощности в среднем  $0,75 \text{ Н}$  на  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$

перерабатываемого продукта. Эти машины все больше вытесняются вертикальными Д.

Простейший вертикальный Д. (для переработки  $2-3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) состоит из вала, на конце которого насажен диск с двумя рядами бил. Кожух *б. ч.* делается чугунный; нижняя его часть составляет одно целое со станиной. Дезинтеграторы производительностью  $15 \text{ м}^3/\text{ч}$  и выше строят с двумя дисками, вращающимися в обратном друг другу направлении, что обеспечивает получение при небольшом числе оборотов необходимой средней скорости в  $20-25 \text{ м/сек}$ . Диски снабжены  $2-3-5$  концентрически расположенными рядами бил. Противоположное вращение дисков достигается либо установкой по обеим сторонам машины валов с противоположным вращением, либо двумя валами, вращающимися в разные стороны, из к-рых один, полный, насажен на второй, основной. Д. второго



Фиг. 2.

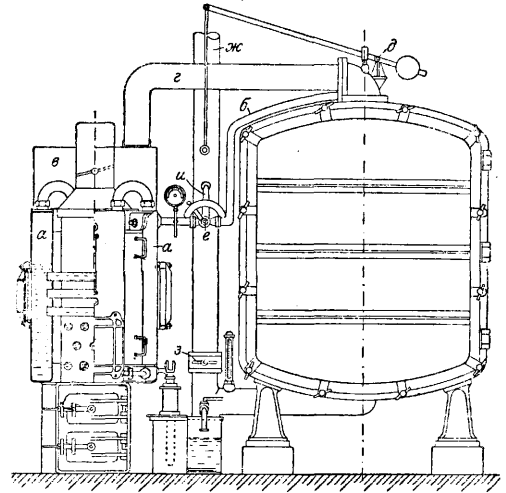
типа (фиг. 2) системы Карра строит московский завод Красная Пресня. Расход мощности в среднем  $1 \text{ Н}$  на  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  перерабатываемого продукта. Д. находят применение больше всего в литейном деле при подготовке формочной земли, а также при подготовке каменного угля перед коксованием и брикетированием. См. Дробилки.

Лит.: Чечотт Г. О., Обогащение полезных ископаемых, вып. 1, Л., 1925; Schenken H. u. Jungst F., Lehrbuch für Erz- u. Steinkohlen-Aufbereitung, Stg., 1913. В. Таурок.

**ДЕЗИНФЕКЦИОННЫЕ КАМЕРЫ** и аппараты служат для обеззараживания различных предметов, инфицированных болезнетворными микроорганизмами и насекомы-

ми-паразитами. Д. к. представляют собою герметически замкнутые помещения, куда вносятся обеззараживаемые предметы целиком.

Д. к. бывают: паровые, суховоздушные (тепловые), газовые и комбинированные. В паровых камерах применяется или текущий пар, при атмосферном давлении, или же пар при повышенном или пониженном давлении (вакуум-камеры). В последних, для усиления бактерицидного действия, добавляются пары формальдегида. Вакуум-камеры применяются для дезинфекции мехов, кожи, резины, книг и т. п. предметов, которые в паровых камерах много типа портятся.

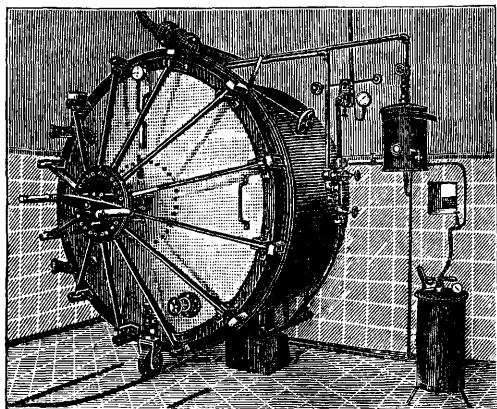


Фиг. 1.

В современных паровых камерах новейшей конструкции предусмотрены: 1) установка камеры в глухой стене, разделяющей грязное и чистое отделения, с отдельными загрузочными и разгрузочными дверцами и расположением всех приборов, необходимых для управления камерой и для контроля в чистой половине; 2) устройство двойных стенок (рубашки), в пространстве между которыми выпускается пар для обогрева камеры под большим давлением, чем внутри камеры; рубашка устраняет конденсацию пара на внутренних стенках камеры и имеет ряд других преимуществ перед местными нагревательными приборами, которые устанавливались в камерах устарелой конструкции; 3) оборудование вентиляцией для проветривания и просушки вещей с пароструйным прибором или электрическим вентилятором и с фильтрацией входящего воздуха через воронку, наполненную стерилизованной ватой; 4) устройство тележки или подвижной кулисы для размещения обеззараживающих вещей, свободнодвигающейся в камеру и выдвигающейся из нее; 5) устройство усовершенствованного затвора для дверей преимущественно центрального («пушечного») типа (фиг. 2). Камеры устраиваются большей частью горизонтальные, круглой, овальной или четырехугольной формы.

Паровые камеры больших размеров могут снабжаться паром из существующих паровых котлов или же получать его из специальных генераторов. Такое устройство изо-

бражено на фиг. 1. Камера снабжается двумя дверями, чтобы не вынимать продезинфицированных предметов через те же двери, в которые закладываются непродезинфицированные. Пар получается в котле *a* и поступает в Д. к. по трубе *b*. Перед загрузкой Д. к. прогревается горячим воздухом, собирающимся в кожухе *e* и поступающим в камеру по трубе *g* через клапан *d*. Затем внутри камеры раскладываются слоями предметы, предназначенные для дезинфекции; поворотом крана *e* впускают сверху в камеру пар, при чем сначала воздух, а потом пар выходит наружу через трубу *жс*, давление же пара регулируется клапаном *з*. По окончании дезинфекции кран *e* закрывают, а вентиль *d* и клапан *з* открывают; посредством инжектора *и* воздух, нагретый в кожухе *e*, прогоняется через Д. к., чем достигается просушка камеры и заключенных в ней предметов. Обычная емкость паровых камер колеблется от 1 до 10 м<sup>3</sup>. Для камер емкостью > 5 м<sup>3</sup> на каждую загрузку требуется 25÷40 кг пара.



Фиг. 2.

На фиг. 2 изображена головная часть новейшей универсальной камеры, в которой можно производить дезинфекцию паром при повышенном давлении, пароформалином при пониженном давлении и, наконец, горячим воздухом.

Японские пароформалиновые камеры представляют собой прямоугольные помещения с тепло- и водонепроницаемыми стенками, снабженные внутри радиаторами или трубами для местного отопления, проводкой пара, вентиляцией, трапом с водяным сифоном, вешалками и термометрами. Разгрузочные и загрузочные двери помещаются на узких концах камеры. Пар из специального паробразователя впускается в камеру при давлении в 3—4 атм (при более низком давлении вещи из дезинфекции выходят влажными). Дезинфекция производится при  $t^{\circ}$  в 65°. Емкость от 10 до 50 м<sup>3</sup>. Для военных целей японские камеры устраиваются разборными или устанавливаются на тележках.

Суховоздушные камеры на практике оправдали себя гл. обр. для целей дезинфекции, то есть для уничтожения насекомых-паразитов и их зародышей, которые погибают в воздухе, нагретом до 80° в течение 10—15 м. Бактерицидные свойства нагретый воздух

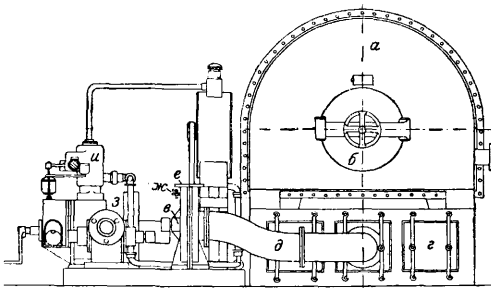
приобретает лишь при 120—150° (что портит вещи) и при добавлении влаги. Плохая теплопроводность сухого нагретого воздуха компенсируется вентиляционными приспособлениями и свободной развеской вещей. В более совершенных тепловых камерах устраивается циркуляция горячего воздуха под более или менее значительным давлением. Камеры-землянки, камеры-каменки, камеры с местной топкой сист. Лебедева, Смирнова, Гашинского, Емельянова, Лашенкова, Шлезингера и других [1, 5] являются образцами камер простой конструкции. Циркуляционные тепловые камеры с паровыми калориферами и электромоторами существуют двух систем: немецкой—Фондран [1] и русской—осуществленной впервые на московских вокзальных санитарных пунктах [3, 4]. В системе Фондрана проникание горячего воздуха через вещи обеспечивается высоким давлением, под к-рым воздух нагнетается в камеру (при емкости камеры в 6,48 м<sup>3</sup>, рассчитанной на 45 военных комплектов, требуется мотор в 15 HP); русская система основана на обтекании свободно развешанных вещей струями горячего воздуха под небольшим давлением (камера в 30 м<sup>3</sup> на 50—60 комплектов вещей требует 2,5 HP). Первая система имеет более сложную конструкцию камерного помещения и дорожке в эксплуатации. В СССР военно-санитарное ведомство еще широко пользуется подвижными и стационарными камерами устаревшей системы «Гелиос» с вращающимися барабанами и местной топкой. Эти камеры работают при  $t^{\circ}$  140—150°, с добавлением влаги.

Помимо пароформалиновых, применяются еще серные и циановые газовые камеры. Под серную камеру м. б. использовано любое помещение, защищенное от утечки газа. SO<sub>2</sub> получается сжиганием S или CS<sub>2</sub> в камере или вне ее в специальных аппаратах. Циановые камеры снабжаются газонепроницаемыми стенками, герметически запирающимися дверцами и надежной вентиляцией. На нью-йоркской карантинной станции в камерах сначала создается вакуум, а затем нагнетается HCN под давлением. Это позволяет быстро убивать вещи даже при плотной укладке вещей, напр., в пассажирском багаже. Подвижная металлич. циановая камера сист. Штинера имеет выдвигающую тележку для загрузки вещей, газогенератор и вентиляционные приспособления для равномерного распределения HCN в камере и последующего удаления газа. В Германии для борьбы с молью в крупном масштабе применяют циановые камеры, к-рые состоят из вентилируемых газонепроницаемых шкафов; в камеры всыпается соединение циана—циклон (метилловый эфир цианоугольной к-ты) в порошкообразном виде [6].

Дезинфекционные аппараты разделяются на три группы: 1) газовые аппараты для окуривания помещений; 2) аппараты для обеззараживания определенных предметов и 3) аппараты для разбрызгивания и распыления дезинфекционных средств.

К первой группе относятся приспособления для формализации, сульфуризации и цианизации. Наиболее практичны пароформалиновые аппараты, в которых пары CH<sub>2</sub>O

развиваются при кипячении разбавленного (8%-ного) формалина. Аппарат Флюгге состоит из котелка листовой меди с припаянной крышкой, спиртовой горелки и железного остова. Французский аппарат Готона имеет котелок из литой меди с привинчивающейся крышкой, поплавок, к-рый указывает уровень кипящей жидкости, и горелку типа примус. При аппарате Флюгге необходимо иметь еще аппарат меньшего размера для нейтрализации  $\text{CH}_2\text{O}$  парами  $\text{NH}_3$  по окончании дезинфекции помещения. В аппарате Готона можно производить также и испарение  $\text{NH}_3$ , т. к. котелок его доступен очистке. Аппараты для окуривания  $\text{SO}_2$  представляют собою большое разнообразие типов, от простого противня до весьма сложных установок. В аппарате Маро применяют жидкий  $\text{SO}_2$ , нагнетая озонированные пары его в требуемое помещение. На фиг. 3 изображен аппарат для получения газа Клейтон (смеси  $\text{SO}_2$  с небольшим количеством  $\text{SO}_3$ ); сера сжигается в котле *a*, снабженном загрубочным отверстием *б*. Образующийся газ под влиянием разрежения, производимого эксгаустером *в*, поступает в холодильник *г* и, выйдя из него по трубе *д*, проходит через

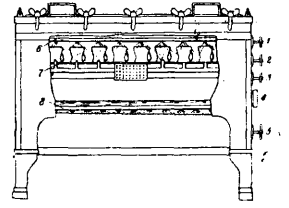


Фиг. 3.

эксгаустер и уходит к месту назначения через патрубок *е*, на котором помещается пробный кран *жс*. Эксгаустер и насос *з* для охлаждающей воды приводятся в движение бензиновым мотором *и*. Циановые дезинфекционные аппараты конструктивно просты и состоят из газонепроницаемого сосуда для образования  $\text{HCN}$  и газостводной трубки; иногда к этому добавляется приспособление для нагнетания газа. Окуривание  $\text{CO}$  в настоящее время почти совершенно вытеснено цианизацией и сульфурризацией.

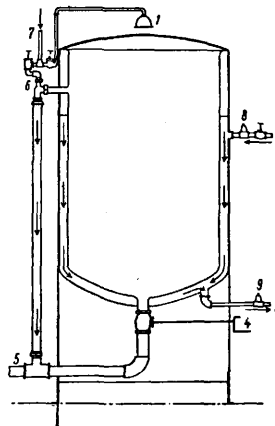
Ко второй группе дезинфекционных аппаратов принадлежат: бучильные котлы для дезинфекции белья, стерилизаторы туберкулезной мокроты и других заразных выделений, аппараты для обеззараживания посуды, остатков пищи, книг и рукописей. Из аппаратов более совершенной конструкции можно указать следующие. Стерилизатор туберкулезной мокроты и плевательниц, в котором дезинфекция производится помощью тройного ряда паровых душей (фиг. 4). 1—кран для пара, 2—кран для теплой воды, 3—кран для холодной воды, 4—термометр, 5—кран для спускной трубы, 6—верхний паровой душ, 7—паровой душ для очистки внутренней поверхности плевательниц, 8—нижний паровой душ. Аппарат соединен с системами водопровода и канали-

зации и имеет проводки пара и горячей воды. Такие же соединения имеют и аппараты для обеззараживания всякого рода заразных выделений и посуды из под них. Особенностью немецк. аппарата Дезинфаль является покатое днище из двойных стенок, куда впускается пар и к-рое служит отопительной поверхностью. Аппарат снабжен водоструйным приспособлением для засасывания пены, избытка пара и зловонных газов в канализацию. Поэтому принципу ряд нем. фирм фабрикует аппараты с нек-рыми вариантами в деталях, в частности в аппарате фирмы Кюстер (фиг. 5) отопительной поверхностью является вся нижняя половина внутренней поверхности котла, состоящего из двух стенок.



Фиг. 4. 1—пар, 2—теплая вода, 3—холодная вода, 4—термометр, 5—сток в канализацию, 6—верхний паровой душ, 7—паровой душ через сопла, 8—нижний паровой душ.

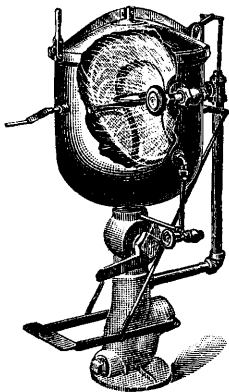
Заразные выделения (мокроту, испражнения и друг.) выливают на дно аппарата, снабженное вкладным дырчатым днищем. Плевательницы или другую посуду укладывают в металлические дырчатые корзинки, устанавливаемые в три яруса одна над другой. При помощи душа (1) наполняют котел водой, а затем закрывают крышку. Обогрев производится впуском пара (2) в полое пространство между двумя стенками котла. Когда температура достигает  $90^\circ$  включают водоструйный насос (6), засасывающий в канализацию зловонные газы, избыток пара и пену. Дезинфекцию производят в течение 30—45 минут, при температуре  $100^\circ$ . Затем выключают пар и поворотом рычага (4) спускают обеззараженные выделения в канализацию через трубу (5), по охлаждению открывают крышку и водяным душем (1) ополаскивают дезинфицир. посуду. Прямой предохранит. клапан (8) на впускном паропроводе устраняет опасность поступления пара под большим давлением (избыточного давления в 0,4—0,5 atm), обратный предохранительный клапан на впускном паропроводе (9) предупреждает сплющивание стенок котла под влиянием пониженного давления, образующегося в полном пространстве между стенками, вследствие



Фиг. 5.

конденсации пара при охлаждении аппарата [конденсат отводится по трубке (3)]. Описанный выше универсальный аппарат для дезинфекции заразных отделений и посуды из под них особенно практичен для небольших лечебных учреждений до 100 коек.

Аппарат Климакс (фиг. 6) обеззараживает подкладные судна и нечистоты паром (в течение 5 м.) или кипячением. Для обеззараживания столовой посуды в лечебных учреждениях и в местах общественного питания применяются кипятильники специальной конструкции, соединенные с водопроводом и канализацией, с местной или паровой топкой от центрального парового котла. Пар выпускается или непосредственно в воду или обогревает внутреннюю поверхность двухстенного котла или днища. Принятый во многих ресторанах метод обеззараживания посуды горячим воздухом в сушильных шкафах в санитарном отношении менее надежен, чем кипячение. Дезинфекция книг, рукописей и документов производится в специ-



Фиг. 6.

альных вакуум-аппаратах испарением 8%-ного формалина или 50%-ного алкоголя. Примером может служить аппарат Финделя, который представляет собой хорошо изолированный шкаф с воздуши. кожухом. Под шкафом расположена горелка Бунзена, которая подогревает поступающий воздух. Горячий воздух, увлажненный до наступления в шкафу, протекает по аппарату в вертикальном направлении и отводится в дымоход печи. Приток светильного газа регулируется автоматически так, что внутри аппарата поддерживается постоянная температура.

Третья группа аппаратов охватывает собой ряд инструментов для распыления и разбрызгивания дезинфицирующих средств. Для этой цели применяются пульверизаторы с резиновыми мехами или лучше с металлическ. насосами в форме шприцев, гидропульты, многоструйные пульверизаторы и распылители для жидких и порошкообразных дезинфицирующих препаратов. Для разбрызгивания значительных количеств дезинфицирующих средств в санитарной практике и для борьбы с хозяйственными вредителями пользуются аппаратами, которые в основном состоят из баллона, помещаемого на спине или на тележке, нагнетающего насоса, шланга и наконечника. О стерилизационных установках для хирургических, лабораторных и фабричных целей см. *Стерилизационные аппараты*.

Лит.: 1) Окуневский Я. А., Практическое руководство по дезинфекции, ч. 1, М., 1926; 2) Дезинфекция, дезинсекция, дератизация. Сборник под общ. ред. проф. А. Н. Сысина, М.—Л., 1926; 3) Левинсон Я. В., Дезинфекция при туберкулезе, М., 1927; 4) его же, Привокальные санитарно-пропускные пункты, Берлин, 1922; 5) его же, К вопросу об устройстве проходных бань и пропускных пунктов, «Московский медицинский журнал», Москва, 1921, 2—3; 6) Voettcher. Entmottungsanlagen nach d. Zyklonverfahren, «Zeitschrift für d. Desinfektion- u. Gesundheitswesen», Dresden, 1927, N. 4; Hailer E., Die Desinfektion, Weyl's Handbuch der Hygiene, V. 8, Abt. 4, Leipzig, 1922; Besson A. et Ehringer G., La pratique de la désinfection, Paris, 1926; Rosenau M. a. others. Preventive Medicine and Hygiene, New York—London, 1927. Я. Левинсон.

**ДЕЗИНФЕКЦИЯ**, уничтожение вредоносных микроорганизмов—возбудителей заразных, бродильных и гнилых процессов. Основоположником учения о Д. является Роберт Кох, указавший (1881 год) и первые дезинфицирующие средства.

**ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ СРЕДСТВА**, средства, способные убивать или приостанавливать жизнедеятельность болезнетворных и вредоносных микроорганизмов. Со времени работ Коха, указавшего первые Д. с. (карболовая кислота, сулема), разработано и открыто их множество. Это объясняется трудностью найти одно средство, к-рое отвечало бы всем требованиям, предъявляемым к идеальному Д. с.: 1) действие д. б. быстрым, при чем надо принять во внимание, что разнообразие микроорганизмов—бактерии, их споры, грибы, протозоа—дает чрезвычайно пеструю картину стойкости их по отношению к тому или иному физич. или химич. фактору; 2) Д. с. не должно вредно действовать на живые ткани человеческого, животного или растительного организма, подвергающегося обеззараживанию, и не должно портить предметов (напр., инструментов), к-рые применяются при дезинфекции; 3) пользование Д. с. должно быть простым по способу употребления и доступным по цене. К настоящему времени еще не имеется такого средства, которое полностью удовлетворяло бы этим требованиям. Д. с. делятся на физические и химические.

Из физических Д. с. самым могущественным является теплота, употребляемая в виде горячего воздуха, пара без повышения давления и пара под давлением, при чем сухой жар действует слабее, чем пар под обычным давлением, а последний слабее, чем пар повышенного давления. Вегетативные формы микроорганизмов сполна убиваются при темп-рах в 70—100°, а споры, в особенности нек-рые формы их (сибиреязвенные), требуют нагревания до 140°. В известной мере повышение  $t^{\circ}$  м. б. заменено продолжительностью нагревания. Для проведения дезинфекции теплотой (гл. образом, паром) создано много аппаратов—камер, котлов—разных систем (см. *Дезинфекционные аппараты*). Чрезвычайно сильное дезинфицирующее действие оказывает солнечный свет и особенно его ультрафиолетовые лучи.

Химич. Д. с. принадлежат ко всевозможным группам и классам химич. веществ. Все они д. б. ядами для патогенных и вредоносных микроорганизмов, должны, т. о., проникать в клетку и связываться ее главнейшими составными частями—протоплазмой, оболочкой. Почти все химич. Д. с. действуют в водной среде, подчиняются в известных пределах закону действия масс (чем выше концентрация, тем сильнее действие), усиливают свое действие с повышением  $t^{\circ}$ , т. е. обнаруживают в дезинфицирующем действии явления химич. порядка. Из применяющихся химич. Д. с. главнейшие представители следующие. Карболовая кислота употребляется в разведенном виде (1—3%) для самых разнообразных дезинфекций, а также для некоторых стерилизаций. Технический кризоль, или «черная карболка», в больших количествах употребляется для

дезинфекции отхожих мест и др. помещений, а также для предохранения дерева от гниения. Как Д. с. для лечения пищеварительного тракта применяется также а-нафтол. В зубоврачебной практике применяется тимол, к-рый сравнительно дорог и не употребляется поэтому в случаях массовой дезинфекции. Весьма распространены Д. с., в к-рых фенолы являются главной составной частью, несущей дезинфицирующее действие. К ним относятся креолин и лизол. Креолин готовят растворением крезола в смоляном мыле, а лизол есть раствор крезола в калийном, зеленом мыле. Мыльнокарболовые препараты имеют много преимуществ перед чистыми крезолом: они лучше растворяются в воде, меньше портят живые ткани, вещи и по силе действия стоят выше чистых крезолов. В СССР получил широкое применение для дезинфекции общежитий, барачных, общественных помещений, отхожих мест и т. п. нафталин, получаемый смещением равных количеств технической карболки и мыла-нафта. Из химических производных фенола введены в практику следующие: асептол — 33%-ный раствор о-фенолсульфокислоты, соли (Na, K, Zn, Hg) динод-п-фенолсульфокислоты (созоидоловые соли). Кроме того, имеется ряд препаратов из галогенированных крезолов (фиброл, сагротан, корал и т. д.). Большое значение для дезинфекции помещений и вещей имеет формалин — 40%-ный раствор формальдегида. Для дезинфекции помещений существуют особые аппараты, которые испаряют формалин, при чем формалина берется от 12 до 15 см<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> помещения. Существуют также способы безаппаратной дезинфекции помещений (см. Аутан). Для дезинфекции рук и белья большое значение получил лизоформ — раствор формалина в калийном мыле и спирте. В зубоврачебной практике применяется смесь формалина с крезолом — трикрезолформалин. В комбинации с различными мылами получается группа дезинфицирующих средств типа лизоформа. Формалин часто употребляется в комбинации с горячим паром для пароформалиновой дезинфекции в специальных аппаратах.

Одно из наиболее могущественных Д. с. — сулема (двухлористая ртуть). Она применяется в разведенном виде (1 : 1 000) для дезинфекции рук, белья, обмывания стен, полов. Однако, для белковых сред (слизи, гноя, выделений организма) сулема не действительна, т. к. дает соединения с белками (ртутные альбуминаты). Чрезвычайно ценным и дешевым Д. с. является хлорная известь. Она применяется для дезинфекции отхожих мест, питьевой воды, белья и т. п. Уже разведение 1 : 1 000 нормального раствора гипохлорита в 2-3 мин. убивает тифозных или холерных возбудителей. Сюда же относятся жавелевая вода и антиформин — растворы гипохлорита натрия. В последнее время нашел значительное применение для дезинфекции животных тканей новый препарат хлорамин, представляющий собою п-толуолсульфамидхлорнатрий:  $\text{CH}_3 \cdot \text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2 \cdot \text{N} \begin{matrix} \text{Cl} \\ \text{Na} \end{matrix}$ . Он готовится

обработкой п-толуолсульфамида гипохлоритом натрия или кальция с последующим высаливанием хлористым натрием. По силе действия он приближается к сулеме, но не боится белковых сред и весьма стоек при хранении. Перекись водорода в 3%-ном растворе — весьма распространенное Д. с., применяющееся при разных заболеваниях. Хорошим средством является марганцовокислый калий, обладающий также свойством удалять и дурной запах (дезодорация). Укажем еще на озон, который в водной среде убивает микроорганизмы, благодаря чему применяется для стерилизации воды. Иод в виде растворов не только дезинфицирует большие ткани, но и стимулирует их заживление.

К Д. с. примыкают консервирующие вещества, служащие для сохранения пищевых продуктов (см. Консервное дело) и дезинсекционные средства (полевые вредители, домашние насекомые и т. д.). К дезинсекционным средствам относятся: медный купорос, парижская зелень, кальциевая соль мышьяковой к-ты, хлор, синильная к-та, смесь керосина со скипидаром, порошок ромашки, а также окуривание дымом, сернистым газом. О дезинсекции пищевых продуктов см. Дезинсекция продуктовых хранилищ.

Лит.: Христиан М., Дезинфекция, пер. с нем., Берлин—Рига, 1923; Бирон С., Пособие к практической дезинфекции при заразных заболеваниях, СПб, 1907; Desinfektion und Desinfektionsmittel, Ullmann's Enz., В. 3, p. 683—718; Grasser R., Die Desinfektion in Theorie und Praxis, Lpz., 1913. О. Магидсон.

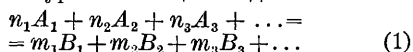
**ДЕЙДУДНАЯ ТРУБА**, дейдууд, стальная или чугунная труба, в к-рую заключен конец *гребного вала* (см.). См. *Судостроение*.

**ДЕЙСТВУЮЩИЕ СИЛЫ**, активные силы, задаваемые силы, термины, к-рыми пользуются в науке о движении — механике — для обозначения совокупности действительных сил, приложенных к данному телу, в отличие этих сил: 1) от тех действительных же сил реакции (в том числе и сил трения), к-рые возникают вследствие существования стесняющих свободу тела кинематических связей (идеальных или связей трения) и 2) от воображаемых, фиктивных, сил инерции массы тела. Каждому из перечисленных терминов действующие силы, активные, задаваемые отвечают соответственно термины силы реакции, пассивные, искомые. В специальном термине для противопоставления Д. с. силам инерции массы механика не нуждается, а для отличия всей совокупности действительных сил (Д. с. и сил реакции) от фиктивных сил инерции пользуется термином движущая сила, которую определяет как силу, равную и прямо противоположную силе инерции и к-рую надлежит рассматривать как равнодействующую Д. с. и сил реакции. В вопросах статики — отдела механики, изучающего условия равновесия тел, находящихся в состояниях прямолинейного равномерного движения или покоя (который можно рассматривать как частный случай такого движения со скоростью, равно нулю) — роль кинематических связей переходит к неподвижным опорам, силы

реакции называются реакциями опор, отсутствуют ускорения, вследствие чего отпадает необходимость рассматривать силы инерции, и фигурируют одни лишь действительные силы, которые для равновесия тела должны взаимно уравновешиваться, при чем Д. с. являющийся задаваемыми силами, а реакции опор—искомыми.

К Д. с. в технике относятся силы тяжести, собственный вес, нагрузки (сосредоточенные и равномерно распределенные), давления воды, воздуха, газов, паров, ветра, снега и т. п. силы. В строительной механике все активные силы учитываются при расчете сооружений, при чем такие из них, как собственный вес, вычисляются приближенно по предполагаемому объему сооружений, такие же, как давление ветра, вес снега и прочее, нормируются правительственными органами. Реактивн. силы определяются расчетом по законам теории сооружений путем изучения теоретической схемы сооружения. В СССР существуют нормы, выработанные и введенные во всеобщее употребление СТО (Сборник законов, 1926 г., № 51). Кроме того, имеется ряд норм нагрузок, выработанных НКПС для сооружений, возводимых на транспорте.

**И. Прокофьев.**  
**ДЕЙСТВУЮЩИХ МАСС ЗАКОН** устанавливает, что скорость химическ. реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, при чем выражения концентраций берутся в степени, соответствующей числу реагирующих, согласно химич. (стехиометрическому) ур-ию, молекулы. Имея такое ур-ие в общем виде



и обозначив через  $[A_1]$  концентрацию в данный момент времени  $t$  вещества  $A_1$ , через  $[A_2]$ —концентрацию вещества  $A_2$ , через  $n_1, n_2$  и т. д.—число молекул отдельных исходных продуктов и через  $m_1, m_2$  и т. д.—число молекул, образующихся при реакции продуктов, получим для скорости реакции (количества вещества, реагирующего в единицу времени в единице объема) для процесса, протекающего по ур-ию (1) слева направо:

$$-\frac{dC}{dt} = k \cdot [A_1]^{n_1} [A_2]^{n_2} [A_3]^{n_3} \dots, \quad (2)$$

где  $k$ —константа скорости реакции—коэфф., не зависящий уже от концентрации, а зависящий только от природы реагирующих веществ; этот коэфф. изменяется с изменением  $t^\circ$ , давления и от присутствия катализаторов. Обозначив концентрацию вещества в данный момент  $[A]$  через  $C_0 - C$  (где  $C_0$ —начальная концентрация, а  $C$ —количество вещества, уже прореагировавшего ко времени  $t$ ), получим выражение:

$$-\frac{dC}{dt} = k(C_0 - C)^{n_1} \cdot (C_0 - C)^{n_2} \cdot (C_0 - C)^{n_3} \dots, \quad (3)$$

к-рое, будучи проинтегрировано, дает зависимость между количеством прореагировавшего вещества и временем, протекающим от начала реакции. Подставляя значения  $n$  и  $A$  для частных случаев, получаем соответствующие ур-ия для данной реакции; тогда некоторые значения  $n$  превращаются в 0, и уравнение значительно упрощается (см. *Молекулярные реакции* и *Бимолекулярная реакция*).

Особенно важно применение Д. м. з. к обратимым реакциям, т. е. таким, которые по уравнению (1) протекают не только слева направо, но и справа налево, так что в конце реакции устанавливается подвижное равновесие, сдвинутое в ту или другую сторону. Написав подобно ур-ию (2) уравнение для скорости противоположной реакции

$$-\frac{dC'}{dt} = k_2 \cdot [B_1]^{m_1} [B_2]^{m_2} [B_3]^{m_3} \dots \quad (4)$$

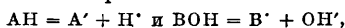
и имея в виду, что при равновесии скорости прямой и обратной реакции д. б. одинаковы (равновесие—подвижное, поэтому, сколько образуется продуктов реакции, столько же должно разлагаться обратно образовавшихся продуктов), получаем:

$$k_1 [A_1]^{n_1} [A_2]^{n_2} [A_3]^{n_3} \dots = k_2 [B_1]^{m_1} [B_2]^{m_2} [B_3]^{m_3} \dots, \quad (5)$$

откуда

$$\frac{[B_1]^{m_1} [B_2]^{m_2} [B_3]^{m_3} \dots}{[A_1]^{n_1} [A_2]^{n_2} [A_3]^{n_3} \dots} = \frac{k_1}{k_2} = K. \quad (6)$$

Постоянная  $K$  носит название константы равновесия и численно равна отношению констант скоростей реакции для прямого и обратного процесса. Очевидно, что в применении к конкретным случаям уравнение (6) часто, подобно уравнению (3), также значительно упрощается. Ур-ие (6) позволяет решать большое число практич. задач. Из него следует, что протеканию реакции по ур-ию (1) слева направо препятствует избыток продуктов реакции, так как увеличивается числитель ур-ия (6) и, следовательно, должен увеличиваться и знаменатель, т. е. концентрация исходных веществ возрастает. Наоборот, удаление продуктов реакции (выпадение в осадок, выделение в виде газа и образование слабо электролитически диссоциированных молекул) способствует преимущественному протеканию реакции в прямом направлении. Прибавление избытка хотя бы одного из исходных веществ ведет к увеличению концентрации продуктов реакции. Зная величину  $K$ , можно количественно рассчитать соответствующие данным концентрациям положения равновесия и выбрать наилучшие условия для протекания данной реакции в желательном направлении, а это имеет огромное значение для техники. Большое значение имеет приложение ур-ия (6) к явлениям *диссоциации электролитической* (см.) и к ионным равновесиям в растворах, что находит большое применение и в химическом анализе. В случае к-т и оснований, когда имеют равновесие:



где  $A'$ —анион к-ты и  $B'$ —катион основания, величина  $K$  определяет силу кислот и оснований. Найдя  $K$  из определений равновесия при различных  $t^\circ$ , имеем возможность на основании уравнения изохоры получить значение теплового эффекта реакции.

*Лит.: Nernst W., Theoretische Chemie vom Standpunkte d. Avogadro'schen Regel u. d. Thermodynamik, p. 518—679, Stg., 1926. А. Баландин.*

**ДЕКАЛИН**, декагидронафталин,  $C_{10}H_{18}$ , жидкость с  $t^\circ_{кип}$  189—193°, уд. в. 0,88—0,95,  $t^\circ$  воспламенения ок. 60° (химическое строение и получение см. *Алициклические соединения* и *Гидрирование*). Д. хорошо растворяет смолы и летуч, поэтому применяется для

приготовления лаков, а также как топливо для двигателей внутреннего сгорания; особенно важное значение Д. получил во время войны 1914—18 гг. В продажу Д. поступает б. ч. с примесью *тетралина* (см.).

**ДЕКАЛЬКОМАНИЯ**, переводные картинки, особый вид *литографской печати* (см.) на специально приготовленной меловой бумаге. Изображения или шрифты переводятся с этой бумаги на дерево, металл, бумагу, стекло, фарфор и проч. Особенно широкое применение Д. находит в фарфоро-фаянсовой промышленности, где хромофотографические рисунки для перевода на изделия печатаются особыми огнестойкими керамич. красками из металлич. окислов с прибавкой флюсующих материалов. В русской фарфоро-фаянсовой промышленности Д. (заграничного производства) начали применять в начале 90-х гг. 19 в. Позднее была организована специальная хромофотография для надглазурных Д. малого огня при Дулевской фарфоровой ф-ке, на к-рой до 1914 г. вырабатывались наиболее простые рисунки (цветы), фигурные же продолжали выписывать из Германии. В наст. время производство Д. в Дулеве сильно расширено. В 1928 г. Дулевской хромофотографией закончены опыты в заводском масштабе по выработке и применению подглазурных Д. для фаянса.

**ДЕКАНТИРОВАНИЕ**, *декантация*, способ очистки жидкости сливанием с осадка. В крупных производствах (напр., дрожжевом, крахмальном) отделяют отстаивающую жидкость от осадка от с а с ы в а н и е м (насос, сифон) или *отцеживанием* (спуск жидкости через боковые отверстия, расположенные на разных высотах). При малых количествах производят отделение жидкости от осадка, осторожно сливая ее или отсасывая шпатель или ливером.

**ДЕКАТИРОВКА**, операция, применяемая при отделке шерстяных тканей (суконных, камвольных), заключающаяся в обработке их паром или горячей водой на декатировочных машинах. Цель Д.—предупредить сволачивание и усадку тканей при последующем крашении, смачивании, носке; сообщить большую плотность и этим уменьшить возможность проникновения пыли и грязи и, наконец, придать лучший внешний вид, сохранив приобретенный при отделочных операциях блеск. Д. бывает сухой (паром) и мокрая (горячей водой). При сухой Д. сухую шерстяную ткань накачивают вместе с хл.-бум. на горизонтальный или вертикальный дырчатый медный цилиндр, внутрь которого пропускают пар в течение 3—5 мин.; иногда этот цилиндр помещают в закрытый горизонтальный декатировочный котел, куда пропускают пар при 2 atm. Для равномерности Д. повторяют, но только ткань предварительно перекачивают на другой такой же цилиндр. По окончании Д. ткани дают охладиться, и затем ее раскатывают. Мокрую Д. производят в таких же котлах, как и сухую, но вместо пара применяют горячую воду, которую с помощью насоса заставляют циркулировать через накатанную на цилиндр ткань. В некоторых случаях мокрую ткань сначала обрабатывают паром, затем горячей водой и, в заключение, холодной водой.

Иногда декатировке подвергают некоторые хлопчатобумажные ткани. См. *Аппретура текстильных изделий*.

Лит.: К а н а р с к и й Н. Я., Краткий курс суточного производства, стр. 110—111, М., 1926; M u n d o r f E., Die Appretur d. Woll- u. Halbwollwaren, 2 Aufl., Lpz., 1921. Д. Грибоедов.

**ДЕКЛИНАТОР**, см. *Земной магнетизм*.

**ДЕКРЕМЕНТ**, см. *Затухание*.

**ДЕКСТРИНЫ**, сложные углеводы, получающиеся при гидролизе крахмала. Гидролитич. расщепление крахмала происходит при действии *диастаза* (см.) и к-т. Диастатич. гидролиз крахмала идет постепенно, с последовательным образованием ряда промежуточных продуктов, начиная с растворимого крахмала, идущих за ним Д. и кончая мальтозой. Гидролитическое расщепление крахмала к-тами ведет к образованию промежуточных Д. и конечн. продукта—d-глюкозы. Образование Д. наблюдается и при простом нагревании крахмала до 160—200°.

Первое видоизменение крахмала—*растворимый крахмал*—образуется при действии холодных разбавленных к-т в течение нескольких дней, или при нагревании обработанного к-тами и высушенного крахмала, или же при нагревании крахмала с глицерином до 190°. Растворимый крахмал не представляет однородного вещества и не м. б. рассматриваем как химич. индивидуум. Дальнейшее изменение крахмала происходит с последовательным образованием: 1) *амиллодекстринов*, дающих с иодом и иодистым калием синее окрашивание, растворяющихся в 25%-ном спирте, но осаждающихся 40%-ным спиртом, имеющих  $[\alpha]_D$  от +190° до +196°; внешний их вид—белоснежный порошок; 2) *эритродекстринов*, дающих с иодом красно-бурое окрашивание, растворяющихся в 55%-ном спирте и осаждающихся 65%-ным спиртом;  $[\alpha]_D$  = +194°; из горячего раствора они выделяются в сферокристаллах; 3) *ахроодекстринов*, не окрашиваемых иодом, растворимых в 70%-ном спирте;  $[\alpha]_D$  = +192°; сферокристаллы выделяются из горячего спиртового раствора; 4) *мальтодекстринов*, не окрашиваемых иодом и не осаждаемых спиртом;  $[\alpha]_D$  = от +181° до +183°; внешний вид—аморфный порошок. Д. не кристаллизуются и не дают поэтому никакой гарантии однородности и чистоты.

Общие свойства Д. сводятся к следующему. Химич. ф-ла:  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ; по Бильчу, эритродекстрин имеет ф-лу:  $(C_6H_{10}O_5)_{12}$ ; по Линтнеру, ахроодекстрин —  $(C_6H_{10}O_5)_{12}$ . Мол. в.: амиллодекстрина от 22 200 до 20 500, ахроодекстрина 11 700—8 200, эритродекстрина 6 800—3 000, торгового Д. 6 200—2 300. Удельный вес абсолютно сухого крахмала, по И. Кёнигу,—1,623. Все Д. аморфны и в чистом виде легко растворимы как в горячей, так и в холодной воде. Слабые (разбавленные) к-ты переводят Д. в d-глюкозу, а крепкие к-ты разлагают. Щелочи не оказывают на Д. заметного влияния. Д., нагретый выше 225°, плавится и наконец совершенно разлагается. Сбраживающими дрожжами, различн. видами *Saccharomycetes*, декстрины не сбраживаются; прессовым дрожжевым соком сбраживаются довольно энергично.

Образование клейкого вещества при нагревании крахмала впервые наблюдал в 1804 г. Буйон-Лагранж (Bouillon-Lagrange). Первое описание получения клейкого вещества из крахмала, сделанное Вокеленом (Vauquelin), появилось в 1811 году. В 1833 г. Био (Biot) и Персо (Persoz) установили отличие клея, полученного из крахмала, от клея из естественных смол, заключающееся в способности растворов крахмального клея отклонять плоскость поляризации вправо, и назвали его Д.

Производство Д. Декстрин может быть получен из крахмалов—картофельного, маисового, пшеничного и, в зависимости от этого, имеет различные названия. Существует два способа получения Д.: нагреванием крахмала без к-т и нагреванием его в присутствии минеральных к-т. По цвету Д. разделяются на белый, палевый и желтый. Д., полученный из картофельного крахмала нагреванием без к-т, называют лейогомом. Д., полученный нагреванием крахмала с кислотами, называют просто Д. или гоммелином. Д., получаемые из маисового крахмала, разделяются на бескислотные (лейогомы) и кислотные (белый, палевый и желтый). Д., получаемые из пшеничного крахмала, носят названия: бескислотные—амидон гриле, амидон брюле; кислотные—адрагантин, пшеничный гумми, эльзасский гумми; эти названия относятся к заграничной классификации Д. Наименования картофельного и маисового Д. приведены по классификации, принятой в СССР. За границей эти Д. именуются: картофельные кислотные—гоммелин белый, желтый и бурый; картофельные бескислотные—лейогом желтый и коричневый, жареное гумми, пиро-гумми, французский гумми; маисовые кислотные—белый, желтый, темножелтый Д., британский гумми (бритишгум), американский гумми.

Фабрич. выработка Д. нагреванием без кислот производится кустарными заводами. Работа ведется по следующей схеме. Сырой картофельный крахмал, влажность в 50%, сушат обычно на лежаночных сушилках, обогреваемых топочными газами, идущими или из-под барабанов, в которых производится нагревание Д., или из специальных топков. Высушенный крахмал сгребают и загружают в горизонтальные железные барабаны. Внутри барабана сделаны лопатки, насаженные на ось, выходящую наружу барабана и кончающуюся ручкой. Тело барабана окружают кирпичной кладкой так, чтобы газы, выходящие из топки, располагаемой рядом с барабаном, могли его обогреть. При обжарке, к-рая длится 5—6 ч., рабочий перемешивает крахмал, поворачивая ручку барабана. Готовый Д., выгруженный из барабана, идет на центробежную сепалку, и после просеивания его упаковывают в мешки. Кустарный кислотный способ получения декстрина отличается от бескислотного лишь тем, что крахмал после первой сушки смешивают с к-той (соляной или азотной) и после второй подсушки подогревают в тех же барабанах,

просеивая далее готовый Д. на сепалке. Д., полученный кустарным способом, неоднократно по своему составу, загрязнен, содержит продукты разложения крахмала и превышающее норму количество глюкозы. Качество Д. в значительной мере зависит от умения проводить работу и опыта мастера.

Для получения однородного стандартного Д. необходимо соблюдать следующие основные условия: 1) иметь хорошее сырье—чистый сырой крахмал, 2) производить равномерную подсушку крахмала, 3) производить равномерное подкисление крахмала, 4) вести равномерный подогрев декстрилируемой массы, 5) вести точное наблюдение за  $t^\circ$  и временем проведения процесса, 6) наблюдать за тщательностью последующей обработки готового Д. Осуществление этих условий возможно на более благоустроенном предприятии, чем кустарный завод, и при работе на специально сконструированных аппаратах.

Упрощенная схема работы декстринового завода может быть такова: 1) очистка крахмала, 2) сушка крахмала до влажности 15—20%, 3) смешивание крахмала с кислотой, 4) подсушивание полученной кислой смеси до влажности 3—5%, 5) подогревание крахмала, 6) охлаждение и просеивание полученного декстрина. (О процессах очистки сырого крахмала и сушки его до влажности 20% см. *Крахмал*).

Подкисление крахмала минеральной (соляной или азотной) кислотой ведется след. образом. Сначала производится предварительное разбавление к-ты водой: а) соляной к-ты плотностью 20° Вё—двойным количеством воды, или б) азотной к-ты плотностью 36° Вё—четверным количеством. По данным Г. Вулкана, для получения различных сортов Д. крахмал смешивают с количествами кислоты, указанными в табл. 1.

Табл. 1.—Количества кислоты, требуемые крахмалом для получения различных сортов декстрина.

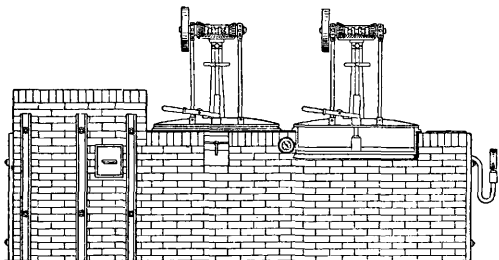
Сорт декстрина	На 100 кг крахмала влажностью 20% прибавляется	
	HCl плотностью 20° Вё, см <sup>3</sup>	HNO <sub>3</sub> плотностью 36° Вё, см <sup>3</sup>
Растворимый крахмал	150	—
Белый декстрин (гоммелин)	200	—
Светложелтый и желтый декстрин (гоммелин)	150	—
Бритиш-гумми (маисовый декстрин)	—	80

Смешивание крахмала с кислотой ведется так, чтобы каждая частица крахмала была смочена кислотой. Достигается это или тщательным перемешиванием массы, например, в машинах типа тестомесильных, системы Гёринга и Гебенштрейта (Дрезден), или же в небольших баках, которые снабжены вертикальной мешалкой (системы Вулкана). При этом с кислотой смешивают сначала небольшое количество крахмала, пропуская его после того через сито. Далее этот же, сильно подкисленный и затем просеянный, крахмал смешивают со всей остальной массой.



Подкислитель фирмы Уланд работает, поддерживая крахмал внутри барабана в распыленном состоянии. Внутри барабана вбрызгивают через пульверизатор раствор к-ты. Мельчайшие брызги кислоты приходят в соприкосновение с частицами крахмала и смачивают его. Подкисленный крахмал выгружают из барабана через нижнее отверстие, снабженное крышкой.

Подкисленный крахмал подвергают повторной сушке и просеиванию, после чего его загружают в аппарат для декстринирования. Конструктивное выполнение аппаратов для декстринирования должно сводиться к созданию возможности подогрева крахмала до определенной  $t^{\circ}$  при непрерывном его перемешивании. Поэтому аппараты различных фирм мало отличаются друг от друга. Они представляют железную круглую коробку, имеющую diam. 1,25—1,5 м, снабженную мешалкой, делающей 25—30 об/м. и приводимой в движение от трансмиссии. Расход мощности достигает 1,5—2,0 HP. На фиг. 1 изображены декстриновые аппараты, мешалки которых приводятся в движение вертикальным валом с верхней зубчатой передачей. Обогрев коробки осуществляется различно. Аппараты Уланда имеют двойные стенки, промежутки между к-рыми заполняются сурепным маслом. Аппараты вмазывают в кирпичную кладку так, чтобы дымовые газы от специально выложенной топки могли



Фиг. 1.

омывать внешнюю поверхность коробки. Сурепное масло, подогретое до определенной  $t^{\circ}$ , сравнительно долго держит тепло, что позволяет вести процесс декстринирования при одинаковой  $t^{\circ}$ . Аппараты системы Гёринга обогреваются трубками Перкинса. Под коробкой аппарата, вмазываемого в кирпичную кладку, располагается ряд трубок Перкинса, к-рые одним своим концом входят в топку. Трубки Перкинса сделаны из стали, заварены с обоих концов и рассчитаны на большое давление; они наполнены на  $\frac{3}{4}$  водой. При нагревании конца трубки, находящегося в топке, в ней образуется перегретый пар. Тепло передается паром в ту часть трубки, к-рая находится под аппаратом для декстринирования, и благодаря этому происходит равномерный обогрев аппарата. На фиг. 1 показаны аппараты, заделанные в кладку. В правом аппарате видно внутреннее устройство—мешалка и одна трубка Перкинса, проходящая под днищем аппарата. Справа из кладки выступает манометр, показывающий давление пара в трубках, что дает возможность установить температуру декстринирования.

Работа в аппаратах систем Уланда, Гёринга и других аналогичных им ведется следующим образом. Подкисленный крахмал (180—200 кг) загружают в аппарат; мешалку приводят в движение и производят подогрев аппарата. Во все время работы поддерживают равномерную темп-ру. Декстринирование длится 4—6—8 часов, в зависимости от сорта Д. и количества прибавляемой к-ты. По данным фирмы Вулкан (Вена), для получения различных сортов Д. требуется поддержание определенной  $t^{\circ}$  в течение определенного времени (табл. 2).

Табл. 2.—Время и  $t^{\circ}$ , потребные для декстринирования крахмала (для получения различ. сортов декстрина).

Сорт	$t^{\circ}$	Время декстринирования в часах	Растворимость в холодной воде в %
Растворимый крахмал . . . .	115	2—2,5	2,54
Белый декстрин . . . .	125	3—3,25	33,27
Светложелтый и желт. декстрин . . . .	155	4—4,25	61,50—89,12
Бритиш-гумми . . . .	155	6—8	—

Наблюдение за процессом декстринирования ведут путем отбора проб через верхнюю крышку аппарата и производством иодных проб. По Зааре, от раствора 0,1 г декстринуемого крахмала в 100 см<sup>3</sup> воды отбирают в пробирку пробу и испытывают ее несколькими каплями 0,1%-ного иодного раствора. В зависимости от окраски определяется %-ное содержание Д. (табл. 3).

Табл. 3.—Процентное содержание декстрина, определяемое по окраске иодной пробы.

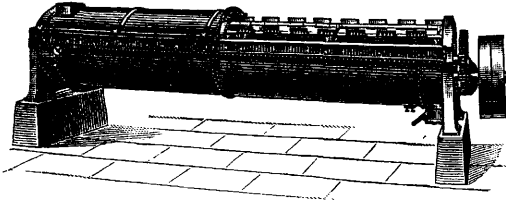
Проба	Цвет капли иода в растворе	Цвет раствора после встряхивания	Растворимость абс. сухого декстрина (сух. вещ.) в %
1	Синий	Синий	0
2	Синий	Светлосиний	6,1
3	Сине-фиолетовый	Светлосиний	15,2
4	Фиолетовый	Фиолетовый	39,2
5	Красновато-фиолетов.	Едва заметн. фиолетов.	49,4
6	Красно-коричневый	Слабо окрашенный	62,5

По данным Вулкана, различные сорта Д. при окончании процесса декстринирования дают каплеиода следующую окраску (табл. 4).

Табл. 4.—Окраска иода в конце декстринирования.

Сорт	Окрашивание водного раствора		
	первая капля	вторая капля	третья капля
Белый декстрин	Сине-фиолетовое	Красно-фиолетов.	Винно-красное
Светложелтый декстрин . . . . .	Чистое винно-красное	—	—
Бритиш-гумми . . . . .	Сине-фиолетовое	Красно-фиолетов.	Винно-красное

После окончания операции декстрина должен быть быстро охлажден и затем просеян и упакован. Для быстрого охлаждения Д. Уланд рекомендует ставить аппарат (фиг. 2), представляющий длинное корыто с двойными стенками. Внутри корыта вращаются щетки, насаженные на вал. Горлчий Д. непрерывно поступает через отверстие, сделанное слева в верхней части аппарата. Между



Фиг. 2.

двойными стенками корыта пропускается холодная вода, которая и охлаждает Д. Охлажденный Д. должен быть освобожден от крупки, для чего его пропускают через центробежную сепарку, а крупку, полученную на сепарке, разбивают на дезинтеграторе.

Получение Д. однородного качества находится в зависимости от поддержания равномерной  $t^\circ$  во время процесса, возможности ее регулирования, возможности прекращения процесса в любой момент и последующего быстрого охлаждения Д. Все эти условия на аппаратах с огневом подогревом осуществить затруднительно. Поэтому были сделаны попытки создать условия нормального проведения процесса декстринирования. В 1882 году Леманом для подогрева аппаратов впервые был применен пар. В 1910 году Г. Вулканом и Р. Неймапом (Вена) был взят австрийский патент (№ 44009) на аппараты, обогреваемые паром, получаемым от парового котла. По отзывам Парова («Zeitschrift für Spiritusindustrie», 1913 г.), применение пара для декстринирования можно рекомендовать как один из способов, нашедших практическ. применение. Аппарат Вулкана представляет цилиндрическ. железную коробку, окруженную паровой рубашкой и снабженную мешалкой. Мешалка приводится в движение от зубчатой передачи, расположенной под аппаратом. Размеры аппаратов Вулкана, расход пара и энергии на декстринирование указаны в табл. 5.

Табл. 5.— Данные декстриновых аппаратов системы Вулкана.

Тип аппарата	Коробка		Место, занимаемое аппаратом, в м	Расход пара в кг/ч	Расход мощности в HP	Вместимость аппарата	
	диам. в мм	высота в мм				картофельн. в кг	маисового в кг
1	800	500	1,6×1,0×1,1	20	2	120	150
2	1 000	650	1,9×1,2×1,25	30	3	250	300
3	1 200	750	2,1×1,4×1,4	40	4,5	400	500
4	1 400	800	2,2×1,6×1,4	55	6	600	700

Применение пара и аппаратов сист. Вулкана позволяет поставить производство в крупном заводском масштабе, с суточной выработкой до 16 т (1 000 п.) вполне однородного стандартного Д. Схема работы та-

кого з-да м. б. следующая: сырой картофельный крахмал, разведение его водой до плотности 10° Вё, очистка на ситах, отстаивание, центрифугирование, сушка, подкисление, вторая сушка, просеивание, декстринирование, охлаждение, просеивание, увлажнение, закром, упаковка, экспедиция. Из схемы видно, что на з-де применяется предварительная очистка крахмала, заключающаяся в его р а з м ы в к е. После окончания декстринирования производится быстрое охлаждение Д., его просеивание и увлажнение. Последнее вызывается тем, что Д., выгруженный из аппарата, имеет влажность 3%, и только после длительного хранения его на воздухе влажность повышается до стандартной, равной 10%; для того, чтобы завод мог производить отгрузку декстрина тогчас же после его выработки, производят увлажнение его.

Выход Д. зависит от начальной влажности крахмала, поступившего в переработку, потерь (которые в зависимости от способа переработки колеблются от 2 до 4%) и конечной влажности готового Д. Зная начальную влажность крахмала и конечную влажность Д., определяют количество (весовое) Д., без учета потерь, из равенства:

$$D_{B_1} = \frac{K_{B_2} (100 - B_2)}{(100 - B_1)}$$

где  $D_{B_1}$ —вес Д. влажностью  $B_1$ , а  $K_{B_2}$ —вес крахмала влажностью  $B_2$ . Так, при начальной влажности крахмала в 50% и 20%, выходы декстрина влажностью 10%, без учета потерь, равны.

Влажность крахмала	} начальная	50	20
		10	10
Из 100 кг крахмала получается Д. в кг		55,5	89,0
На единицу веса Д. требуется крахмала		1,80	1,13

К а ч е с т в о Д. Комитет по стандартизации при СТО выпустил стандарт Д. (ОСТ 205, 206). Д. картофельный и маисовый, в зависимости от качества, относятся к сортам: экстра, I сорт и II сорт. Физико-химические свойства декстрина соответствующих сортов указаны в табл. 6 и 7.

Внешний вид и цвет Д. и лейгома должны соответствовать стандартному образцу данного сорта (ОСТ 211). Методы производства анализов изложены в ОСТ 207.

Упаковка Д. производится в совершенно чистые и сухие мешки весом в 100, 80 и 50 кг брутто. Мешки зашивают, пломбируют и на них отмечают (маркируют) наименование завода, вид декстрина, сорт, вес брутто и нетто (ОСТ 207).

П р и м е н е н и е Д. находят разнообразное применение. В текстильн. промышленности его употребляют для приготовления аппрета и загусток. В больших количествах декстрины употребляют как клей: в фотографии, для проклейки бумаги и кожи, для наклейки обоев, а также для наклейки бумаги (этикетки) на жесть, стекло и бутылки. По Брейеру (Breuer), к о н т о р с к и й к л е й

Табл. 6.—Стандарт картофельных декстринов (ОСТ 205).

Физ.-хим. свойства	Белый			Палевый			Желтый			Лейогом			Примечания
	экстра	I	II	экстра	I	II	экстра	I	II	экстра	I	II	
Влаги (в %) не более	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	Колич. золы и крапин для II сорта не устанавливается
Золы в сух. веществе (в %) не более . . .	0,4	0,6	—	0,4	0,6	—	0,4	0,6	—	0,4	0,6	—	
Кислотность сух. вещества не более . .	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	см <sup>3</sup> 1/10 N NaOH с фенолфталеином на 100 г абс. сухого Д.
Редуцир. вещества в сухом веществе (в %) не более . . .	3	3	3	4	4	4	5	5	5	не устанавли.			
Растворимость в воде при 17,5° сух. вещества (в %) не менее . . . . .	60	60	60	92	92	92	95	95	95	95	95	95	
Колич. крапин на 1 см <sup>2</sup> поверхности декстрина, при подсчете невооружен. глазом, не более . .	5	10	—	5	10	—	5	10	—	8	30	—	Колич. золы и крапин для II сорта не устанавливается

Табл. 7.—Стандарт маисовых декстринов (ОСТ 206).

Физ.-хим. свойства	Белый			Палевый			Желтый			Примечания
	экстра	I	II	экстра	I	II	экстра	I	II	
Влаги (в %) не более	10	10	10	10	10	10	10	10	10	Колич. золы и крапин для II сорта не устанавливается
Золы в сухом веществе (в %) не более . . . . .	0,25	0,4	—	0,25	0,4	—	0,25	0,4	—	
Кислотность сух. вещества не более . . . . .	40	40	40	40	40	40	40	40	40	см <sup>3</sup> 1/10 N NaOH с фенолфталеином на 100 г абс. сухого Д.
Редуцир. вещества в сухом веществе (в %) не более . . . . .	3	3	3		4	4	5	5	5	
Растворимость в воде при 17,5° сух. вещества (в %) не менее . .	60	60	60	92	92	92	95	95	95	
Колич. крапин на 1 см <sup>2</sup> поверхности Д. при подсчете невооруженным глазом, не более . . .	3	7	—	3	7	—	3	12	—	Колич. золы и крапин для II сорта не устанавливается

из Д. приготавливают путем растворения в 25 ч. воды 15 ч. декстрина, 5 ч. уксусной к-ты и 2 ч. сахара. Марочный клей приготавливается растворением в 50 ч. воды 20 ч. декстрина, 10 ч. уксусной к-ты, 10 ч. 95°-ного алкоголя. В спичечном производстве Д. употребляют как склеивающее вещество при приготовлении горючей массы, а также для приготовления намазки, т. е. химич. массы, к-рая употребляется для образования зажигательных поверхностей на спичечных коробках. Растворимый крахмал под маркой Трагантин употребляется как связывающее средство для формовочной земли при чугунных и стальных отливках.

Декстрин, растворенный в воде, очищенный и затем выделенный из раствора высушиванием, внешним видом напоминает и вполне заменяет естественные растительные камеди (арабийскую камедь, гумми).

Лит.: Крахмалы—ОСТ 201—204, Декстрины—ОСТ 205—207, 211, М., 1928; Б а к а н о в Н. А., Крахмало-паточное, декстриновое и саговое производство, Москва, 1927; Б о б н о в П., Стандартизация крахм. продуктов, выработ. из картофеля, С.-х.

кооперация и стандартизация сел.-хоз. продукции. Сборник статей, М., 1927; Ш о р ы г и н П., Химия углеводов и ее применение в промышленности, М.—Л., 1926; П р я н и ш н и к о в Д. Н., Химия растений, вып. 1—Углеводы и некоторые сопутствующие им вещества, М., 1907; Ullm. Enz., В. 3, p. 749—772; В r e u e r C., Kitte u. Klebstoffe, 2 Aufl., Lpz., 1922; Muspratt's enzyklopäd. Handbuch d. techn. Chemie, В. 2, Brschw., 1927. П. Бобнов.

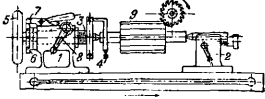
Д. в с и т ц е п е ч а т а н и и в о т д е л е к е т к а н е й находит широкое применение. Обладая высокой клейкостью, но жидкой консистенцией даже в 1/1 N растворах, Д. в ситцепечатании применяется с прибавкой других заглушающих веществ, как крахмал и трагант. Д. употребляется, гл. образом, при приготовлении щелочных (кубовых) печатных красок, т. к. он устойчив к щелочам и способствует восстановлению красителей. В аппретуре Д. заменяет крахмал при сортировании окрашенных, гл. обр., в черный цвет товаров, т. к. он при высухании образует прозрачную пленку, не меняющую глубины черного цвета.

Лит.: H e r z l i n g e r E., Appreturmittelkunde, Wittenberg—В., 1926; D é g i W., Dextrin als Appreturmittel, «Färber-Ztg», В., 1912, 4. А. Порай-Кошиц.

### ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ, см. Трансформатор.

**ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ**, аппараты для точной установки обрабатываемой детали по отношению к обрабатывающему инструменту, когда деталь после каждого процесса обработки д. б. повернута около своей оси на определенный угол.

Простая делительная головка (фиг. 1) применяется на фрезерных, строгальных и шлифовальных станках при обработке граней, параллельных оси детали, при нарезке шестерен и фрезеров с прямыми зубьями и друг. аналогичных работах.



Фиг. 1.

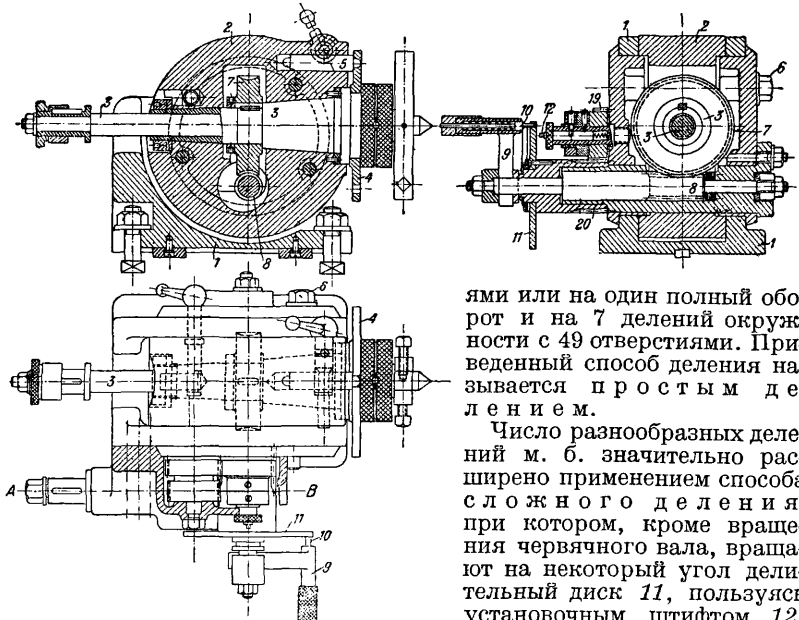
В бабке 1 делительной головки имеется шпиндель 3; на одном конце шпинделя закреплен маховичок 5 и делительный диск 6; по окружности диска на равном расстоянии имеются прорезы, в которые входит защелка 7; для предупреждения вращения шпинделя во время работы служит зажим 8. Обрабатываемая деталь 9 или устанавливается на центрах делительной головки и бабки 2 и соединяется поводком 4 со шпинделем, или зажимается в патрон шпинделя. Число равных угловых перемещений шпинделя, при котором он совершает один полный оборот вокруг своей оси, называется числом деления. Число прорезей делительного диска должно быть равно требуемому числу делений или быть числом кратным ему. Преимуществом простой делительной головки является ее простота; недостатками: 1) ограниченное число разных делений, которое возможно осуществить с помощью одного делительного диска, что вызывает необходимость иметь большой набор дисков, и 2) невозможность осуществить одновременно вращательное и поступательное движения обрабатываемой детали, совокупность которых необходима при нарезке винтовых зубьев, спиральн. сверл и при др. аналогичных работах.

В универсальной делительной головке (фиг. 2) опора шпинделя 3 расположена в детали 2, к-рая м. б. повернута по отношению к корпусу 1 вокруг горизонтальной оси на угол до 90°. Наклон шпинделя отсчитывается по шкале. Для непосредственного деления на шпинделе имеется делительный диск 4, в отверстие к-рого входит защелка 5. Наклон шпинделя, фиксируемый зажимным болтом 6, дает возможность производить обработку ко-

нических или наклонных поверхностей. Для осуществления простого, сложного и дифференциального делений шпиндель 3 соединен с валом 8 червячной передачей 7; на валу имеется рукоятка 9 со штифтом 10, входящим в отверстия второго делительного диска 11; диск свободно посажен на червячном валу; штифт 12, входя в отверстия диска, закрепляет его положение. Делительный диск имеет шесть концентрических рядов отверстий; для соединения с лобым рядом отверстий диска штифт 10 может радиально перемещаться. Каждая универсальная головка снабжается обычно тремя дисками с числом отверстий в одном ряду от 15 до 49. Большинство заводов выполняют червячное колесо с 40 зубьями, а червяк—одноходовым, следовательно, одному полному обороту рукоятки 9 соответствует поворот шпинделя на  $\frac{1}{40}$  окружности. Обозначая через  $n$  число поворотов шпинделя и через  $n_k$  число поворотов червячного вала, будем иметь равенство  $n_k = 40n$ ; если, например, требуется обрабатываемую деталь повернуть на  $\frac{1}{35}$  окружности, то число оборотов червячного вала будет равно

$$n_k = 40 \cdot \frac{1}{35} = \frac{15}{35} = \frac{1^1}{7} = \frac{1^7}{49},$$

следовательно, рукоятка вала д. б. повернута при закрепленном неподвижно делительном диске на один полный оборот и на 5 делений окружности диска с 35 отверсти-



Фиг. 2.

ями или на один полный оборот и на 7 делений окружности с 49 отверстиями. Приведенный способ деления называется простым делением.

Число разнообразных делений м. б. значительно расширено применением способа сложного деления, при котором, кроме вращения червячного вала, вращают на некоторый угол делительный диск 11, пользуясь установочным штифтом 12.

Если, например, при неподвижном диске рукоятка со штифтом 10 будет передвинута на одно деление окружности с числом отверстий  $x$ , а затем диск, соединенный со штифтом 10, будет повернут в обратную сторону так, что штифт 12 переставится на одно деление по окружности диска с числом отверстий  $y$ , то в результате этого червячный вал повернется

на  $\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{y-x}{xy}$  часть полного оборота, а шпиндель повернется на  $\frac{y-x}{xy} \cdot \frac{1}{40}$  часть

оборота. Если шпиндель надо повернуть на  $\frac{1}{N}$  часть оборота, то на делительн. диске штифты нужно переставить не на одно деление, а на  $M$  делений, при чем  $M = \frac{40 \cdot xy}{(y-x) \cdot N}$ ; так как  $M$  д. б. целым числом, то числа  $x$  и  $y$  отверстий диска д. б. так подобраны, чтобы при подстановке их в ур-е для определения  $M$  получилось целое число. Если, например, надо нарезать шестерню с 154 зубьями и, следовательно, при обработке шестерни шпиндель необходимо поворачивать на  $\frac{1}{154}$  окружности, то, выбирая делительный диск с числом отверстий 21 и 33, мы получим  $M = \frac{40 \cdot 21 \cdot 33}{(33 - 21) \cdot 154} = 15$ . Может быть рекомендован также способ разложения получающегося дробного числа поворотов червячного вала на два слагаемых; если, напр., требуется повернуть шпиндель на  $\frac{1}{231}$  оборота, то число оборотов червячного вала

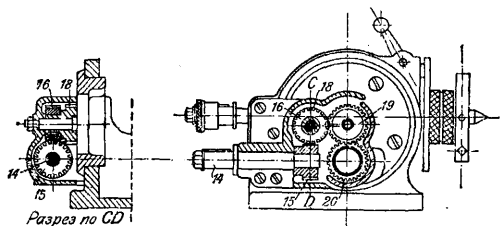
$$n_k = 40 \cdot \frac{1}{231} = \frac{40}{231} = \frac{33}{231} + \frac{7}{231};$$

разлагая знаменатель на множители, будем иметь число оборотов

$$n_k = \frac{33}{3 \cdot 7 \cdot 11} + \frac{7}{3 \cdot 7 \cdot 11} = \frac{3}{21} + \frac{1}{33},$$

т. е. рукоятку вала нужно будет повернуть на три деления окружности с 21 отверстием, затем делительный диск вместе с рукояткой повернуть в ту же сторону на одно деление окружности с 33 отверстиями, соответственно переставив штифт 12 на одно отверстие.

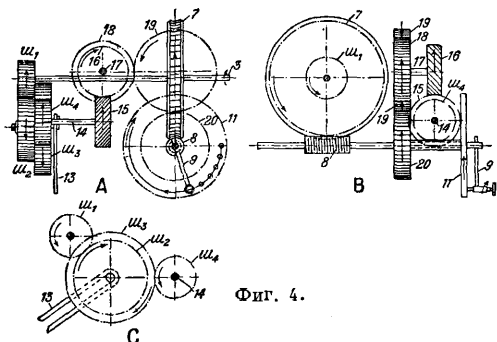
Дифференциальный способ деления и я применяется во всех тех случаях, когда указанными выше методами деления нельзя получить требуемого поворота детали. При дифференциальном способе деления делительный диск также должен поворачиваться на определенный угол, но, в отличие от сложного деления, при дифференциальном делении вращение делительного диска 11 и рукоятки 9 совершается не последовательно, а одновременно. Для этого делительный диск системой зубчатых передач соединяется с червячным валом (фиг. 3,—разрез



Фиг. 3.

фиг. 2 по АВ, и фиг. 4). В этом случае вращение рукоятки 9, как указано было выше, через червячный вал 8 и червячное колесо 7 передается шпинделю 3; на удлиненный (путем специальной насадки) конец шпинделя надевается сменная шестерня  $w_1$ . Две другие сменные шестерни  $w_2$  и  $w_3$ , будучи жестко соединены друг с другом, вращаются на оси державки 13. Шестерня  $w_1$  находится в зацеплении с шестерней  $w_2$ , шестерня  $w_3$ —в зацеплении со сменной шестерней  $w_4$ , посаженной на вал 14; вращение вала 14 шестернями 15 и 16 с винтовыми зубьями передает-

ся валу 17, который шестернями 18 и 19 соединяется с шестерней 20, составляющей одно целое с втулкой делительного диска, свободно сидящей на червячном валу. При вращении рукоятки будет вращаться и делительный диск, связанный с червячным валом указанной системой зубчатых передач.



Фиг. 4.

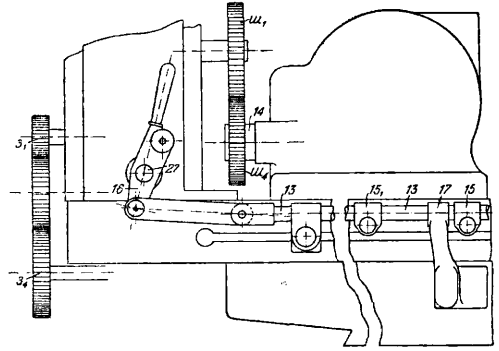
Вся система передач состоит из переменной части (шестерни  $w_1$ — $w_4$ ) и постоянной части, состоящей из червячного вала, червячного колеса, шестерен 20, 19, 18, 16 и 15. Передаточное число системы постоянных шестерен большинством 3-дов выполняется равным 1:1. Направление вращения отдельных шестерен указано на фиг. 4, при чем на фиг. 4, В сменная передача  $w_1$ — $w_4$  не указана и помещена отдельно на фиг. 4, С. Дифференциальное деление заключается в следующем: если при заданном числе деления  $n$  число поворота рукоятки  $n_k = \frac{40}{n}$  не может быть осуществле-

но вышеизложенными методами простого и сложного деления, то число  $n_k$  заменяют суммой двух дробей  $\frac{x}{y}$  и  $\frac{r}{R}$ , при чем дробь  $\frac{x}{y}$  выбирается так, чтобы знаменатель  $y$  соответствовал одному из чисел отверстий диска, тогда числитель  $x$  покажет число делений, на к-рое нужно повернуть рукоятку; дробь  $\frac{r}{R}$ , определяемая из равенства  $\frac{40}{n} - \frac{x}{y} = \frac{r}{R}$ , дает необходимый единовременный поворот делительного диска, который можно будет осуществить, подобрав шестерни  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  и  $w_4$  так, чтобы число передачи сменных шестерен  $i = \frac{w_1 \cdot w_3}{w_2 \cdot w_4} = \frac{r \cdot R}{1 \cdot n} = \frac{r}{R}$ . Положительное значение  $i$  указывает на то, что при вращении рукоятки 9 диск должен вращаться в том же направлении, при отрицательном значении—в обратную сторону; в последнем случае для перемены направления вращения включается одна дополнительная сменная шестерня. Универсальные делительные головки обычно снабжаются 12 сменными шестернями с числом зубьев: 24, 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86 и 100. Если, например, обрабатываемую деталь требуется повернуть на  $\frac{1}{239}$  окружности, то при нормальном наборе дисков этот поворот не может быть произведен методом простого и сложного деления, но легко осуществим при помощи дифференциального деления. Для поворота шпинделя на  $\frac{1}{239}$  окружности рукоятка должна быть повернута на  $\frac{40}{239}$  окружности; ближайший к заданному легко осуществимый поворот рукоятки есть  $\frac{40}{240} = \frac{1}{6}$ , но этот поворот

меньше заданного на  $\frac{40}{239} - \frac{1}{6} = \frac{1}{1434}$  окружности, следовательно необходимо, параллельно с поворотом рукоятки на три деления диска с числом отверстий 18, повернуть в ту же сторону делительный диск на  $\frac{1}{1434}$  окружности, т. е. при каждом повороте шпинделя на  $\frac{1}{239}$  часть диск должен повернуться на  $\frac{1}{1434}$  часть; так как число поворотов ведущего вала относится к числу поворотов ведомого вала так же, как число зубьев ведомых шестерен относится к числу зубьев ведущих шестерен, то:  $\frac{w_1 \cdot w_3}{w_2 \cdot w_4} = \frac{1/1434}{1/239} = 1/6$ . Подбором соответствующих сменных шестерен  $w_1, w_2, w_3, w_4$  указанное деление легко осуществить.

При нарезке винтовых зубьев или спиралей обрабатываемая деталь по отношению к инструменту должна одновременно иметь и вращательное и поступательное движение. В этом случае вал 14 (фиг. 5) универсальной делительной головки сменной зубчатой передачей  $z_1 \div z_4$  соединяется с ходовым винтом 21 стола станка. Вращение вала 14 постоянной зубчатой передачей: 15, 16, 18, 19 и 20 с передаточным числом 1:1 передается делительному диску и связанному с ним штифтом 10 червячному

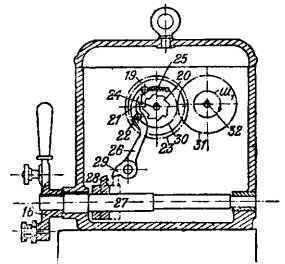
бодно посажены на вал 7, на конце которого укрепляется сменная шестерня 3. Вал 7 при помощи сменной зубчатой передачи  $z_1 \div z_4$  вращает ходовой винт стола машины. Перестановкой муфты 6 вал 7 может быть соединен или с шестерней 5 или с шестерней 12, так что передача вращения от вала 3



Фиг. 7.

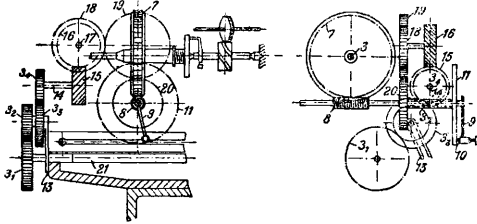
к валу 7 м. б. осуществлена шестернями 4 и 5 или системой шестерен 4, 5, 8, 9, 10, 11 и 12. Соединение муфты 6 с шестерней 5 дает столу машины быстрый обратный ход, соединение с шестерней 12 дает медленный рабочий ход. Перестановка муфты 6 производится в конце каждого хода тягой 13 (фиг. 7) с двумя остановами 15 и 15', тяга соединена с рычагом 16 вала 27. Остановы 15 и 15', доходя до упора 17, поворачивают рычаг 16 и тем самым переключают муфту 6. Одновременно с включением рабочего хода автоматически происходит нужный поворот обрабатываемой детали. Этот поворот осуществляется системой зубчатых передач след. образом: шестерня 9, имеющая вращение от шкива 1, находится в зацеплении с шестерней 19 (фиг. 6 и 8), жестко соединенной с валом 24. На том же валу свободно посажен диск 23 с шестерней 30. Собачка 21, сидящая на цапфе 22 диска, может соединять диск 23 с храповым колесом 20, которое укреплено на валу 24; поводок 26 выводит собачку из зацепления. При начале каждого рабочего хода, т. е.

при повороте рычага 16, сидящая на валу 27 муфта 28 поворачивает поводок 26, собачка соединяет диск 23 с храповым колесом, и диск поворачивается на один оборот, за время которого муфта 28 возвращается в первоначальное положение, и поводок 26 выводит собачку из зацепления. Этот поворот диска 23 при помощи шестерен 30 и 31 передается валу 32. Вал 32 сменной зубчатой передачей  $w_1 \div w_4$  (фиг. 7) соединен с валом 14 делительной головки (фиг. 3, 5, 7 и 9); последний приводится во вращение, чем и достигается нужный поворот детали. Из изложенного выше следует, что автомат при помощи сменных шестерен  $z_1 \div z_4$



Фиг. 8.

при повороте рычага 16, сидящая на валу 27 муфта 28 поворачивает поводок 26, собачка соединяет диск 23 с храповым колесом, и диск поворачивается на один оборот, за время которого муфта 28 возвращается в первоначальное положение, и поводок 26 выводит собачку из зацепления. Этот поворот диска 23 при помощи шестерен 30 и 31 передается валу 32. Вал 32 сменной зубчатой передачей  $w_1 \div w_4$  (фиг. 7) соединен с валом 14 делительной головки (фиг. 3, 5, 7 и 9); последний приводится во вращение, чем и достигается нужный поворот детали. Из изложенного выше следует, что автомат при помощи сменных шестерен  $z_1 \div z_4$



Фиг. 5.

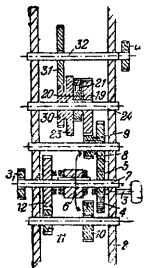
валу и шпинделю делительной головки. При шаге ходового винта стола  $s_1$  и шаге  $s$  нарезаемой винтовой линии число оборотов ходового винта стола, соответствующее одному обороту шпинделя, будет равно

$$n_p = \frac{s}{s_1} = \frac{40 \cdot z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = I,$$

где  $I$ —число передачи сменных шестерен ( $z_1 \div z_4$ ). Угол поворота  $\alpha$ , на который ось обрабатываемой детали должна быть повернута по отношению к горизонтальной оси фрезера, определяется из равенства:  $\text{tg } \alpha = \frac{\pi \cdot d}{s}$ .

Делительные приборы-автоматы применяются в соединении с делительными головками и служат для автоматич. приведения в движение стола машины, перемены рабочего хода на холостой и для самостоятельного поворота обрабатываемой детали на любой угол в начале каждого рабочего хода.

Делительный прибор-автомат, схематически изображенный на фиг. 6, 7 и 8, приводится в действие или от ременного привода или от специального привода машины. Ременный шкив 1 (фиг. 6) жестко закреплен на конце вала 3, который при помощи шестерни 4 вращает шестерню 5. Шестерни 5 и 12 сво-



Фиг. 6.

шкив 1 (фиг. 6) жестко закреплен на конце вала 3, который при помощи шестерни 4 вращает шестерню 5. Шестерни 5 и 12 сво-

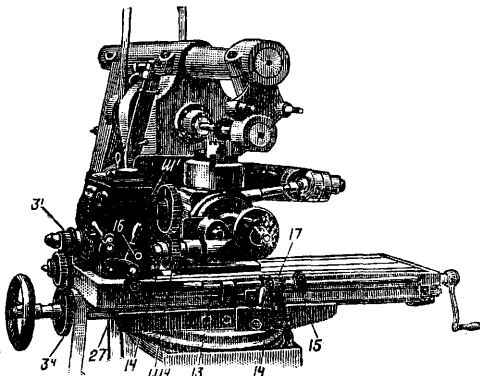
вращает ходовой винт стола и при помощи шестерен  $w_1 \div w_4$  вращает в нужный момент вал 14 делительной головки. Обозначаем: скорость рабочего хода стола через  $v$  мм/мин, число об/м. ходового винта —  $n_t$  и шаг его винтовой нарезки —  $s$ , таким образом  $n_t = \frac{v}{s}$ . Отношение числа оборотов  $n_t$  ходового винта к числу оборотов  $n_3$  ведущего вала 3 будет равно:

$$\frac{n_t}{n_3} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 11 \cdot z_3 \cdot z_3}{5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 12 \cdot z_3 \cdot z_4},$$

или же, обозначая постоянную передачу  $\frac{4 \cdot 5 \cdot 9 \cdot 11}{5 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 12}$  через  $k$ , будет иметь:

$$\frac{v}{s \cdot n_3} = k \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} \text{ и } \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{v}{s \cdot n_3 \cdot k}.$$

Для подсчета сменных шестерен  $w_1, w_2, w_3$  и  $w_4$  следует иметь в виду, что ведущим валом является вал 32 с числом поворота  $n_{32} = 1$  и что постоянная передача от шпинделя делительной головки к валу 14 (фиг. 2)



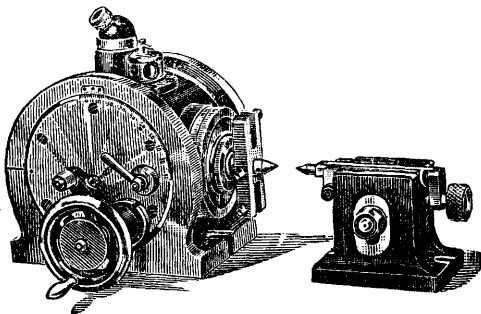
Фиг. 9.

равна 40 : 1; поэтому, обозначая число поворота шпинделя делительной головки через  $n_k$ , будем иметь:

$$\frac{n_k}{n_{32}} = \frac{w_1 \cdot w_2}{w_3 \cdot w_4} \cdot \frac{1}{40} \text{ и } \frac{w_1 \cdot w_2}{w_3 \cdot w_4} = \frac{40 \cdot n_k}{n_{32}}.$$

Общий вид установки автомата на фрезерном станке показан на фиг. 9.

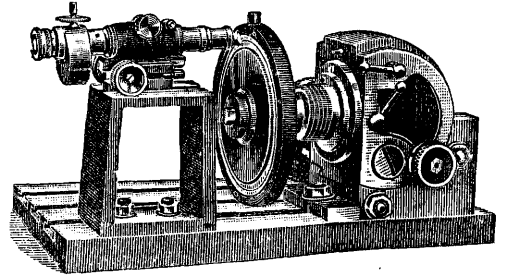
На совершенно ином принципе, чем описанные Д. а., основана оптическая делительная головка системы Цейсса (фиг. 10). Здесь



Фиг. 10.

червячное колесо служит только для сообщения движения шпинделю, деление совершается непосредственно отсчетом на скрепленном с этим колесом стеклянном диске, на к-ром нанесены градусные деления с точ-

ностью до  $\pm 4''$ . Установка диска производится через сдвигшийся на головке микроскоп, при чем достижима точность в  $1/4'$ ; по установке шпиндель зажимается особым центрально действующим тормозом, чем при



Фиг. 11.

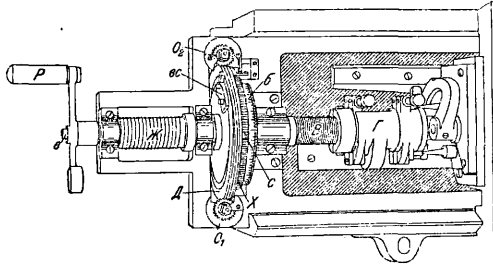
последующей обработке разгружаются червячное колесо и червяк. Установка для различных чисел зубцов совершается по особым таблицам. Головка эта применима для наиболее точных работ, но требует специально обученного рабочего. Для проверки точности делительных головок служат прибор, изображенный на фиг. 11. В шпинделе головки укрепляется оправка, с насаженным на ней стальным полированным диском, на к-ром нанесены градусные деления. Отсчет совершается при помощи микроскопа, снабженного окулярным микрометром особой конструкции, позволяющим без нониуса измерять ошибки в 0,001 мм, т. е.  $\sim 2 1/2''$  (диаметр диска равен 180 мм).

Лит.: Гавриленко А. П., Механическая технология металлов, ч. 4—Обработка металлов резанием на станках, Москва, 1926; Universal-Teilköpfe und selbsttätige Teil- und Schaltapparate, Veröffentlich. d. F. Werner A.-G., H. 5, 2 Aufl., B., 1925; Busch E., Der Fräser als Rechner, Berlin, 1922; Jürthe E. u. Mietzschke O., Handbuch der Fräselei, 6 Auflage, Berlin, 1923; Pockrandt W., Teilkopfarbeiten, Berlin, 1923. Б. Шпринг.

**ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ** служат для начертания делений на прямолинейных отрезках и на окружностях. Д. м. применяются при изготовлении эталонов мер длины, астрономических, физических и друг. приборов, лабораторного и промышленного мерительного инструмента. Соответственно своему назначению Д. м. можно разделить на две основные группы: а) лабораторные Д. м., отличительным признаком которых является высокая степень точности наносимых делений, достигающая 0,001 мм при делении прямолинейных отрезков и 0,5'' при делении окружностей, и б) промышленные Д. м., точность работы которых  $\pm 0,01$  мм для прямолинейного деления и  $\pm 15''$  для деления окружностей. Промышленные Д. м. работают автоматически, их производительность от 80 до 200 делений в минуту.

Лабораторная Д. м. для деления прямолинейных отрезков состоит из станины и подвижного стола, соединенного с гайкой микрометрического винта; вращение м. крометрич. винта заставляя стол прямолинейно перемещаться; со станией неподвижно соединен прибор, резец которого наносит на делимом предмете черты делений на требуемом расстоянии одна от другой. Предмет, подлежащий делению, укрепляется на столе Д. м. Точное передвижение стола осу-

ществляется следующим способом: микрометрический винт *B* (фиг. 1), шаг к-рого при  $t^{\circ} 0^{\circ}$  равняется 1 мм, гайкой *Г* соединяется с подвижным столом; на конец микрометрич. винта насажено храповое колесо *X*. Вал *в*, геометрич. ось к-рого совпадает с осью микрометрич. винта, приводится во вращение рукояткой *P*; на конце вала *в* имеется диск *Д* с собачками *с*. При повороте рукоятки по часовой стрелке собачки диска *Д* зацепляются за зубья храпового колеса *X* и поворачивают микрометрический винт *B*; при обратном повороте рукоятки и диска храповое колесо, а следовательно и микрометрический винт *B*, вращения не имеют. Один поворот рукоятки на  $360^{\circ}$  соответствует линейному перемещению стола на 1 мм. Для



Фиг. 1.

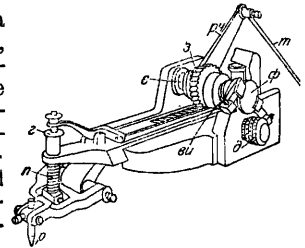
отсчетов меньших перемещений служит барабан *б* храпового колеса, окружность которого разделена на 200 частей; барабан снабжен иониусом, дающим возможность производить отсчет до 0,001 оборота храпового колеса, что соответствует перемещению стола на 0,001 мм. Для того чтобы фиксировать нужный угол поворота рукоятки, диск *Д* имеет выступы *вк*, к-рые при конце поворота рукоятки упираются в остановы  $O_1$  и  $O_2$ . Выступы *вс* делают передвижными по прорезу диска для того, чтобы можно было фиксировать любой угол поворота; для осуществления углов поворота  $> 360^{\circ}$  остановы  $O_1$  и  $O_2$  снабжены червячными колесами и находятся в зацеплении с червяком, нарезанным на цилиндрчик. поверхности диска; червячная конструкция остановов позволяет фиксировать углы поворота до  $13 \times 360^{\circ}$ . Возвратно-вращательное движение вала *в* может быть осуществлено от кулачкового вала *Д. м.*; для этого на желобчатый барабан *Ж* (фиг. 1 и 7) навивают шнур, один конец которого соединяют с кулачковой тягой, а к другому концу шнура привешивают груз *Гр*. Рабочий поворот вал *в* получает от кулачкового вала, холостой поворот — от действия груза *Гр*. Каждая *Д. м.* снабжена несколькими храповыми колесами; фирма Société genevoise d'instruments de physique выпускает *Д. м.* с храповиками в 160, 200, 240, 320 и 500 зубьев. Табл. 1 дает указание, на какое число зубьев для различных делений должно быть повернуто храповое колесо *X* для получения соответственного перемещения стола *Д. м.*

Прибор для начертания делений (фиг. 2) состоит из ползуна, конец которого шарнирно соединен с вилкой, несущей резец *p*; резец находится под действием спиральной пружины *n*, натяжение к-рой регулируется

Табл. 1. — Метрические деления при шаге микрометрического винта в 1 мм.

Род делений	Число зубьев, на которое д. б. повернуто храповое колесо, имеющее:				
	160 зуб.	200 зуб.	240 зуб.	320 зуб.	500 зуб.
1 мм . . . . .	160	200	240	320	500
Иониус $\frac{1}{10}$ мм . . . . .	144	180	216	288	450
$\frac{1}{20}$ » . . . . .	152	190	228	304	475
$\frac{1}{50}$ » . . . . .	—	196	—	—	490
$\frac{1}{100}$ » . . . . .	—	198	—	—	495
0,5 мм . . . . .	80	100	120	160	250
Иониус $\frac{1}{10}$ мм . . . . .	64	80	96	128	200
$\frac{1}{20}$ » . . . . .	72	90	108	144	225
$\frac{1}{50}$ » . . . . .	—	96	—	—	240
$\frac{1}{100}$ » . . . . .	—	98	—	—	245
0,1 мм . . . . .	16	20	24	32	50
0,05 » . . . . .	8	10	12	16	25
0,02 » . . . . .	—	4	—	—	10
0,01 » . . . . .	—	2	—	—	5
0,002 » . . . . .	—	—	—	—	1

гайкой *г*. Поступательное движение ползуна, перпендикулярное оси делимого предмета, осуществляется посредством зубчатой рейки, находящейся в зацеплении с зубчатым колесом *з*; на валу *в* зубчатого колеса укреплен рычаг *рч*, который приводится в качательное движение кулачковой тягой *т* от вала машины. При начертании делений резец *p* опускается; длина гравиремых линий *м. б.* изменена, для чего и служит фасонная деталь *ф*, насаженная на вал *в*; две лапки детали *ф* имеют по три винта *ви*, которые при возвратных поворотах вала *в* зацепляют за прорези трех дисков *д* и поворачивают как диски, так и находящееся с ними в зацеплении храповое колесо. Различная установка винтов *ви* и различное число прорезей дисков дают возможность осуществлять



Фиг. 2.

различный поворот храпового колеса и тем самым различную длину проводимой резцом линии. Указанная выше фирма снабжает прибор для начертания делений в

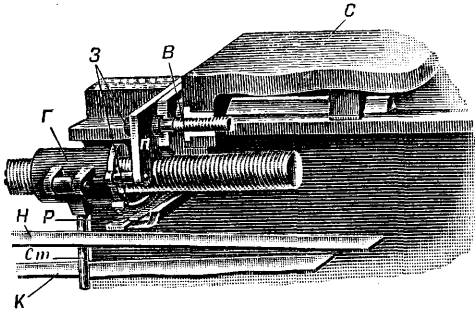
Храповик с 20 зуб.	Храповик с 24 зуб.	Храповик с 32 зуб.
0 2 4	0 2 4	0 2 4
0 2 10	0 2 12	0 2 16
0 2 4	0 2 4	0 2 4
0 1 10	0 1 12	0 1 16

Фиг. 3.

различный поворот храпового колеса и тем самым различную длину проводимой резцом линии. Указанная выше фирма снабжает прибор для начертания делений в



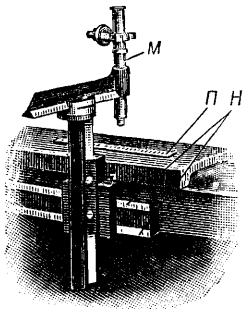
лабораторных Д. м. семью сменными дисками с 0, 1, 2, 4, 10, 12 и 16 прорезями и тремя храповыми колесами и с 20, 24 и 32 зубьями. На фиг. 3 представлены возможные начертания делений при различных храповых



Фиг. 4.

колесах и дисках, при чем цифры указывают число прорезей каждого из трех дисков. Резцы применяются стальные и алмазные; стальной резец может начертить линию до 0,02 мм минимальной толщины; при микроскопическ. делениях применяются исключительно алмазные резцы. Алмазным резцом на 1 мм можно легко начертить до 500 делений [знаменитые дифракционные решетки Роуланда (Rowland), изготовлен. из зеркального металла, имеют на полированной поверхности 1 700 черточек на 1 мм].

При высокой точности работы Д. м., необходимо компенсировать ошибки, которые могут произойти от температурных изменений длины микрометрического винта Д. м. В виду этого лабораторные машины снабжают температурным компенсатором, дающим возможность свести ошибку от температурных деформаций до  $\pm 0,000001$  мм. При наличии температурного компенсатора (фиг. 4) гайка Г ходового микрометрического винта Д. м. соединена не непосредственно с подвижным столом С, а с пластиной П, которая в свою очередь микрометрическим винтом В соединяется со столом Д. м. Микрометрич. винт В компенсатора жестко соединен с зубчатым сектором З, находящимся в зацеплении с горизонтальной рейкой Р, конец к-рой постоянно прижимается к направляющей линейке Н. Линейку Н устанавливают под некр-ым углом по отношению к оси ходового микрометрического винта Д. м., в зависимости от того, при какой  $t^\circ$  происходит работа на машине и из какого материала изготовлен предмет, подлежащ. делению. При

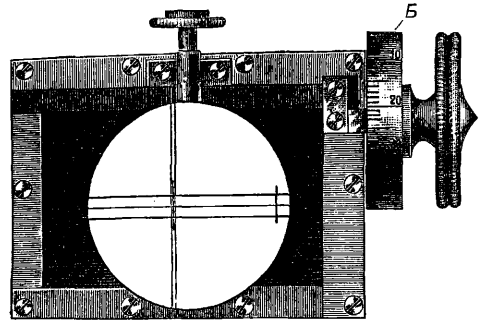


Фиг. 5.

вращении ходового микрометрического винта Д. м. рейка Р, упираясь в наклонно поставленную направляющую линейку Н, перемещается и поворачивает сектор З и жестко связанный с ним микрометрич. винт В; поворот последнего вызывает дополнительное перемещение стола Д. м., чем и компенсир-

руется температурное изменение длины ходового микрометрического винта. Если, например, на Д. м., шаг ходового микрометрич. винта к-рой при  $t^\circ 0^\circ$  равняется 1 мм, производить работу при  $15^\circ$ , то (считая коэффициент линейного расширения стали равным 0,000011) один оборот микрометрич. винта будет соответствовать перемещению стола на 1,000165 мм; если нужно произвести деление стеклянной пластинки и требуется, чтобы нанесенные на ней деления были равны 1 мм при  $0^\circ$ , то (принимая коэфф-т линейного расширения стекла равным 0,000007) необходимо при  $15^\circ$  нанести на стеклянной пластинке деления размером 1,000105 мм, следовательно компенсатор при каждом обороте ходового микрометрического винта Д. м. должен дать столу обратное движение на величину 0,000060 мм. Зная шаг микрометрического винта В и радиус сектора З, легко вычислить требуемый угол наклона направляющей линейки Н.

Кроме температурного компенсатора, современные Д. м. снабжаются корректором, назначение к-рого компенсировать погрешности микрометрического винта. Несмотря на

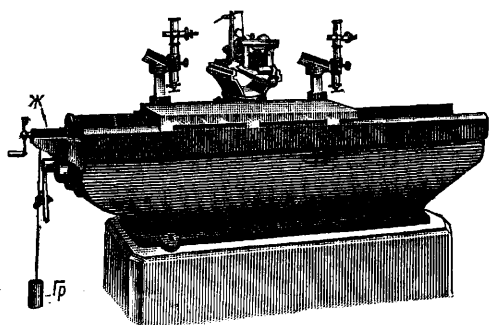


Фиг. 6.

чрезвычайную тщательность производства микрометрич. винтов, шаг винта не является абсолютно одинаковым по всей длине; не являются также абсолютно равными линейные перемещения гайки микрометрич. винта при его повороте на один и тот же угол в пределах одного оборота. Эти неточности определяются путем измерения прямолинейного отрезка определенной длины. Сравнение результатов многих измерений одного и того же отрезка при различных положениях гайки по длине микрометрического винта дает возможность оценить степень совершенства нарезки винта. Погрешности микрометрического винта Д. м. компенсируются некоторым поворотом гайки. Для автоматического осуществления этого поворота гайка Г микрометрич. винта (фиг. 4) снабжается стержнем Ст, скользящим по корректору К, профиль к-рого соответствует требующимся поворотам гайки Г.

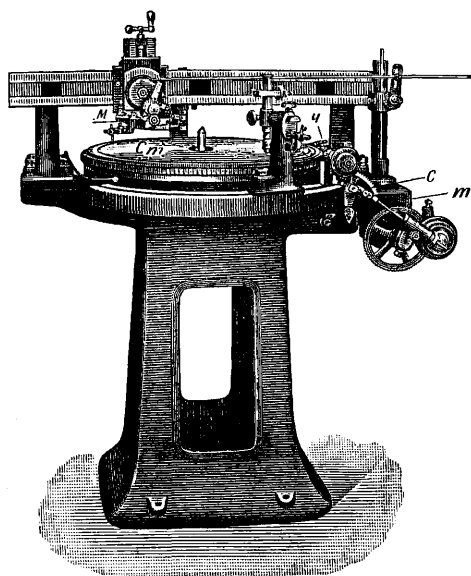
Для проверки точности наносимых Д. м. делений служат два микроскопа М, установленных на специальных супортах (фиг. 5 и 7), к-рые могут перемещаться по направляющим Н вдоль станины. Конструкция супорта дает возможность устанавливать микроскоп над любой точкой стола и лежащего на столе предмета П. Для удобства

наблюдений, между объективом и окуляром микроскопа, в том месте, где получается изображение предмета, помещен микрометр; скользящие салазки его имеют две нити, расположенные перпендикулярно к направлению движения стола; салазки перемещаются вращением микрометрического винта с барабаном *Б* (фиг. 6). Барабан имеет



Фиг. 7.

100 делений; поворот на одно деление дает перемещение нитей, соответствующее длине 0,0001—0,0005 мм рассматриваемого предмета. При проверке точности, с к-рой Д. м. наносит деления на предмет, микроскоп устанавливается так, чтобы первое деление предмета расположилось в поле зрения микроскопа между двумя нитями; при передвижении стола во время работы Д. м. каждое последующее нанесенное деление в поле зрения микроскопа должно также устанавливаться между двумя нитями; если этого не происходит, то поворотом барабана *Б* доводят нити до совпадения с чертой



Фиг. 8.

деления и по углу поворота судят о неточности работы. Помощью микроскопов можно производить деления, пользуясь точными эталонами мер длины. Для этого эталон и предмет, подлежащий делению, укрепляют на столе машины. Микроскоп уста-

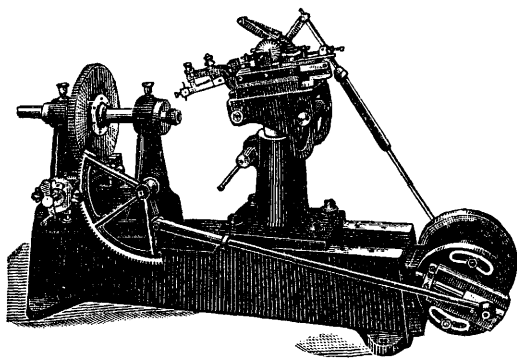
навливают над первым делением эталона и наносят первое деление на предмете. Поворотом ходового микрометрич. винта Д. м. передвигают стол до совпадения второго деления эталона с нитями микроскопа; стол останавливают и на делимом предмете наносят вторую черту деления и т. д. Второй микроскоп служит для одновременной проверки точности наносимых Д. м. делений, как это было указано выше. Фиг. 7 дает общий вид лабораторной Д. м., на к-рой работа может совершаться как вручную, так и автоматически; в последнем случае вал ходового микрометрического винта помощью шнура соединяют с кулачковой тягой приводного вала машины.

Д. м. для деления окружностей снабжены вращающимся круглым столом *Ст* (фиг. 8), который является в то же время червячным колесом. Вращением червяка *ч* осуществляется поворот стола и укрепленного на нем предмета на определенный угол. На оси червяка свободно вращается шестерня, находящаяся в зацеплении с сектором *с*; сектор соединен с эксцентриковой тягой *т*. Свободно посаженная шестерня при своем вращении по часовой стрелке зацепляет собачками за зубья храпового колеса и поворачивает червяк, а следовательно и стол Д. м. Путем постановки храповых колес

Табл. 2. — Угловые деления при числе зубьев стола, равном 720.

Род делений	Число зубьев, на к-рое д. б. повернуто при каждом повороте стола храпового колеса, имеющего:			
	90 зуб.	100 зуб.	120 зуб.	180 зуб.
1° . . . . .	180	200	240	360
Нониус 6' . . . . .	162	180	216	324
5' . . . . .	165	—	220	330
3' . . . . .	171	190	228	342
2' . . . . .	174	—	232	348
1' . . . . .	177	—	236	354
0.5° . . . . .	90	100	120	180
Нониус 2' . . . . .	84	—	112	168
1' . . . . .	87	—	116	174
1/3° . . . . .	60	—	80	120
Нониус 1' . . . . .	57	—	76	114
30'' . . . . .	—	—	78	117
20'' . . . . .	59	—	—	118
15'' . . . . .	—	—	79	—
10'' . . . . .	—	—	—	119
1/6° . . . . .	30	—	40	60
Нониус 1' . . . . .	27	—	36	54
30'' . . . . .	—	—	38	57
20'' . . . . .	29	—	—	58
15'' . . . . .	—	—	39	—
10'' . . . . .	—	—	—	59
0.1° . . . . .	18	20	24	36
Нониус 0.01' . . . . .	—	18	—	—
0.005° . . . . .	—	19	—	—
1/18° . . . . .	15	—	20	30
Нониус 30'' . . . . .	—	—	18	27
20'' . . . . .	14	—	—	28
10'' . . . . .	—	—	—	29
0.05° . . . . .	9	10	12	18
0.01' . . . . .	—	2	—	—
1' . . . . .	3	—	4	6
1/2' . . . . .	—	—	2	3
1/3' . . . . .	1	—	—	2
1/4' . . . . .	—	—	1	—
1/6' . . . . .	—	—	—	1

с различным числом зубьев и изменением величины эксцентриситета достигается поворот стола на требуемый угол. Механизм *м* для начертания делений аналогичен применяемому для деления прямолинейных отрезков. Число зубьев стола для лабораторных машин обычно бывает 360, 400 и 720; сменные храповые колеса имеют 90, 100, 120 и 180 зубьев. Табл. 2 дает указание, на какое число зубьев храпового колеса нужно поворачивать червяк для осуществления различных дуговых делений при 720 зубьях стола.



Фиг. 9.

Для делений цилиндрич. и конич. поверхностей применяются машины с вращающимся шпинделем, на котором и укрепляется предмет, подлежащий делению (фиг. 9). Механизм для периодического поворота шпинделя аналогичен вышеописанному механизму Д. м. для деления прямолинейных отрезков и окружностей.

Лит.: Хвольсон О. Д., Физика, т. 1, Берлин, 1923; Société genevoise d'instruments de physique. Machines à diviser linéaires et circulaires de laboratoire et d'atelier. Catalogue № 328. Б. Шпринк.

**ДЕЛОВОЙ ЛЕС**, лесные материалы, заготавливаемые для строительных надобностей и разных поделок. Материал одного наименования и одной внешней формы носит название сорта. Каждый сорт, в свою очередь, подразделяется на размеры, получающие специальные названия, а размеры по качеству разделяются на сорта. В виду различных требований, предъявляемых к Д. л. внешним и внутренним рынками, сортаменты бывают различны.

По способу первоначальной заготовки Д. л. разделяется на три главных вида: 1) круглый лес, сохраняющий свою природную круглую форму, часто даже с корой, и распиливаемый или разрубаемый на месте заготовки лишь в поперечном направлении на отрезки определенной длины; 2) пиленый лес,

опиленный (или обтесанный) вдоль наружных поверхностей для получения плоских граней (окантованный брусовой лес) или же распиленный на более тонкие продольные части, при чем в том и другом случае волокна древесины в области разреза подвергаются повреждению; 3) колотый лес, расщепляемый на более мелкие части вдоль расположения волокон без их повреждения.

1. Круглый лес. Наиболее употребительный сортимент круглого леса приведен в табл. 1. Во всех видах круглого леса наиболее ценными являются цижные, так наз. комлевые части, т. к. они менее сучковаты и более полндревесны. При определении сортов обращается внимание на общую доброкачественность древесины (см. *Дерево*, пороки), ширину годичных колец, на количество, величину и качество сучков, а также и на состояние дерева, т. е. является ли оно свежесрубленным или сухостойным. Обмер круглого леса производится или по среднему диаметру в целых см или же, чаще, по верхнему отруб, т. е. по более тонкому концу. Кора при измерении в расчет не принимается. Для получения полномерного готового материала необходимо в процессе заготовки делать некоторый запас по длине. Сучья д. б. сглажены топором в уровень с поверхностью дерева. Для определения размеров и качества материала производится отбор пробы от сдаваемой партии, но иногда обмеру подвергается каждая штука в отдельности. Утолщение бревен к комлю для хвойных пород  $\frac{1}{80} - \frac{1}{100}$ ; если оно больше, то бревно называется закомлестым. Еловые бревна с частью корня носят название кокоры и употребляются для барок.

2. Пиленый лес. Кантование леса с двух, трех или четырех сторон производится гл. обр. в целях удешевления транспорта, т. к. при стесывании или опиливании теряется до 30% неценной (заболонной) древеси-

Табл. 1.—Сортамент круглого леса для внутреннего рынка.

Наименование круглого леса	Порода дерева	Размеры		Сорта	Назначение
		длина в м	толщ. в мм		
Бревна . . . .	Хвойные Лиственные	4—19,5 от 2	180—300 от 220	3 сорта 2 сорта	Строительн. лес, распиловочн., поделочный
Телеграфные столбы . . . .	Дуб, сосна, ель	8,5—17	180—290		Телегр. столбы
Кряжи . . . .	Хвойные Лиственные	от 4,5 от 2	220—350 от 180		Судостроение. Машиностроение. Ружейные лона. Столярное дело.
Чураки . . . .	Осина, береза, дуб	от 1	от 200		Распиловочн. лес. Фанерное производство. Спичечная солома. Мелкие поделки
Пропсы . . . .	Сосна, ель	1,7—3,6	110—150		Рудничное крепление
Балансы . . . .	Ель, пихта, сосна	1 и 2	110—200		Выработка древесной массы, целлюлозы
Подтоварник Слеги (жердь, шест, рейка, лата) . . . . Подвязник . . . . Накатник . . . . Кровка и полукровка . . . .	Тонкие стволы или верхушки глав. обр. хвойных пород	4—13	100—150	1-й сорт из растущего леса, 2-й сорт из сухостойного	При сплаве леса для строительных надобностей
		4—17	20—90		
		17	110—130		
		4—19,5	110—180		
		4—8,5	100—150		

ны, но получается лучший коэфф-т укладки, что в особенности важно при экспорте. Кантование может производиться или таким

Табл. 2.—Сортимент экспортного брусового леса.

Наименование	Кантовка	Длина в м	Толщина в мм	Ширина протеса в мм
Капбалка	На 2 канта по сбегу	От 5,5	250—300	75—130
Норвежск. брус . . .	На 2 канта (у комя на 0,5—1 м 4 канта)	От 5,5	250—300	75—130
Ванчес, см. Ванчес				
Англ. брус острокант.	На 4 канта	От 5,5	300—330—тонномерн. 350—толстомерный 380—кубический	
Тимбер острокант.	На 4 канта	Не более 5,2		
Мауерлат острокант.	На 4 канта	От 5,5	250—280	Широкий кант 300—350, узкий 250—300
Голланд. брус тупокант.	На 4 канта с обзолами	От 5,5		
Плансон тупокант.	На 4 канта по сбегу	От 7,3	180×180 230×230 280×280 330×330 380×380 430×430 230×230 350×350 380×250 380×380 380×500 500×500 150×150 180×180 200×200 280×280	
Слипер острокант.	На 4 канта	2,7—5,1		
Слипер тупокант.	На 2 канта	2,7—5,1		
Шпалы, см. Шпалы				

образом, что оба торца имеют одинаковое сечение, или же торцы имеют неодинаковое сечение, и, следовательно, брус получается в виде усеченной пирамиды. Если поверхности ошплены таким образом, что совершенно не остается природной поверхности дерева, то такие брусья называются острокантными; если же между кантами остаются обливны, то брусья носят название тупокантных. Наиболее употребительные сортименты брусового леса приведены в табл. 2. При распиловке бревен вдоль пополам (по диаметру) получаются пластины. Бревна, распиленные вдоль по двум взаимно перпендикулярным диаметрам на четыре части, носят название четвертин; они употребляются для выделки оконных и дверных рам. При продольной распиловке Д. л. получаются доски, к-рые по своему наружному виду делятся на: а) необрезные—имеющие неошпленные боковые кромки; б) чистообрезные—у к-рых противоположные грани взаимно параллельны и которые

имеют одинаковые прямоугольные сечения по всей длине; в) по л о у о б р е з н ы е—у которых с одного конца кромки обрезаны по-лучисто, т. е. два угла притуплены оставшимся обзолом, другой же конец обрезан чисто; г) по л у ч и с т ы е—у к-рых с одного конца доски кромки не обрезаны, а с другого конца обрезаны с оставлением обзола (отлива); д) о б з о л ь н ы е—у которых с одного конца одна широкая сторона имеет полный отлив и необрезанные боковые кромки, а с другого конца обе широкие стороны имеют чистый пропил и полуобрезанные кромки; е) г о р б ы л и, или обалопы,—выпиливаемые из бревна крайние доски, у которых одна широкая сторона имеет чистый отлив (горбыль может иметь длину меньшую, чем бревно, тогда один конец его сходит на-нет). Доски различают с е р е д и н ы е, выпиленные из середины бревна и имеющие сердцевину, и р я д о в ы е, выпиленные между срединной доской и обзольной и горбылем. Первые считаются низкого качества.

Для потребностей внутреннего рынка приготавливаются доски различной толщины, ширины и длины, имеющие в различных местах свои особые названия.

По толщине различаются следующие сорта досок: шелевка, или палуба,—10—13 мм, полуте—13 мм, тес (чистые доски)—25 мм, мензурок—30—40 мм, кровельные—40 мм, двухдюймовые—50 мм, половые—65 мм, ларевые, или мадрильные,—70—100 мм, лафетник (получистые сосновые или еловые доски)—90—130 мм.

По ширине различают: сортовки—28 см, девятки (9 дм.)—23 см, батанцы—17,5 см. Обычная длина досок 6,5 м, но употребляются и другие размеры—от 4 до 9 м.

Доски для внутреннего рынка по своему качеству разделяются на следующие сорта. Столяры—самого лучшего качества, из здоровой древесины, без всякого порока, трещин и сучьев. 1-й сорт—из здоровой древесины, без гнили и иных повреждений, без всякого рода трещин и почти без сучьев на лицевой стороне и с небольшими здоровыми сучьями на оборотной стороне. 2-й сорт—из здоровой древесины, но с допущением некр-рых пороков.

Бессортные—отвечающие по своим качествам средним техническим условиям и первого и второго сортов.

Брак—с трещинами, табачными сучьями и гнилью.

Экспортные сортименты досок хвойных пород приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Сортимент экспортных досок хвойных пород.

Наименование	Обработка	Толщина в мм	Ширина в мм	Длина в м
Дильсы (планки)	Чистообрезные	75—100	125—275	От 3
Багтенсы . . . . .	»	50—62	125—250	От 3
Бордсы . . . . .	»	12—38	100—275	От 3
Дилены . . . . .	»	различн.	различн.	1,5—2,8
Кубич. дрва (Fire Wood)	—	»	»	0,6—1,8
Рейки . . . . .	Квадратные	25—38	25—38	1—6,6
Багеты . . . . .	Прямоугольн.	12—20	50—100	3—3,3
Кленка (боченная)	»	12—20	50—130	0,43—0,61

При продольной распиловке досок получаются бруски (решетинны), имеющие нормально размеры 50×50 до 70×70 мм в поперечном сечении и в длину 6,5 м; они употребляются для обрешечения крыши.

Очень тонкие доски дорогих пород дерева носят название фанеры.

Так как 1 фт.<sup>3</sup>, принятый в странах, куда экспортируется русский лес, представляет весьма мелкую единицу, то обыкновенно для измерения экспортного пиленого леса употребляются более крупные единицы (табл. 4).

Табл. 4.—Меры (стандарты) экспортного леса.

Название меры (стандарта)	Основная единица	Число основных еднн. в станд.	м <sup>3</sup>	Бордфут	Отношение к Петербургск. стандарту
Петербургск. стандарт.	борде 12' × 11' × 1 1/2''	120	4,692	1980	1
Христианнй-ский станд.	борде 11' × 9' × 1 1/4''	123	2,920	1237,5	0,625
Лондонский (Дублинск.) стандарт.	дильс 12' × 9' × 3''	120	7,640	3 240	1,637
Драмений стандарт.	—	—	3,450	1462,5	0,738
Выборгский стандарт.	—	—	5,097	2 160	1,091
Квебекский стандарт.	дильс 10' × 11' × 3''	100	6,490	2 750	1,388
Американск. бордфут.	1' × 1' × 1'	1	0,00237		0,0005

3. Колотый лес. Главными сортимен-тами колотого леса являются бочарный лес и щепной товар. Бочарный лес, или клепка, идет для производства бочек и изготовляется из разных древесных пород, смотря по назначению бочек. Размеры и названия клепок, употребляемых у нас, весьма разнообразны. Сюда относятся клепка боковая (боквина), трость, спиртовая, кадочник и т. д. При вывозе за границу различают два главных типа клепки: мемельскую и французскую. Кроме того, имеются еще типы клепок данцигская и волынская, родственные по своим размерам мемельской. Мемельская клепка измеряется в дюймах. В зависимости от длины различают следующие 7 сортов: пина, брант, оксгофт, тоннен-оксгофт-боден, тоннен-боден и анкер-боден. Кроме того, мемельская клепка по способу доставки, сплавом или сухим путем, разделяется соответственно на черную и белую. Французская клепка имеет весьма разнообразные размеры: по длине 42 ÷ 62 см с постепенным увеличением на 9 см, по ширине 6,5 ÷ 28 см и по толщине 1,6 ÷ 4,4 см. При продаже все сорта клепки перечисляются (редуцируются) на основной размер пилы. Учет клепки ведется на 1 000 штук и копой, имеющей 60 штук клепчин основного размера.

Щепной товар—тонкие дощечки, получаемые раскалыванием небольших отрубков леса по длине волокон, а также тонкие дощечки и стружки, получаемые продольным строганием дерева. Сюда относятся: *зонт* (см.); *дрань* (см.); *шплицгольц*, или *лучиник*,—сосновые плашки с выколотой сердцевинной, длиной 120 ÷ 240 см и толщиной до 180 мм, идущие за границу для изготовления драни; строганные {сосновые

ленты, употребляемые для плетения мат, корзин, штор, шляп, решет и т. п., и, наконец, древесная стружка разных пород, длиной 30 ÷ 50 см, шириной 1 ÷ 5 см и толщиной 0,07 ÷ 0,5 мм, идущая для упаковки крупных предметов, для набивки мебели и матрацев, на подстилку скоту и т. п.

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, 2 изд., СПб., 1895—99; Селибер В. И., Справочник по лесной промышленности и лесному хозяйству, 7 изд., Л., 1928. Е. Кротов.

**ДЕЛЬТА**, разветвление реки у ее устья на ряд рукавов, имеющее треугольную форму (греч. буквы «дельта» Δ). Переносимые рекою наносы осаждаются вследствие резкого уменьшения скорости течения в устье реки. Вследствие этого дно реки поднимается, ее уклоны уменьшаются, и течение легко меняет свое направление: часть реки боковыми прорывами находит более близкий путь к морю, и в результате река распадается на ряд рукавов. При крупных наносах Д. имеет вид выносного конуса, при песчаных же и илистых—вид пологой равнины. Форма поверхности дельты рек, впадающих в море, зависит еще от морских приливов и отливов, а также от характера ветров и прибоа. Обручно почва Д. плодородна, а горизонт грунтовых вод близок к земной поверхности. А. Эссен.

**ДЕЛЬТА-ЛУЧИ**, δ-лучи, вторичная корпускулярная радиация, сопровождающая излучение α-(также иногда β-) лучей в радиоактивных веществах. Д.-л. являются потоком относительно медленных электронов и по существу аналогичны β-лучам, отличаясь от последних только малой скоростью. Вследствие медленности электронов в Д.-л. они не вызывают заметной ионизации воздуха и люминисценции. Дельта-лучи возникают при столкновении α- и β-лучей с материей, а потому—вторичны или даже третичны (быстрые вторичные β-лучи, вызываемые ударами α-частиц, могут возбуждать третичные Д.-л.).

Лит.: Rutherford E., Radioactive Substances and Their Radiations, Cambridge, 1913.

**ДЕЛЯНКА**, часть лесосеки, ежегодно вырубаемая в лесной даче и пускаемая в продажу. Лесосека является учетной единицей отпуска леса по площади. Размеры деланки определяются степенью интенсивности лесного хозяйства, корневую стоимость леса и спросом на него, особенно со стороны местного населения и кустарной промышленности. В высокоинтенсивном лесном хозяйстве, при большой корневой стоимости леса, при высоком спросе, а также в малолесных районах, размеры Д. должны быть малы (не более 1 га); при резко выраженных условиях малолесности, а вместе с тем и ценности отпускаемого леса, отпускной единицей будет уже не часть лесной площади, а отдельное дерево, и самый отпуск леса будет обозначаться как подеревный. В условиях лесного хозяйства, противоположных указанным, отпадает нужда в дроблении лесосек на мелкие отпускные деланки, особенно при слабом спросе на лес местного населения и при удовлетворении лесными дачами нужд государственной промышленности.

Лит.: Орлов М., Лесоустройство, т. 1, Л., 1927.

**ДЕМИКОТОН**, хлопчатобумажная ткань гладкого атласного переплетения. Чаще всего он вырабатывается в виде пятиремизного уточного атласа, реже восьмиремизного, который б. ч. известен под названием сатина (см. фиг.). Пятиремизное атласное переплетение, имея меньшие петли нитей, обладает большей прочностью, но зато его лицевая сторона менее шелковиста, блестяща и гладка. Д. является очень распространенной тканью и употребляется главным образом или как плательный или, благодаря шелковистости и гладкости, как подкладочный товар. В зависимости от назначения отделка его бывает различна: мягкая, жесткая, гладкое окрашивание, печатание, почти всегда — мерсеризация. Технич. расчет стандарта № 71 Д. таков: ширина готового товара 61 см, сурового 71 см, основа № 32, уток № 38, плотность по основе 62, плотность по утку 112. См. *Ткани*. Н. Новиков.

**ДЕМПФЕР**, приспособление для успокоения механич. колебаний. Действие Д. связано с поглощением части энергии колеблющейся системы, в результате чего колебания постепенно затухают. На фиг. 1 — пример колеблющейся системы: к неподвижной точке  $O$  подвешен на пружине  $P$  груз  $Q$ . В состоянии покоя сила упругости пружины уравновешивает груз  $Q$ , и последний занимает положение, определяемое расстоянием  $x_0$ . Если сместить груз в положение  $x_1$  и предоставить самому себе, то груз начнет совершать колебания около положения равновесия  $x_0$ . При отсутствии вредных сопротивлений колебания будут продолжаться неограничен. время при постоянной амплитуде, равной  $x_1 - x_0$ . Если массу груза обозначить через  $m$ , а коэффициент упругости пружины через  $c$  ( $c$  представляет собой силу, необходимую для растяжения пружины на единицу длины), то ур-ие движения можно написать в следующей форме:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + cx = 0. \quad (1)$$

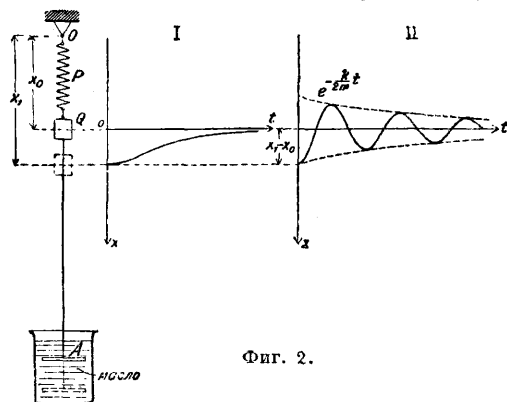
Интеграл этого ур-ия

$$x = (x_1 - x_0) \cos \omega t,$$

где  $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ . Запас энергии в рассматриваемом случае постоянен и равен работе, затраченной при растяжении пружины на  $(x_1 - x_0)$ , т. е.  $\frac{1}{2} c (x_1 - x_0)^2$ .

В действительности, однако, запас энергии не остается постоянным. Растяжение и сжатие пружины вызывает нагревание последней. Выделяющееся тепло рассеивается в окружающей среде, и соответствующее количество энергии вычитается из первоначального запаса. Перемещение груза вверх и вниз вызывает также сопротивление окружающей среды (окружающий воздух) и, следовательно, происходит поглощение энергии. По истечении нек-рого времени запас энергии иссякает, колебания прекратятся и груз займет исходное положение  $x_0$ .

Указанное поглощение энергии можно сделать более интенсивным при помощи Д. Если прикрепить к грузу  $Q$  диск  $A$  (фиг. 2) и погрузить его в сосуд, наполненный какой-нибудь вязкой жидкостью (напр., маслом), то



Фиг. 2.

при движении диска возникнут силы сопротивления  $f$ , направленные в сторону, противоположную движению. В первом приближении можно считать, что эти силы пропорциональны скорости  $v$  движения диска  $A$ , т. е.

$$f = k \cdot v = k \frac{dx}{dt},$$

где  $k$  — фактор пропорциональности, так называемый коэффициент затухания. Уравнение движения груза  $Q$ , снабженного Д., можно написать в форме:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} + cx = 0. \quad (2)$$

Интеграл ур-ия (2) равен:

$$x = a_1 e^{\alpha_1 t} + b_1 e^{\alpha_2 t} + x_0, \quad (3)$$

где  $a_1$  и  $b_1$  — постоянные, зависящие от начальных условий движения, а  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — корни квадратного ур-ия  $ma^2 + ka + c = 0$ ;

$$\alpha_1 = -\frac{k}{2m} + \gamma,$$

$$\alpha_2 = -\frac{k}{2m} - \gamma,$$

$$\text{где } \gamma = \sqrt{\frac{k^2}{4m^2} - \frac{c}{m}}.$$

Общее решение ур-ия (2) будет иметь вид:

$$x = a_1 e^{-\frac{k}{2m} t} \cdot e^{\gamma t} + b_1 e^{-\frac{k}{2m} t} \cdot e^{-\gamma t}. \quad (4)$$

Здесь следует различать два случая: 1)  $\gamma$  — действительное число, 2)  $\gamma$  — мнимое число. В первом случае, как легко видеть из ур-ия (4), колебания невозможны, т. к. при этом  $x$  не является периодической ф-ией времени. Процесс возвращения груза  $Q$  в исходное положение протекает в этом случае аperiodически. Таким образом, условие аperiodичности требует, чтобы  $k \geq 2\sqrt{c \cdot m}$ . Зависимость отклонения  $x$  в функции времени представлена кривой I на фиг. 2.

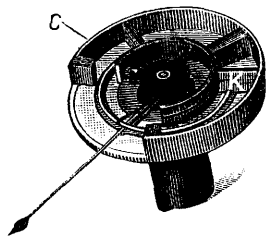
Если  $\gamma$  — число мнимое, т. е.  $\gamma = i\gamma_1$ , а  $\gamma_1 = \sqrt{\frac{c}{m} - \frac{k^2}{4m^2}}$ , то решение ур-ия (2) представится в форме:

$$x = (x_1 - x_0) e^{-\frac{k}{2m} t} \cdot \cos \gamma_1 t. \quad (5)$$

Груз совершает в этом случае колебания, амплитуда к-рых убывает с течением времени

по закону кривой II на фиг. 2. Рассмотренный пример демпфера, где сила сопротивления изменяется пропорционально скорости, является простейшим. Возможна и другая, более сложная, зависимость между силой сопротивления и скоростью.

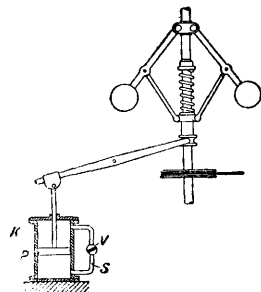
Д. весьма широко применяется в технике. Наибольшее распространение он получил в электрических измерительных приборах. При отсчетах по приборам весьма важно, чтобы стрелка быстро устанавливалась в положение, соответствующее измеряемому значению. Для успокоения колебаний приборов применяются гл. обр. воздушные и электро-



Фиг. 3.

магнитные Д. Одна из конструкций воздушного Д. представлена на фиг. 3. С подвижной системой прибора, вращающейся в опорах, жестко связан поршень К, к-рый может перемещаться в изогнутом по кругу цилиндре С. Между стенками цилиндра и поршнем К имеется зазор, благодаря к-рому поршень при своем движении не задевает стенок цилиндра. При вращении подвижной системы воздух, находящийся в цилиндре, вытесняется поршнем и, возникающие при этом силы сопротивления вызывают затухание колебаний. При соответствующем выборе Д. можно получить аperiodическое отклонение.

Другим весьма распространенным видом является электромагнитный Д., действие которого основано на явлении электромагнитной индукции. Устройство такого Д. показано на фиг. 5, ст. 450, т. IV ТЭ. На оси прибора вместе с подвижной системой укреплен легкий металлическ. (обычно алюминиевый) диск, расположенный между полюсами постоянного магнита. При вращении диска в нем возникают вихревые токи, которые, взаимодействуя с магнитным полем, создают тормозящий вращающий момент; последний почти пропорционален скорости вращения диска.



Фиг. 4.

К—масляный демпфер, представляющий собою наполненный маслом цилиндр, в котором перемещается поршень Р. Пространства, находящиеся по обеим сторонам поршня, сообщаются каналом S. При перемещении поршня масло перегоняется через канал из одной части цилиндра в другую. При этом возникает сила сопротивления, зависящая от скорости поршня, вязкости масла и от размеров канала. Сечение канала можно ре-

гулировать при помощи клапана V и тем самым изменять силу сопротивления.

Широкое применение получил Д. в синхронных машинах для ограничения колебаний при параллельной работе нескольких машин. См. *Генератор переменного тока*.

Лит.: Geiger J., *Mechan. Schwingungen u. ihre Messung*, В., 1927; Keina G., *Die Technik elektrischer Messgeräte*, Мch.—В., В. 1, 1928; Hort W., *Technische Schwingungslehre*, В., 1922. И. Брук.

**ДЕМУЛЬТИПЛИКАТОРЫ**, механизмы дополнительных передач, устанавливаемые на автомобилях с целью увеличения или уменьшения передаточн. отношений между двигателем и ведущими колесами. Так как сила тяги автомобиля, отнесенная к окружности его ведущих колес:

$$P = 716,2 \frac{\eta N m}{n R} \text{ кг,}$$

где  $N$ —мощность мотора автомобиля в HP при  $n$  об/мин.,  $\eta$ —кпд всей передачи между маховиком мотора и ведущими колесами,  $R$ —радиус последних в м,  $m$ —полное передаточное отношение в трансмиссии автомобиля, а скорость его движения  $v = 0,382 R \frac{n}{m}$  (в км/ч), то, при наличии в трансмиссии автомобиля Д.,  $m = m_r \cdot m_z \cdot m_d$ , где  $m_r$ —передача в заднем мосту,  $m_z$ —в основной коробке передач и  $m_d$ —в демультипликаторе, получаем, следовательно, возможность повышения тягового усилия за счет понижения скорости движения:

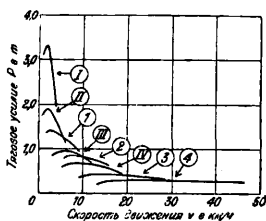
$$P = 716,2 \frac{\eta N m_r m_z m_d}{n R} \text{ и } v = 0,382 R \frac{n}{m_r m_z m_d}.$$

Обычно применяемые Д. имеют две передачи:  $m_{dI} = 1$  и  $m_{dII} > 1$ , при чем первая допускает пользование всеми передачами основной коробки без изменения, а вторая—соответственно повышенными, в результате чего получается широкая возможность изменения  $P$  и  $v$  в зависимости от условий работы автомобиля и сопротивлений движения его. Как пример на фиг. 1 приводятся тяговые усилия  $P$  и скорости движения  $v$ , развиваемые грузовым трехосным автомобилем (модель А 3, Торникрофт, Англия),

I	— на 1-й передаче со включенным Д.	( $m_r m_{zI} m_{dII}$ )
II	— 2-й » со » Д.	( $m_r m_{zII} m_{dII}$ )
1	— 1-й » с выключенным Д.	( $m_r m_{zI} m_{dI}$ )
III	— 3-й » со включенным Д.	( $m_r m_{zIII} m_{dII}$ )
2	— 2-й » с выключенным Д.	( $m_r m_{zII} m_{dI}$ )
IV	— 4-й » со включенным Д.	( $m_r m_{zIV} m_{dII}$ )
3	— 3-й » с выключенным Д.	( $m_r m_{zIII} m_{dI}$ )
4	— 4-й » » Д.	( $m_r m_{zIV} m_{dI}$ )

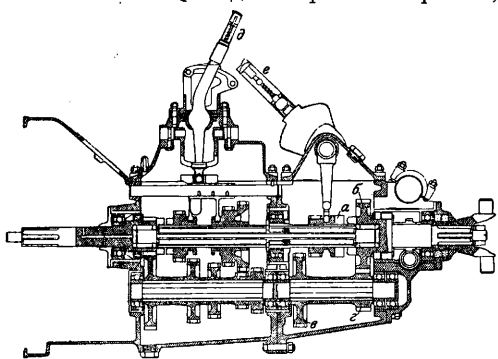
имеющим четырехскоростную коробку передач и Д., со следующими передаточными отношениями:  $m_{zI} = 5,28$ ;  $m_{zII} = 2,62$ ;  $m_{zIII} = 1,58$ ;  $m_{zIV} = 1$ ;  $m_{dI} = 1$ ;  $m_{dII} = 2,3$ , откуда  $m_{zI} \cdot m_{dII} = 12,14$ ;  $m_{zII} \cdot m_{dII} = 6,03$  и т. д. При включении повышенной передачи Д. современных конструкций кпд  $\eta$  падает не более, как на 4—5%. Применение Д. с несколькими передачами значительно повышает общую экономичность автомобиля, т. к. а) увеличение числа передач (до восьми при Д. с двумя передачами и нормальной четырехскоростной основной коробке передач, как в рассмотренном выше примере) позволяет сохранять наиболее экономичный режим мотора при разнообразных условиях дороги и на-

грузки, б) повышение передаточных отношений помощью Д. обеспечивает высокие тяговые усилия, не снижая максимальных возможных скоростей на прямой передаче. В силу этого Д. находят широкое применение в автомобилях, от которых требуется возможность получения как высоких тяговых усилий при движении с полным грузом (напр., в тяжелых грузовиках, тягачах) или по бездорожью и дорогам с большим коэффициентом



Фиг. 1. Сила тяги и скорости движения, развиваемые трехос. 3-тонн. грузовым автомобилем Торникрофт с демультипликатором.

сопротивления движению (напр., в трехосных, гусеничных и других автомобилях повышенной проходимости), так и пробега с наибольш. экономичностью и скоростью без груза (для первых из указанных выше машин) или по хорошим дорогам (для вторых). По конструкции существующие Д. разделяются на: а) системы с передвижными (скользящими) шестернями и б) планетарные; Д. располагаются: а) в основной коробке передач или непосредственно возле нее, б) в заднем мосту и в) между коробкой передач и задним мостом (в отдельном картере), соединяясь с ними карданными валами. Пример конструкции Д. со скользящими шестернями приведен на фиг. 2 (трехосного двухтонного автомобиля Моррис, Англия). Д. построен по тому же принципу, что и нормальная коробка передач со скользящими шестернями, одноходовая, двухскоростная, с прямой передачей ( $m_{д1} = 1$  при движении каретки *a* вправо до сцепления ее кулачков с кулачками шестерни б) и повышенной ( $m_{д1} > 1$  при движении каретки *a* влево до сцепления ее шестерни с шестерней в, при чем передача осуществляется через две пары шестерен *a, в*

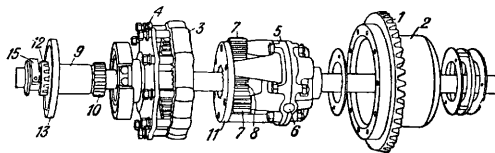


Фиг. 2.

и г, б). Переключение шестерен основной коробки передач осуществляется при помощи рычага *d*, дополнительной — при помощи рычага *e*. Дополнительная передача может быть также осуществлена введением в основную коробку передач второй пары шестерен постоянного зацепления.

На фиг. 3 изображен планетарный Д. По принципу действия прибор аналогичен

планетарной коробке скоростей Форда (см. *Автомобиль*). Коронная шестерня 1 дифференциала крепится к коробке 2; к последней болтами привертываются шестерня 3 с внутренними зубьями и крышка коробки 4. Внутри коробки 2 помещается корпус дифференциала 5 с обычной крестовиной 6 и конич. сателлитами. С корпусом 5 жестко соединены три цапфы, на которых свободно посажены шестерни 7, находящиеся в зацеплении как с шестерней 3, так и с шестерней 8. Внутри втулки шестерни 8 имеются канавки. При помощи механизма переключения 15, шестерня 8 м. б. соединена с фланцем 11 дифференциала; в этом случае паразитные на конце детали 9 зубья 10 входят в соответствующие канавки фланца 11 и шестерни 8. При этом угловая скорость вращения шестерни 8 будет равна



Фиг. 3.

угловой скорости вращения шестерни 3, — и шестерни 7, не имея вращения вокруг своих осей, будут вращаться как одно целое с коробкой сателлитов 5 и коронной шестерней 1, так что передаточное число в заднем мосту автомобиля остается без изменения. При дальнейшем продвижении детали 9, зубья 10 выйдут из канавок фланца 11, войдя по всей своей длине в канавки втулки шестерни 8; в то же время имеющиеся на другом конце детали 9 зубья 12 войдут в прорези диска 13 и соединят этот последний с шестерней 8. Т. к. диск 13 прикреплен к кожуху заднего моста, то шестерня 8 остается неподвижной, и, при вращении коронной шестерни 1, шестерня 3, вращая шестерни 7 вокруг их осей, заставляет эти шестерни перекачиваться по неподвижн. шестерне 8; в виду этого угловая скорость вращения коробки сателлитов, связанной с цапфами шестерен 7, будет меньше угловой скорости вращения коронной шестерни 1; следовательно, скорость движения автомобиля уменьшится, а окружное усилие на ведущих колесах увеличится.

Лит.: «Heerestechnik», Berlin, 1928; «Der Motorwagen», В., 1927, 1928; «Engineering», L., 1927; World Motor Transport Congress, L., 1927. Н. Бруснянец.

**ДЕНАТУРАЦИЯ.** 1) Д. спирта — приведение спирта в состояние, в котором он непригоден к употреблению в качестве напитка. Денатурация осуществляется прибавлением к спирту веществ (денатурантов), различных в зависимости от назначения денатурированного спирта; единого способа Д. не существует. Общей — называется Д. для целей освещения и нагревания, специальной или частной — для иных технических целей. Денатуранты должны удовлетворять следующим условиям: не вредить назначению спирта (т. е. не вступать в химич. реакцию со спиртом, не вводить минеральных, смолистых, кислых или сильно щелочных веществ, не понижать сильно  $t^\circ$  вспышки



спирта; при горении не выделять вредных газов, не осмоляться со временем), быть дешевыми и доступными, трудно отделяться от спирта (затруднительность ренатурации) и не быть сильно ядовитыми. Кроме денатурантов, вводятся индикаторы и краски. Общеприятый индикатор—метиловый алкоголь, чрезвычайно трудно отделяемый от этилового спирта и легко обнаруживаемый рядом чувствительных реакций в ничтожных количествах в ренатурированном спирте. В качестве краски при Д.—б. ч. применяется кристалл-виолет. Главнейшие денатуранты: кетоновые масла (брожения, окисления сивушных масел, отбросы ацетонового производства), пиридиновые основания, древесный спирт (если он содержит: высшие кетоны, неопредельные соединения, пригорелые вещества; содержащийся в нем ацетон—плохой денатурант и индикатор), животное масло, керосин, скипидар и разные другие углеводороды (особенно для частной Д.). При общей Д. прибавляется смесь 2—4 денатурантов (в том числе обязательно древесный спирт с целью ввести (H<sub>2</sub>OH) в количестве до 2—3% по объему. Ренатурация в лабораторных условиях всегда возможна (за исключением удаления следов метилового спирта), в общепитии же (путем фильтрации через хлеб, печеный лук и проч.) ренатурация весьма несовершенна.

2) Д. (денатурирование или денатурализация) белков—их необратимое свертывание, т. е. выпадение из раствора при нагревании выше известной  $t^{\circ}$  (б. ч. 55—60°) или под влиянием других причин. См. *Белковые вещества, Коллоиды*.

Лит.: Дорошевский А. Г., Применение спирта для технических целей и денатурация, Петроград, 1915. А. Раковский.

**ДЕНДРИТНОЕ СТРОЕНИЕ** (стали и других сплавов), строение, при котором наблюдается расположение кристаллов металла в виде елочных веточек (дендритов). Дендриты рассматриваются то как недоразвившиеся крупные кристаллы, то как друзы мелких кристалликов. Эти кристаллы ясно видимы невооруженным глазом в усадочных раковинах медленно остывших слитков чистых металлов, или на их наружных поверхностях, а в сплавах—и на их полированных и протравленных поверхностях сечения. Это различие объясняется тем, что дендриты в чистых металлах совершенно однородны и поэтому не обнаруживаются травлением; в сплавах же, вследствие особого характера застывания их, сопровождающегося сегрегацией, дендриты неоднородны, при чем оси дендритов состоят из более тугоплавких составных частей, а междусосные пространства—из более легкоплавких. В стали эта неоднородность вызывается присутствующими в ней примесями, главн. обр. углеродом и фосфором, к-рые вследствие сегрегации накапливаются в междусосных пространствах. Д. с. отчетливо наблюдается во всякой литой стали (см. вкладн. лист), при чем величина дендритов, их расположение и резкость их очертаний зависит от условий отливки и охлаждения стали и от содержания в ней примесей. Д. с. мало изменяется термич. обработкой—закалкой и отжигом, вследствие край-

ней медленности происходящих при высоких  $t^{\circ}$  диффузии примесей и выравнивания химического состава дендритов. Механическая же обработка—ковка, прокатка и штамповка—сильно деформирует металл, при чем строение его переходит в неясно-дендритное или спутанно-волоконистое. К такому строению и стремятся при изготовлении ответственных стальных изделий, т. к. оно отвечает более высоким механич. качествам, чем ясно выраженное Д. с.

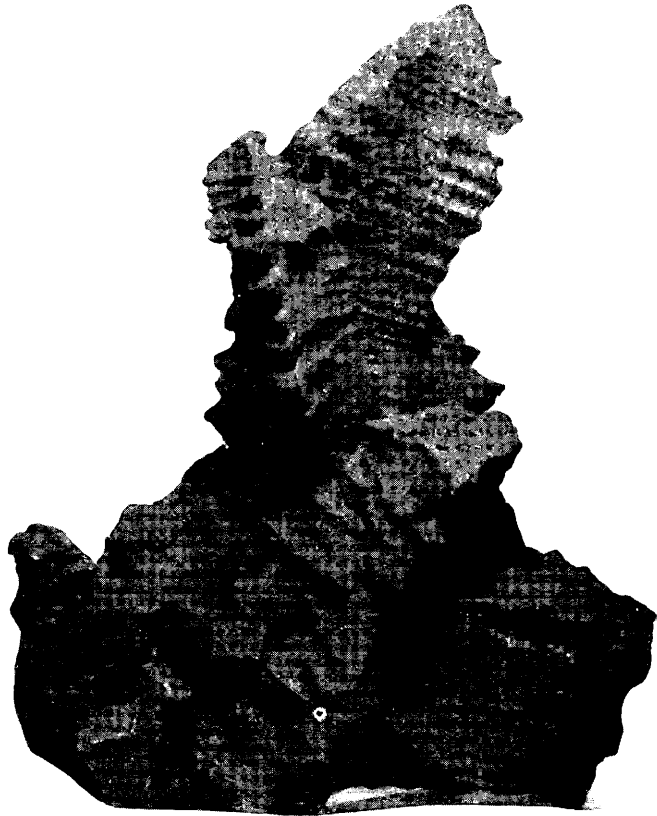
**ДЕНДРИТЫ**, сростки кристаллов, принимающие древовидные, ветвистые, мохоподобные формы. Д. образуются б. ч. на плоскостях напластования и отдельных различ. горных пород путем отложения растворенных в подземных водах веществ, главн. обр. окиси железа и двуокиси марганца. Самородные медь и серебро часто встречаются в виде подобных образований. Снежные узоры на оконных стеклах зимой дают ясное представление о строении Д.

Лит.: Мухометов И. В., Физич. геология, т. 2, М.—Л., 1926; Ог Э., Геология, т. 1, М., 1924.

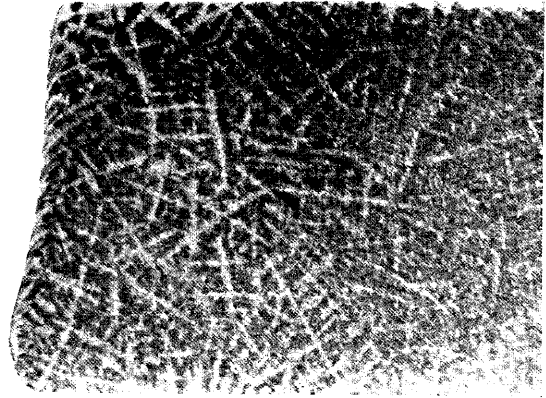
**ДЕНДРОЛОГИЯ**, наука, составляющая часть ботаники и обособившаяся в самостоятельную отрасль знания, занимающуюся изучением систематики, морфологии, биологии и географического распространения древесных и кустарниковых пород, с характеристической их экологич., фитосоциологич. и технич. свойств. Эта дисциплина является основой для всех технических специальностей, к-рые имеют в качестве объекта своего воздействия дерево или получаемые из него продукты, как, напр., лесоводство, садоводство, механич. и химич. технология дерева и т. п.

Лит.: Р е г е л ь Э., Русская дендрология, вып. 4, СПб, 1870—74; Медведев Я., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1919; А р н о л ь д Ф. К., Русский лес, 2 изд., т. 2, ч. 1, СПб, 1898; П е н ь к о в с к и й В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастающие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 1—5, Херсон, 1901; В о л ь ф Э. Л., Декоративные кустарники и деревья для садов и парков, их выбор и культура в разных полосах России, П., 1915; В о л ь ф Э. Л., Хвойные деревья и кустарники европ. и азиат. частей СССР, Л., 1925; Б ю с с е н М., Строение и жизнь наших лесных деревьев, СПб, 1903; С у н а ч е в В. Н., Лесные породы, систематика, география и фитосоциология их, ч. 1—Хвойные, вып. 1, М., 1928; Я ш н о в Л. И., Курс биологии лесных деревьев с кратким описанием. Лесная дендрология, Казань, 1928; К е п л е н Ф., Географическое распространение хвойных деревьев в Европ. России и на Кавказе, СПб, 1883; В а р м и н г Е., Ойкология, география растений, М., 1901; Г р е б н е р П., География растений, М., 1914; Б у ш Н. А., Ботанико-географич. очерк России, сборн. «Естество. производ. силы СССР», т. 5, отд. 1, вып. 1, 1а, П., 1923; К о м а р о в В. Л., Краткий очерк растительности Сибири, Л., 1924; С у н а ч е в В. Н., Растит. сообщества. Введение в фитосоциологию, 4 изд., Л., 1928; е г о ж е, Краткое руководство к исследованию типов лесов, М., 1927; S a r g e n t C. S., The Silva of North America. A Description of the Trees which Grow Naturally in North America, Exclusive of Mexico, v. 1—14, Boston—New York, 1891—1902; M a t h i e u A., Flore forestière de France, P., 1860; L o n d o n J., Arboretum et fruticetum britannicum, L., 1844; H a r t i g Th., Vollständige Naturgeschichte d. forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands, B., 1840—1851; W i l l k o m m M., Forstliche Flora v. Deutschland u. Österreich, Lpz., 1875; D i p p e l, Handbuch d. Laubholzkunde, B., 1889; B e i s s n e r L., Handbuch der Nadelholzkunde, 2 Aufl., B., 1909; К о ч К., Dendrologie, Bäume, Sträucher u. Halbsträucher, welche in Mittel- u. Nord-Europa im Freien kultiviert werden, Erlangen, 1869—1873; К и р с х н е р О., L o e w E., S c h r ö t e r C., Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas, Stg., 1908.

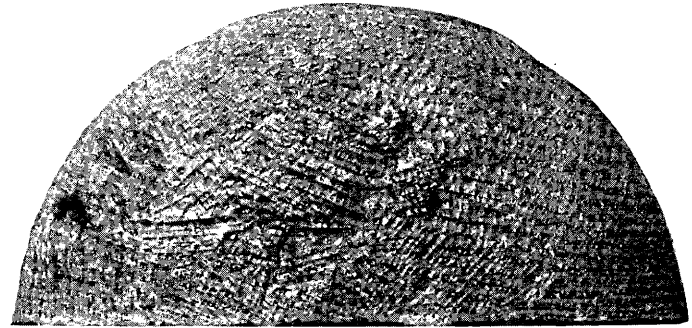
**ДЕНДРОМЕТР**, прибор для определения диаметра ствола дерева на корню на раз-



Дендриты из усадочной раковины стального слитка.



Дендритное строение в рельсовой стали.



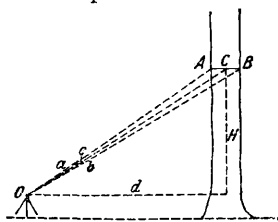
Дендритное строение на поверхности стального слитка.

личных высотах. Если надо измерить толщину (см. фигуру) на определенной высоте ствола  $H$ , то, визируя из точки  $O$  на края ствола  $A$  и  $B$  и определив расстояние от ствола  $d$  и величину  $ab$  на приборе, можно легко определить величину  $AB$ , т. е. толщину ствола на любой высоте. В том случае, если  $ab$  на приборе будет параллельно  $AB = x$ , получаем, что

$$AB = x = \frac{OC \cdot ab}{Oc}.$$

В этой ф-ле  $ab$  получается непосредственным измерением, путем раздвижения диоптров или же особых нитей в зрительной трубе; расстояние  $OC$  равняется  $\sqrt{H^2 + d^2}$ ; наконец, величина  $Oc$  является постоянной прибора.

Обычно Д. представляют собою соединенные высотомера и собственно визирного аппарата для определения толщины. В Д. сист. Винклера и Санлявля в качестве визирного



аппарата служат диоптры, в Д. сист. Вимменауера—зрительная труба с нитевым окулярным микрометром (см. *Микрометр*). Наконец, в Д. сист. Водера—Фрамля диаметры стоящих древесных стволов определяются при помощи отражения наблюдаемого диам. в двух зеркалах, из к-рых одно неподвижно, а другое передвигается по мерной линейке. Расстояние, на к-рое приходится передвинуть подвижное зеркало, чтобы получить совмещенные наблюдаемого через трубку диаметра с его изображением в зеркале, определяет искомый диаметр, если известно расстояние до дерева.

Точность измерения диаметра на различных высотах помощью Д.  $\approx 0,5$  см. Употребление этих приборов ограничено применением их при опытных исследованиях. В последнее время сделана попытка определения высот на различных частях ствола при помощи фотографии.

Лит.: Турский Г. М., Лесная таксация, стр. 36—43. М., 1927; Орло в М. М., Лесная таксация, стр. 122—126, Л., 1925; Müller U., Lehrbuch d. Holzmesskunde, Lpz., 1899. Н. Нобранов.

**ДЕНСИМЕТРИЯ**, измерение плотности. Денсиметр-ареометр, прибор для измерения плотности жидкостей тяжелее воды. См. *Ареометрия*, а также *Спр. ТЭ*, т. I.

**ДЕНТАЛИТ**, зубная резина, высокоортная невулканизованная цветная резиновая паста (красная, розовая или белая) для изготовления протезов челюстей и нёба. По своему составу Д. близок к эбониту. Денталит после вулканизации в автоклаве (по специальным указаниям в отношении температуры и продолжительности от состава пасты) дает твердую мало эластичную массу, не обладающую, однако, хрупкостью других композиций. Изготавливается Д. в пластинках размерами  $14 \times 6$  см, толщиной 1,2—1,5 см.

Л. Горбунов.

**ДЕНЬЕ**. Старинная французская мера веса, равная  $\frac{1}{375}$  французск. фн. (489,5 г) или 24 грамам. В дальнейшем, в шелковом производстве, при определении титра шелка  $\frac{1}{24}$  Д., т. е. 0,0531 г, стали принимать за

единицу, которая также получила название денье. В настоящее время для упрощения в шелковом деле 1 денье принят равным 0,05 г. Д. употребляется также и в переносном смысле, обозначая титр шелка, например, «шелк такого-то Д.», вместо «шелк такого-то титра» (см. *Шелк*).

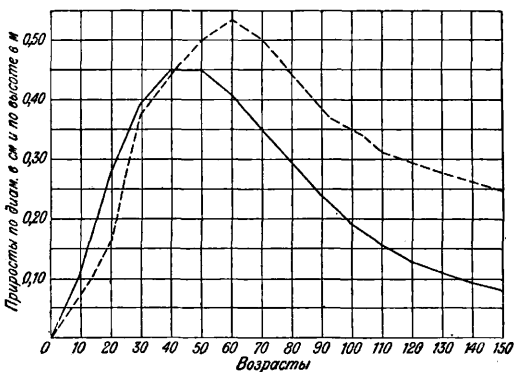
**ДЕРЕВО**, многолетнее растение, которое характеризуется мощным развитием осевой части (древесного ствола) и сосредоточием осей второго и высших порядков (ветвей) в верхней части ствола.

**Строение Д.** Совокупность ветвей, расположенных на древесном стволе, носит название кроны Д. Крона может иметь разнообразную форму, от яйцевидно-эллиптической, округлой до обратно-яйцевидной, на вершине притупленной. С возрастом, по мере ослабления роста Д. по высоте, крона начинает приобретать более притупленный и зонтикообразный вид, так что по внешним очертаниям кроны у одной и той же породы возможно иногда судить о возрасте дерева. Развитие кроны дерева а вместе с тем и самого ствола, в значительной степени зависит от того, находится ли дерево на открытом, со всех сторон освещенном месте или растет в насаждении, т. е. в соседстве с другими затеняющими его деревьями. В первом случае у него развивается широкая и очень низкосущен. крона, короткий ствол приобретает форму конуса и весьма слабо очищается от сучьев. При росте в насаждении крона дерева поднимается высоко на стволе, занимая лишь небольшую верхнюю его часть, нижние сучья отмирают, и ствол очищается от них на большую высоту, а благодаря сосредоточию кроны в верхней части ствола здесь происходит и концентрация прироста, и сам ствол приобретает форму, близкую к цилиндру, становясь, как говорят, полнодревесным. В силу того, что верхние ветви кроны затеняют нижние и поглощают своими листьями световую энергию, наступает такой момент, когда на нижних ветвях почки уже не развиваются в побеги и листья, ветви отваливаются, места их прикрепления зарастают, и ствол становится гладким. Поэтому, регулируя известным образом жизненные процессы дерева, можно придать ему форму и качества, наиболее отвечающие практическим надобностям, т. е. прямизну, полнодревесность и отсутствие сучьев.

Полнодревесность ствола определяют или путем вычисления особых видовых чисел, показывающих отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего одинаковую с деревом высоту и нижний диаметр, или же путем определения сбег ствола, т. е. разницы верхнего и нижнего диаметров ствола, отнесенной к единице его длины. Полнодревесность ствола зависит от природы Д., класса бонитета и полноты насаждения, в которой выросли Д.

Наибольшей прямоствольностью обладают: из хвойных пород—ель, пихта, дугла-сова пихта, за ними следуют лиственница, веймутова сосна, обыкновенная сосна; из лиственных пород—тополь, ольха, сидячецветный дуб. Рост дерева в высоту происходит путем ежегодного образования нового

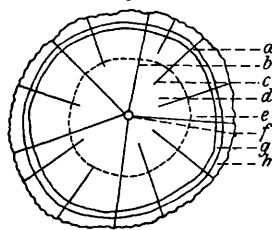
побега из верхушечной почки, а иногда из боковых почек на вершине Д. Рост по высоте подчиняется определенному закону, по которому вначале он идет довольно медленно, достигает в определенном возрасте максимума, а затем падает и сходит почти на нет. Этот же закон применим и к росту Д. по диаметру, с тем отличием, что максимум роста наступает несколько позднее и продолжается, хотя в слабой степени, до самого конца жизни Д. Иллюстрацией этого закона может служить фиг. 1, на которой приведены кривые прироста у пихты по высоте (сплошная кривая) и диаметру (пунктир). Древесные породы, у которых максимальный прирост по высоте наступает в раннем возрасте, называются быстрорастущими; те же, у которых он приходится на более поздний возраст, носят название медленнорастущих. По скорости роста можно расположить древесные породы в следующем убывающем порядке: лиственница, осина, черная ольха, береза, ильмовые, сосна,



Фиг. 1.

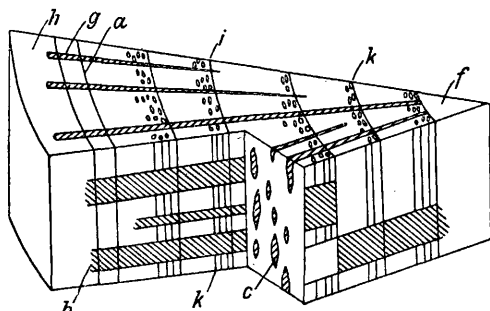
клен, ясень, дуб, липа, ель и пихта. Наибольшей продолжительностью роста по высоте обладают: ель, пихта, лиственница, сосна; средней: дуб, ясень, бук, липа, клен, ильмовые; наименьшей: береза, граб, ольха, ива. Как быстрота роста по высоте, так и продолжительность зависят от внешних условий, т. е. от почвы, климата и воспитания. Во всех случаях, когда внешние условия и методы воспитания благоприятны данной породе, она дает и наибольший прирост по высоте. В отношении достигаемых Д. размеров высоты их можно разделить на три класса. К Д. 1-го класса можно отнести такие, к-рые в возрасте 100—150 лет достигают 35—40 м высоты, а в более старом возрасте—даже 50 м; сюда принадлежат: ель, пихта, лиственница, дугласова пихта, обыкновенная сосна, веймутова сосна. Из лиственных пород к этой же категории относятся те, к-рые достигают в 100 л. 30—35 м, а именно: дуб, бук, ясень, клен, липа, ильмовые, ольха. Д. 2-го класса характеризуются высотой в 20—25 м, редко—в 30 м; к ним относятся: осина, виды *Pinus* и *Prunus*, береза, граб, ива, сибирский кедр, тисс, горная сосна (*f. uncinata*), гикори, виргинский можжевельник. К 3-му классу относят деревья, высота которых 8—15 м; это уже полудеревья или высокие

кустарники: обыкновенный можжевельник, бересклет, *Viburnum*, бузина, терн, сирень, дрен и т. п. Внутреннее строение ствола древесных пород



Фиг. 2.

легче всего видеть на поперечном разрезе (фиг. 2; *a*—камбий, *b*—первичный сердцевинный луч, *c*—вторичный сердцевинный луч, *d*—ядро, *e*—заболонь, *f*—сердцевина, *g*—луб, *h*—кора). Снаружи ствол бывает одет коркой, представляющей собой отмершие части коры, за коркой находится пробковый камбий—особая ткань, делением клеток которой образуется нарастающая пробковая ткань. Непосредственно за пробковой тканью, представляющей защитный покров Д., находится лубяная ткань, состоящая из прозенхимных клеток: ситовидных трубок и лубяных волокон и некоторого количества лубяной паренхимы. Вся система лубяной ткани, за исключением лубяных волокон, особенно ситовидные трубки, служит проводящей тканью, по которой направляются из листьев в нижние части ствола питательные вещества—так назыв. пластические, идущие на построение тканей всего древесного организма. На внутренней периферии лубяной ткани находится слой деятельных клеток, носящий название камбия; путем деления этих клеток тангенциальными перегородками происходит образование элементов лубяных клеток, если они лежат снаружи, и элементов древесных клеток, если они лежат внутри. Это—самая важная часть ствола, благодаря деятельности которой и происходит утолщение ствола. Вслед за камбиальным кольцом с внутренней стороны образуется состоящая из концентрических колец особая ткань, носящая название древесины, и, наконец, в центре ствола имеется ткань, носящая название



Фиг. 3.

сердцевины. По радиусам от центра к периферии идут особые образования, к-рые носят название сердцевинных лучей; когда эти лучи идут от самого центра до периферии ствола, они носят название первичных сердцевинных лучей, а когда они начинаются на нек-ром расстоянии от центра, то их называют вторичными сердце-

винными лучами. Сердцевинные лучи, создавая связь между центральной частью ствола и периферией, являются, с одной стороны, как бы поперечной скрепой, а с другой — проводниками питательных веществ внутри ствола, а также изнутри в кору. Распределение основных тканей ствола можно видеть на фиг. 3: *a* — камбий; *b* и *c* — сердцевинные лучи; *f* — сердцевина; от *a* до *f* — древесина; *i* — граница годичного слоя; *k* — граница летней зоны годичного слоя.

В самой древесине можно различить ряд живых и мертвых клеток: к первой категории принадлежат сердцевинные лучи и древесная паренхима, служащие местом отложения запасных веществ; ко второй — сосуды, трахеиды, по которым направляется ток воды от корней к кроне, и древесные волокна, составляющие механич. ткань, придающую крепость древесине, благодаря толщине своих стенок. Внешние ряды древесинной ткани являются проводниками, по которым продвигается из корней вверх по стволу к его кроне вода и растворенные в ней минеральные вещества. Здесь, в листьях, эта вода и растворенные в ней вещества в процессе фотосинтеза превращаются в сложные органич. соединения типа углеводов. Концентрич. слоистость в древесине происходит в силу того, что камбий в течение вегетационного периода откладывает неоднородные клетки, а именно: весной откладываются главн. образом тонкостенные клетки трахеид, а летом — ряды толстостенных клеток, преимущественно — древесных волокон. В силу резкой разницы в цвете весенней частью древесины и летней, благодаря сильному утолщению стенок древесных волокон в летней части годичного слоя, получается концентрич. слоистость в поперечном разрезе. Совокупность отложенной летней и весенней древесины носит название годичного слоя. Чем лучше условия погоды данного года, чем моложе Д., чем лучше условия освещения и питания, тем большей ширины получается годичное кольцо. Надо отметить также, что при неблагоприятных условиях питания и при большом расходе питательных веществ во время образования плодов или под влиянием повреждений дерева годичное кольцо сильно суживается и при сильном угнетении дерева может даже совершенно отсутствовать. Если в течение вегетационного периода, в силу каких-либо неблагоприятных условий, деятельность камбиального слоя приостанавливается, а затем снова возобновляется, то могут образоваться два годичных кольца. Выпадение годичных колец и образование двойных — явления редкие, а потому счетом числа годичных колец на пнемом срезе у корневой шейки можно легко установить возраст Д.

Абсолютно сухая мертвая древесина имеет следующий состав: 48—54% целлюлозы, 27—30% лигнина, 13—25% прочих углеводов, 0,3—0,5% зольных веществ. Свежесрубленная древесина содержит 40—60% воды (по весу). В живых клетках древесины отлагаются в качестве запасных веществ крахмал, жиры, масла и содержатся частью белковые вещества, служащие основой про-

топлазменных образований в клетках. В качестве вместилищ для запасных веществ служат сердцевинные лучи и древесная паренхима. Кроме указанных веществ, в древесинной ткани встречаются дубильные вещества, смолы, жиры и терпены. Об элементарном химическом составе целлюлозы и древесной ткани можно судить по следующим цифрам (в % к сухому веществу):

	Целлюлоза	Древесная ткань
C . . . . .	44	49,9—56,9
H . . . . .	6	6 — 6,6
O . . . . .	50	37,4—43,4
N . . . . .	—	0,9—1,5
Зола . . . . .	—	0,2—0,5

В древесине (а иногда в коре) хвойных пород находятся особые образования, которые носят название смоляных ходов; в них образуются смолы. Содержание смолы в 1 м<sup>3</sup> древесины хвойных пород, по данным проф. Майра, колеблется в след. пределах (в кг):

Сосна . . . . .	18,7—19,6	Ель . . . . .	3,5—6,6
Лиственница . . . . .	17,4—18,8	Пихта . . . . .	3,1—8,2

С возрастом внутренняя часть ствола, состоящая из омертвевших клеток, становится более сухой; в ней откладываются частицы минеральных, красящих и дубильных веществ, смолы и защитных веществ, имеющих характер антисептиков, для предохранения древесины от разложения; эти видоизменения в древесине приводят к расчленению древесного ствола на две части, отличающиеся как по цвету, так и по качеству. В тех случаях, когда внешняя, или заболонная, часть резко отличается по цвету от внутренней, называемой ядром, такие древесные породы носят название ядровых; к ним принадлежат: лиственница, сосна, тисс, обыкновенный можжевельник, туя, дуб, съедобный каштан, белая акация, ясень, ильм, тополь, ива. При отсутствии разницы в цвете между наружной и внутренней частями древесины, но при наличии разницы в качествах, внутренняя часть носит название спелой древесины, а самые древесные породы называются спелодревесными; к ним относятся: ель, пихта, бук, липа, береза, полевой клен. Наконец, древесные породы, у которых заметна разница между древесиной наружной и внутренней частей ствола, носят название заболонных; таковы: береза, ольха, клен, граб, осина.

Анатомич. строение древесного ствола и соотношение в нем толстостенных и тонкостенных клеток в значительной степени предопределяют технич. ценность древесины, завися как от условий питания древесного организма, так и от условий его воспитания. В общем, можно сказать, что чем больше диаметр сосудов, чем тоньше их стенки, тем хуже технич. свойства Д. Наглядным признаком, свидетельствующим о хороших условиях произрастания и воспитания Д., является ширина годичного слоя: чем он шире, тем лучше вышеуказанные условия. Однако, для технич. оценки Д. одной ширины годичного слоя недостаточно. Наилучшим мерилом в этом случае является соотношение между шириной весенней и летней древесины в годичном слое: чем большую часть от общей ширины составляет летняя

древесина, тем выше ее качество. У листовых древесных пород, к-рые характеризуются сосредоточием сосудов в весенней части годичного слоя, уширение последнего происходит за счет увеличения ширины летней части древесины. Следовательно, у этих древесных пород, так назыв. кольца поровых, к которым относятся дуб, ясень, каштан, вяз, ильм, каркас, гикори и другие, широкослойная древесина будет в то же время и древесиной хороших технических свойств. Другая группа листовых древесных пород (бук, граб, клен, ольха, береза, липа, тополь, ива), характеризующаяся рассеянным расположением сосудов по всей ширине годичного слоя, вышеуказанным соотношением между шириной годичного слоя и техническими качествами древесины не обладает. Утолщение годичного слоя у хвойных пород часто происходит за счет увеличения ширины весенней части годичного слоя и в этом случае ведет к ухудшению технич. качеств древесины. В одном и том же Д. количество летней древесины сильно колеблется в различных частях его; напр., в стволе ели—от 5 до 35%, в сучьях—до 75%. Вместе с тем оно зависит от возраста Д.; например, у сосны в возрасте 5 л. наблюдается 10% летней древесины, в возрасте от 5 до 105 л.—40%, от 105 до 155 л.—30% и от 155 до 200 л.—20%; у дуба в возрасте 20 ÷ 40 л.—79,5% летней древесины, а в возрасте 360 ÷ 400 л.—всего 5%. Количество летней древесины, а следовательно, и технич. свойства неодинаковы и в различных частях одного и того же ствола по его оси, как о том свидетельствуют следующие цифры для сосны:

Высота сечения ствола над почвой в м. . . . .	1,3	4,5	7,7	10,9	14,1	17,3	20,5
% механич. ткани . . . . .	24	24	18	18	13	10	24

В общем можно установить, что для получения лучших технических качеств древесины необходимо, чтобы увеличение прироста сопровождалось улучшением общих условий питания Д., без усиленного развития кроны Д., к-рое влечет за собой преобладание сосудистых элементов в годичном слое, соответственно понижая качество древесины. Проф. Майр устанавливает, что увеличение ширины годичных колец обуславливает возрастание уд. в. древесины до тех пор, пока условия произрастания данной породы близки к свойственному ей температурному оптимуму. Следовательно, воспитывая дерево в условиях пониженного испарения, регулируя развитие кроны и почвенных процессов в лесу, можно создать Д. нужных технич. свойств. Эти свойства являются и заданиями для лесоводства при воспитании древесины. Только правильно построенный ствол Д. и здоровая древесина дают хороший технич. материал. Разнообразные уклонения от нормального состояния, возникающие под влиянием различных внешних влияний, а также в силу нападения на Д. различных паразитов из мира насекомых и грибов, носят название пороков древесины и развитием Д., позволит рационализировать систему воспитания древесных организмов для создания такой их формы

и строения, которые бы отвечали насущнейшим запросам хозяйства к Д. как материалу для различ. рода технич. производств.

*Лит.:* Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПб. 1899; Морозов Г. Ф., Учение о лесе, Л.—М., 1925; Никитин Н. И., Химич. переработка древесины, Л., 1924; Büsgen M., Bau u. Leben unserer Waldbäume, 3 Aufl., Jena, 1927; Lang G., Das Holz als Baustoff, sein Wachstum u. seine Anwendung zu Bauverbänden, Wiesbaden, 1915; Gayer K., Die Forstbenutzung, 12 Aufl., B., 1921; Handb. Skogsteknologie, Stockholm, 1922. **Н. Нобранов.**

**Физические свойства дерева.** Цвет и блеск. Многие тропич. породы обладают характерной и интенсивной окраской; породы же, произрастающие в СССР и применяемые для строительных и технич. целей, не имеют резких различий в цвете древесины. Тем не менее, по оттенку древесины, в связи с ее строением, можно определить ее доброкачественность и породу дерева. Т. о., в древесине можно различать темное ядро от светлой оболочки и темную зону летней древесины годового слоя от светлой зоны весенней древесины. Суждение о цвете древесины необходимо производить по свежему разрезу или расколу, так как под влиянием внешних условий окраска изменяется. Действие света и воздуха, пребывание в воде, пропаривание вызывают потемнение древесины в зависимости от продолжительности воздействия. Ненормальный цвет древесины, темные или цветные (красноватые, бурые, синеватые) пятна или полосы являются признаком загнивания. Здоровая древесина обнаруживает некоторый блеск на плоскостях раскола, в особенности в радиальных плоскостях, благодаря присутствию сердцевинных лучей. Первым признаком загнивания служит утрата древесной свойственно-го ей блеска и появление матовости.

**Запах.** Вещества, содержащиеся в древесине, сообщают ей определенный запах, к-рый в некоторых случаях может служить дополнительным признаком при определении породы и доброкачественности древесины. Большинство хвойных пород отличается смолистым запахом, а нек-рые породы обладают резким специфич. запахом, как, напр., кипарис, камфорное дерево, сандаловое дерево, дуб. Дерево, пораженное гнилью, не только утрачивает запах, присущий здоровой древесине данной породы, но и приобретает особый неприятный гнилостный запах.

**Акустические свойства Д.** Здоровая сухая древесина является довольно хорошим проводником звука, особенно в продольном направлении. Древесина, пораженная загниванием, теряет в большей или меньшей степени плотность и упругость и при постукивании по большим местам или около них дает глухой звук, к-рый, однако, отличается от мягкого звука сырой древесины. Скорость распространения звука для сосны—ок. 3 350 и для осины—около 5 000 м/сек. Подобно другим упругим материалам, древесина может вибрировать под действием звуковых волн, усиливая первоначальный звук. Это явление, называемое резонансом, широко используется в применении древесины для дек. музык. инструментов.

**Теплопроводность, теплоемкость и коэф. расширения.** Древесина обладает слабой теплопроводно-

стью и потому часто употребляется в качестве изоляционного материала (значения теплопроводности — см. *Спр. ТЭ*). Более плотные породы обладают большей теплопроводностью, чем менее плотные. С повышением влажности теплопроводность древесины увеличивается. Теплоемкость древесины практически м. б. принята одинаковой для всех пород дерева, а именно 0,327. Коэффициент расширения древесины вдоль волокон при обыкновенной температуре колеблется приблизительно от 0,000002 до 0,00001 (на 1°), поперек волокон — от 0,00003 до 0,00006.

**Э л е к т р о п р о в о д н о с т ь.** Древесина является плохим проводником электричества. Легкие породы проводят электричество хуже, нежели плотные. Влажность увеличивает электропроводность древесины. Соли, вводимые в древесину для предохранения от загнивания, также увеличивают электропроводность.

**В л а ж н о с т ь.** Под влажностью древесины подразумевается процентное отношение веса содержащейся в древесине влаги к весу этой древесины в абсолютно сухом состоянии, т. е.

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \cdot 100,$$

где  $Q_1$  — вес до высушивания,  $Q_2$  — вес после высушивания до постоянного веса при  $t^\circ 100^\circ$  (этот вес принимается как вес абсолютно сухой древесины, хотя в ней остается еще ничтожное количество влаги). Влага может находиться в древесине или в клеточных стенках или в полостях клеточек и межклеточных пространствах (капиллярная влага). В первую очередь сухая древесина воспринимает влагу клеточными стенками, и лишь по насыщении их воспринимается капиллярная влага. Максимальное содержание влаги в стенках клеточек называется **т о ч к о й н а с ы щ е н и я в о л о к н**, которая бывает при влажности древесины в пределах 20 ÷ 35%. Кроме точки насыщения волокон, практически различают три основных состояния древесины по влажности: а) свежесрубленное, при котором влажность в среднем около 100% по отношению к абсолютно сухой древесине, б) воздушно-сухое — при влажности от 10 до 20%, в) абсолютно сухое. В виду того, что влажность древесины имеет исключительно важное значение как для физич., так и для механич. ее свойств, необходимо, в целях сравнимости, относить все данные к определенной нормальной влажности, к-рая международными правилами установлена в 15%.

**Г и г р о с к о п и ч н о с т ь** — способность древесины поглощать или выделять влагу в зависимости от соотношения между ее влажностью и относительной влажностью воздуха. Определенной относительной влажности воздуха соответствует своя определенная влажность древесины, когда переход влаги прекращается и устанавливается равновесие. Переход влаги совершается тем сильнее, чем больше несоответствие между влажностью древесины и относительной влажностью воздуха. Гигроскопичность древесины уменьшается от влияния высокой темп-ры на древесину. Скорость поглоще-

ния влаги из воздуха древесиной с торцовой поверхности значительно больше, чем с продольных поверхностей, и для заболони больше, чем для ядра. При всех прочих равных условиях гигроскопичность зависит от породы дерева.

**У с у ш к а и р а з б у х а н и е.** Изменение содержания в древесине капиллярной влаги не оказывает влияния на размеры взятой древесины, но изменение содержания влаги в клеточных стенках вызывает соответственно уменьшение или увеличение их размеров, а следовательно усушку или разбухание древесины. Разбухание представляет собою явление, противоположное усушке. Различают усушку объемную и линейную по трем направлениям, а именно — продольную, тангенциальную и радиальную. Полная усушка происходит при постепенном уменьшении влажности от точки насыщения волокон до абсолютно сухого состояния их. Усушка выражается в % от размеров в абсолютно сухом состоянии, а именно:

$$V_0 = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100,$$

где  $V_1$  — линейный размер или объем древесины до высушивания,  $V_2$  — линейный размер или объем древесины после высушивания. Для учета влияния усушки в зависимости от изменения влажности определяют коэфф. усушки, т. е. усушку в %, соответствующую уменьшению влажности на 1%, а именно:  $Y = \frac{Y_0}{K}$ , где  $K$  — влажность в %.

Линейная усушка неодинакова в различных направлениях. В продольном направлении она ничтожна (за некоторыми исключениями, не принимается). В тангенциальном направлении усушка приблизительно вдвое больше, чем в радиальном. Для различных пород колебания в усушке наблюдаются следующие: в радиальном направлении от 2,1 до 8,2%, а в тангенциальном направлении от 4,2 до 14,3%, в объемной усушке от 7,8 до 19,9%. В зависимости от породы коэффициент объемной усушки колеблется от 0,2 до 0,75%. Величины усушки для разных пород см. *Спр. ТЭ*.

**К о р о б л е н и е** является прямым последствием неодинаковой усушки древесины в радиальном и тангенциальном направлениях. При высыхании боковой доски годовые слои, в особенности те, к-рые в продольном направлении перерезаны только одной плоскостью распила, стягивают древесину и заставляют отгибаться кромки доски в сторону выпуклости годовых колец, вследствие чего доска коробится. Чем больше относительное протяжение годовых колец в сечении доски по сравнению с ее толщиной, тем сильнее проявляется коробление, и, следовательно, чем дальше от сердцевины выпилена доска (тангенциальная распиловка), тем сильнее происходит коробление. Середовая доска (радиальная распиловка), вследствие симметричности по отношению к сердцевине, коробления не обнаруживает. При косослойной древесине покоробившаяся доска получает одновременно некоторое закручивание соответственно степени косослойности. Коробление может

также иметь причиной неравномерную усушку, вызванную различной степенью влажности материала по толщине.

**Растрескивание.** Вследствие того, что высыхание древесины происходит сначала с поверхности и только постепенно проникает вглубь, высыхающие наружные части сжимают более влажные внутренние, сами подвергаясь растяжению, которое, по достижении определенного предела, приводит к разрыву древесины, т. е. к образованию трещин. Вследствие наибольшей скорости испарения влаги с торца, трещины на нем возникают особенно легко. Т. к. в тангенциальном направлении усушка вдвое больше, чем в радиальном, то значительные напряжения появляются в радиальных плоскостях, по которым и происходит растрескивание на боковых поверхностях. Для предупреждения появления трещин необходимо замедлять высыхание с поверхности, и потому торцы покрывают парафином, смолой, краской и другими веществами, задерживающими испарение влаги; а самый материал укладывают надлежащим образом в штабели.

**Внутренние напряжения.** Как последствие неравномерной усушки в древесине могут образоваться внутренние напряжения: а) сжатия внутренней зоны и растяжения наружной, когда последняя подсохла, а первая не успела отдать соответствующего количества влаги и наружная усухающая зона сдавливает внутреннюю; б) растяжения внутренней зоны и сжатия наружной, когда древесина высохла по всей толщине, но самое высыхание происходило в порядке, указанном в §а, а затем постепенно древесина высохла и получила соответствующую усушку внутренняя часть, в которой вследствие этого создалось натяжение по отношению к наружной части, сжимаемой таким обр. по своей периферии. Наличие внутренних напряжений может иметь следствием коробление материала при распиловке и уменьшение крепости древесины. Внутренние напряжения могут быть избегнуты посредством рациональной постановки высушивания.

**Вес.** Вес древесины характеризуется уд. весом, но так как древесина в том виде, в каком она идет для изделий, представляет собой пористое и гигроскопическое тело, то различают удельный вес древесины в этом виде, т. е. с воздушными промежутками и влажностью (объемный, или относительный, удельный вес), от удельного веса самого древесинного вещества как тела плотного (абсолютный удельный вес). Удельный вес самого древесинного вещества приблизительно одинаков для всех пород, а именно около 1,5; поэтому характеристика древесины по весу является ее объемный уд. в. Этот уд. в. зависит гл. образом от количества древесинного вещества и влаги в данном объеме древесины, и поэтому он имеет значительные колебания для разных пород и разной влажности. В целях сравнения уд. веса древесных пород независимо от влажности, уд. в. древесины, установленный в пределах влажности 10 ÷ 20%, приводят к нормальной влажности в 15%, для

чего можно пользоваться следующей ф-лой:

$$G_{15} = G_k [1 + 0,01(1 - Y)(15 - K)],$$

где  $G_k$ —удельный вес при данной влажности  $K$ ,  $Y$ —коэффициент усушки в %,  $K$ —влажность в %. Величины уд. веса для разных пород см. *Спр. ТЭ*.

**Механические свойства.** Механические свойства, характеризующие способность древесины сопротивляться воздействию внешних усилий, находятся в зависимости от условий, указанных ниже, и поэтому для сравнения коэффициентов механических свойств необходимо принимать во внимание влияние этих условий. Цифры, получаемые в результате испытаний нормальных образцов древесины, характеризуют ее с точки зрения доброкачественности, но не всегда могут служить основанием для расчета сооружений. Для последней цели необходимы специальные испытания в соответствии с формой и размерами отдельных частей и допустимыми недостатками применяемой в сооружениях древесины. Коэфф-ты механических свойств разных пород см. *Спр. ТЭ*.

**Сжатие** является одним из наиболее распространенных видов напряжения, к-рым подвергают Д. в сооружениях. Различают сжатие вдоль и поперек волокон (в тангенциальном и радиальном направлениях). Сопротивление сжатию поперек волокон меньше сопротивления сжатию вдоль волокон в 3—6 и более раз. Сопротивление сосны сжатию поперек волокон, в тангенциальном направлении, приблизительно в 1,5 раза больше, чем в радиальном; в породах с сильными сердцевинными лучами, как в дубе, сопротивление в радиальном направлении м. б. больше, чем в тангенциальном.

**Изгиб статический** находит широкое применение при нагрузке деревянных частей в виде балок. Направление годовых слоев оказывает влияние на коэфф. крепости, при чем наименьшие колебания его наблюдаются при нагрузке в тангенциальном направлении. Предел упругости при изгибе почти равен (немного больше) коэфф-ту крепости при сжатии вдоль волокон. При применении коэфф-тов крепости, полученных при испытании на изгиб небольших образцов (сечением  $2 \times 2$  см, дл. 30 см, при расстоянии между опорами 24 см), для расчета прямоуг. балок крупных размеров, вместо обычной ф-лы момента сопротивления пользуются иногда следующей:  $W = \frac{bh^3}{6}$ , где  $b$ —ширина,  $h$ —высота, а  $n$ —показатель, величину к-рого, в зависимости от качества древесины, принимают равной  $\frac{10}{6}$  для авиацион.

леса и  $\frac{8}{6}$  для строительного леса. Способность древесины давать большую деформацию называют гибкостью, большую упругую деформацию — упругостью и большую остающуюся деформацию — вязкостью.

**Изгиб ударный** имеет место во многих случаях практики (экипажи, аэропланы, земледельч. машины и пр.), и поэтому в настоящее время определение сопротивляемости древесины такого рода нагрузке приобретает все большее значение. Сопротивление ударному изгибу измеряется рабо-



той, поглощаемой образом при разрушении и относимой или к объему (по общей теории для удара) или к размерам поперечного сечения  $bh^n$  (по франц. данным), где  $n$  имеет то же значение,  $k$ -рое приведено выше.

**Скальвание.** Под скальванием древесины подразумевается разрушение ее от сдвига вдоль волокон под действием усилия в том же направлении. Древесина сопротивляется скальванию очень слабо; в лучшем случае это сопротивление можно считать равным  $\frac{1}{7} \div \frac{1}{10}$  сопротивления сжатию вдоль волокон.

**Раскальвание** представляет собою разделение древесины вдоль волокон под действием клина и имеет значение в работах при приготовлении колотого материала и при креплении гвоздями и шурупами. Раскальваемость древесины зависит от сопротивления разрыву поперек волокон и от упругости. В радиальных плоскостях древесина раскальвается легче, чем в тангенциальных, где приходится преодолевать сопротивление разрыву сердцевинных лучей. Сопротивление раскальванию характеризуется максимальным усилием, приходящимся на единицу ширины образца определенной формы.

**Скручивание** древесины встречается реже сравнительно с другими видами напряжения, но в некоторых случаях, как, напр., в валах мельниц или в лопастьях пропеллеров, оно имеет место.

**Твердость** древесины характеризуется сопротивлением, которое она оказывает проникновению в нее другого, более твердого тела. Твердость древесины имеет значение при обработке и вообще при местном воздействии усилия. **Удержание** и **гвоздей и шурупов** используется очень широко, а так как древесина проявляет при этом сложное сопротивление, зависящее от ее упругости, от сопротивлений сжатию и разрыву поперек волокон и от трения, то это сопротивление часто определяется экспериментальным путем посредством вытаскивания определенного гвоздя или шурупа и установления требующегося для этого усилия.

**Изнашивание** древесины изнашиванию определяется в тех случаях, когда она назначается для работы на трение, напр., на мостовой, лестнице, на полу и пр. Об изнашиваемости судят по количеству древесины, снимаемой определенным способом с единицы поверхности в определенный промежуток времени. Для этой цели пользуются или пескоструйным аппаратом или вращающимся диском с наклеенной песочной бумагой, к которому испытываемый образец прижимается с определенным усилием.

**Растяжение.** Древесина выдерживает растяжение вдоль волокон лучше, чем другие механич. воздействия, но самая передача растягивающего усилия всегда связана или с зажатием конца или с применением скальвающего усилия на выступах у концов, что вызывает значительное увеличение концов, так как поперечному сжатию древесина сопротивляется в 5—10 раз, а скальванию почти в 30 раз хуже, чем рас-

тяжению. Коэфф-ты, получаемые при испытаниях, не являются достаточно характерными, так как величина их подвержена значительным колебаниям, а характер разрыва образцов отличается разнообразием. По этим причинам применение древесины в частях сооружений, работающих на растяжение вдоль волокон, и ее испытание на этот вид нагрузки встречаются редко. Растяжению поперек волокон древесина сопротивляется очень слабо: в 10—30 раз слабее, нежели вдоль их.

**Факторы, влияющие на механические свойства древесины.** Происхождение и условия роста. Качество древесины находится в тесной зависимости от условий произрастания (почва, густота насаждения, освещение, температурные условия и пр.), а следовательно, и от места произрастания в том или другом климате. Механические свойства повышаются с увеличением относительного содержания летней древесины. Ширина годовых слоев влияет на крепость древесины только в тех случаях, когда она связана большим или меньшим содержанием летней древесины, но общим признаком для оценки качества древесины служить не может. **Возраст** дерева: наибольшее значение имеет возраст, соответствующий состоянию перестойности для данных условий произрастания, так как в этом случае механические свойства древесины понижаются. Древесина, взятая из различных мест ствола, не обладает одинаковыми механическими свойствами. В поперечном сечении наиболее слабая древесина находится у сердцевины, по радиусу качество ее повышается вначале довольно быстро, а затем в зрелом, но не старом дереве сохраняется почти неизменным до коры, имея максимум на расстоянии, несколько большем половины радиуса. Древесина, образованная в поздний период жизни старого дерева, отличается слабостью по сравнению с древесиной более раннего периода. Оболонная древесина здорового зрелого, но не старого дерева почти не отличается по крепости от ядровой древесины, иногда несколько уступая ей при статич. нагрузке и превышая ее при ударной. По длине ствола крепость обычно повышается по мере удаления от вершины, если не считать неправильностей в строении древесины, встречающихся в комлевой части ствола. Значения коэфф. крепости древесины сильно колеблются в зависимости от направления волокон по отношению к направлению действующего усилия. Вследствие этого все неправильности в направлении волокон вызывают в большинстве случаев уменьшение крепости. Косослой, свилеватость, кривизна ствола, роикн, закомелистость, сбежистость и т. п. дают перерезание волокон при распиловке; при использовании такого пиленого материала направление действующего усилия получается невыгодным по отношению к направлению волокон, за исключением некоторых случаев скальвания и раскальвания. **Трещины**, часто встречающиеся в лесных материалах, ухудшают сопротивляемость древесины механическим воздействиям, в зависимости от размеров и

направления трещины и рода испытываемого древесиной напряжения. Возможность увеличения трещины при некоторых условиях создает опасность пользоваться таким материалом в ответственных сооружениях. Промолки, которые представляют собой большие отложения смолы в древесине, нарушающие связь между волокнами, имеют такое же значение, как и трещины. Сучки, хотя бы здоровые и сросшиеся, не только нарушают правильность строения древесины, но и заставляют изгибаться окружающие их волокна, что вызывает значительное понижение крепости древесины; только сопротивление скалыванию и раскалыванию увеличивается. Загнивание и червоточина, в зависимости от стадии развития, уменьшают крепость древесины вплоть до совершенного уничтожения связи между частями материала. Внутренние напряжения понижают сопротивляемость древесины механическим воздействиям, так как они прибавляются к напряжениям, вызываемым нагрузкой. Влажность оказывает большое влияние на механические свойства древесины. Для приведения коэффициентов крепости (получаемых в пределах влажности ~8—20%) к нормальной влажности в 15% пользуются следующей формулой:

$$X_{15} = X_k [1 + a(K - 15)],$$

где  $X_k$ —коэфф-т крепости при влажности  $K$ ,  $K$ —влажность в %,  $a$ —поправочн. коэффициент. Для образцов сечением  $2 \times 2$  см (для сжатия—высотой 3 см и для изгиба—длиной 30 см при расстоянии между опорами 24 см) можно в общем принять: при сжатии  $a=0,04$ , а при изгибе (статическом)  $a=0,02$ , т. е. 4 и 2% крепости на 1% влажности, если не установлены специальные коэффициенты для каждой породы. Удельный вес древесины, при прочих равных условиях, является в общем характерным показателем механических свойств древесины, которые улучшаются с повышением уд. веса. Зависимость механич. свойств от уд. в. выражается или в виде очень отлогой части параболы (см. *Спр. ТЭ*) или просто прямой линией, ур-ие к-рой имеет вид  $x = aG_{15} + b$ , где  $x$ —коэфф. крепости,  $G_{15}$ —уд. вес при влажности 15%,  $a$  и  $b$ —постоянные величины. Необходимо иметь в виду, что эти зависимости дают средние величины, так как вследствие неоднородности древесины рассеяние точек на диаграммах значительно, при чем наименьшее рассеяние наблюдается при сжатии. Методика испытаний может оказывать влияние на получаемые результаты, и поэтому в целях возможности сравнения величин, характеризующих механические свойства древесины, необходимо пользоваться однообразной методикой.

*Лит.*: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПб, 1899; Курдюмов Б. И., Дерево как строит. материал, 6 изд., Л., 1926; Филиппов Н. А., Лесная технология. Технич. свойства древесины, 2 изд., П., 1916; Яшинов Л., Технич. свойства древесины, фауны и сортименты, Горки, 1924; Бочвар А. М. и др., Товароведение, под ред. Я. Нинтинского и П. Петрова, 6 изд., т. 2, М., 1922; Савков Е., Дерево, М., 1925; Савков Е. И., Методы физико-механич. испытаний древесины, М., 1929; Lang G., Das Holz als Baustoff, 2 Aufl., hrsg. v. R. Vaumann, Mch., 1927; Витманн Р., Die bisherigen Ergebnisse d. Holzprüfungen in d. Material-

prüfungsanstalt an d. Techniseher Hochschule Stuttgart, B., 1922; Gayer S., Die Holzarten u. ihre Verwendung in d. Technik, 2 Aufl., Lpz., 1921; Pitois E., Utilisation scientifique et contrôle des bois dans l'aviation et l'industrie, P., 1920; Masviel J., Cours de technologie du bois, t. 1, 3 éd., P., 1926; Judge A. W., Aircraft a. Automobile Materials of Construction, v. 2, L., 1921; Betts H. S., Timber, Its Strength, Seasoning a. Grading, N. Y., 1919; Koehler A., The Properties a. Uses of Wood, New York, 1924; Record S. J., The Mechanical Properties of Wood, N. Y., 1914; Forsaith C. C., The Technology of New York State Timbers, Syracuse, New York, 1926; Stone H., A Textbook of Wood, L., 1921; Barling W. H., Timber, Its Identification a. Mechanical Properties, L., 1918; Newlin J. A. a. Willson T. R., The Relation of the Shrinkage a. the Strength Properties of Wood to Its Specific Gravity, Washington, 1919; Kellogg R. S., Lumber and Its Uses, 3 edition, New York, 1924; Jenkin C., Report on Materials of Construction Used in Aircraft and Aircraft Engines, London, 1920; Koehler A. a. Thellen R., The Kiln-Drying of Lumber, New York, 1926. **Е. Савков.**

**Пороки Д.**—недостатки Д. как материала, понижающие, а иногда и вовсе уничтожающие технич. пригодность его. Эти пороки, или фауты, происходящие от внутренних и наружных повреждений и неправильностей в строении древесины, м. б. классифицированы следующим образом.

1. Пороки в здоровой древесине. 1) Трещины, шел от действия сильных морозов и ветра: а) морозобой—трещина, распространяющаяся от поверхности по радиальному направлению; б) ветреница—трещина, идущая лучеобразно от сердцевины и вдоль Д. на длину 35—140 см; в) метик—трещина, идущая от сердцевины ствола (трубки) по радиальному направлению на значительную длину ствола: согласный метик—трещина, остающаяся в одной плоскости; несогласный метик—трещина, последовательно меняющая свое направление по длине ствола; крестовый метик—система двух взаимнопересекающихся метиковых трещин; г) отлуп—трещина между годовыми кольцами; д) луночка—отлуп от части годового кольца; е) серянка—луночка в деревьях хвойных пород, залитая смолой.

2) Сукватость—наличие большого числа сучьев нормального роста или дефективных сучьев: а) белый сук—нормальная ветвь Д., прочно соединенная с древесиной ствола, но тем не менее нарушающая однородность ее, уменьшающая крепость и гибкость материала; б) роговой сук—отмерший сук в хвойных породах, сильно пропитавшийся смолой; в) пасынок—вросший толстый сук, отходящий от ствола под острым углом и представляющий собой отставший в росте старый ствол; г) двойная вершина—развилка, появляющаяся в том месте ствола, где он разделется на две вершины; ствол в этом месте в поперечном сечении имеет одну более длинную ось, по которой видны две сердцевины, разделенные заросшей корой.

3) Косослойность—неправильное расположение волокон: а) косослой—расположение волокон в виде спирали вокруг оси ствола; б) свилеватость—расположение волокон в виде волнистых линий с б. или м. сильными изгибами; в) ройка—продольные углубления в нижней части ствола, являющиеся причиной сдвигленности и разрыва волокон в этих местах; г) кап—

нарос, или наплыв, образующийся в тех местах, где была рана; имеет крайне перепутанные волокна.

4) Эксцентричность, или крень—односторон. твердослойность; годовые кольца с одной стороны шире, чем с другой, так что сердцевина находится не в центре сечения ствола, и узкая сторона годового кольца получается более плотной.

5) Мокр о с л о й н о с т ь — водослойные красные пятна, обнаруживающиеся при рубке Д., растущих на низких, сырых местах (сосны, ели, осины, березы).

II. Пороки, сопровождаемые болезнью волокон: 1) дряблость, или трухлявость, 2) синева, 3) ситовины, 4) двойная заболонь, 5) ивлевой крапивный и табачный сук—сучья, находящиеся в разных степенях разложения, от перехода в размягченное состояние (ивлевой сук) до распадаения в порошок (табачный сук); 6) гнилое кольцо (ложная заболонь)—несколько гнилых годовых колец внутри древесины; 7) гнили (см. *Гниение древесины*); 8) дупловатость—пустота по оси ствола вследствие гнивания внутренних волокон и 9) непрочность заболони.

III. Пороки Д. от внешних реагентов: 1) червоточина (см. *Древесины вредители*); 2) заражение Д. домовыми грибами (см. *Грибы домовые*).

Технич. значение разных пороков Д. различно; одни лишают Д. всякой технич. пригодности, давая возможность использовать его лишь как горючий материал; другие, делая Д. непригодным для одной цели, допускают его применения для других целей; иногда представляется возможным утилизировать с технич. целью здоровую часть ствола Д., отрезав от него пораженную, напр., гнилью, часть. Предохранение Д. от гниения—см. *Дерево*, пропитка Д., *Дерево*, консервация Д., *Вулканизация древесины*, *Сушка дерева*.

Лит.: Г а р т н г Р., *Болезни деревьев*, М., 1894; А р н о л ь д Ф. К., *Русский лес*, СПб., 1899; Б р и л л и н г С. Р., *Технич. свойства строев. материалов*, М., 1926.

**ДЕРЕВО. Консервация Д.** [1], специальная обработка древесины, имеющая целью повысить стойкость древесины против гниения и других разрушающих биологич. факторов и тем сделать службу древесины более долговечною. Из вредителей древесины особенно деятельны различные грибы (см. *Гниение древесины*). Кроме того, дереву вредят также животные организмы, гл. обр. термиты и жучки. Существует не менее 170 видов термитов и жучков, являющихся вредителями древесины. Термиты, или белые муравьи, подрывают телеграфные столбы и, что особенно опасно, не трогая поверхности ж.-д. шпал, изборождают их внутри, так что шпалы теряют свою прочность, оставаясь по внешности без изменения; в тропич. странах термиты нередко поедают ценные деревянные вещи, напр., фотографич. аппараты. Некоторые породы древесины имеют специфич. вредителей из числа насекомых или грибов: так, вредителями ели являются: *Tomicus tyroglyphus*, — жук короед, или типограф, поедающий лубяной слой, и *Formica ligniper-*

da—муравей, делающий в древесине кольцеобразные ходы; вредителем дуба—*Xyleborus monographus* — жучок, пробуравливающий своими ходами дубовую древесину; существуют также водяные вредители, к-рые могут заводиться в лесном материале, прошедшем хотя бы часть своего пути морским сплавом. Сюда относятся: *Terredo navalis*—морской шанень, просверливающий всю внутренность дерева сетью переперекающихся между собою каналов; *Chelura terebrans* и *Limnoria lignorum*—жучки, повреждающие дерево с поверхности; *Pholas crispata*—бурильная раковина, и т. д.

К консервации дерева приходится прибегать в двух случаях. Иногда преследуется задача сохранения деревянного изделия высокой ценности, например, предмета искусства; здесь затраты на консервацию не играют роли при условии достижения полного технического результата. В других случаях, напротив, стоимость процесса консервации Д. имеет первостепенное значение, и даже совершенный технич. эффект не окупает процесса, если он дорог. Таковы обычные случаи применения консервации, когда дерево соприкасается с землей, подвергается действию атмосферной влаги и т. д. (ж.-д. шпалы, телеграфные столбы, рудничные крепления, погреба, жилые строения). Экономич. ущерб, наносимый в этих случаях гниением древесины, весьма велик. Так, в России, несмотря на ее слабо развитую ж.-д. сеть и обилие лесов, перемена шпал обходилась ежегодно до войны 1914—18 гг. в 12—15 млн. р., и приблиз. во столько же оценивались убытки, причиняемые грибами-вредителями строений. О значении консервации Д. в экономике мирового хозяйства можно судить по статистич. данным С. Ш. А., где в 1915 г. подверглось консервации 4 300 000 м<sup>3</sup> древесины; 80 % этого количества состояло из ж.-д. шпал, при чем 70 % шпал пропитывалось креозотом, на что требовалось его ок. 310 млн. л., а 24 % шпал пропитывалось хлористым цинком, к-рого шло 11 млн. кг. Общая стоимость расходуемых пропиточных веществ исчислялась в 9—10 млн. долларов.

Способов консервации дерева известно более 300, но патентные заявки не прекращаются [2]. Это доказывает, что еще не существует надежного и вместе экономически и технически доступного способа консервации древесины. Большинство веществ, которые задерживают разрушительную деятельность известной группы биологических вредителей, оказывается безвредным для других вредителей; так, напр., фенолы наиболее действительны против плеснев. фторион—против высокоорганизованных грибов, деготь—против термитов. Многие вещества, вполне достигающие цели при одних условиях почвы, быстро разрушаются при других, например, вследствие своей легкой растворимости в воде. Несмотря на множество вполне рациональных приемов консервации, действительный выбор в каждом отдельном случае бывает весьма ограничен. Так, кианизация, вследствие ядовитости применяемой при этом сулемы, недопустима не только в отношении жилищного леса, но и для ж.-д. шпал, т. к. употребление старых

Табл. 1.—Классификация процессов консервации дерева.

Просушка	Изоляция от воздуха	Пропитка дерева антисептиками	Удаление легко растворимых частей сока из древесины
<p>I. Просушка в печах</p>	<p>I. Покрытие непроницаемым слоем:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) гашеною известью;</li> <li>2) смесью сернокислого бария и олифы;</li> <li>3) раствором из резины и скипидара;</li> <li>4) горячим асфальтом;</li> <li>5) кипящей смесью из скипидара, сала и смолы;</li> <li>6) парафином, озокеритом и их сплавами с различными восками или битумами;</li> <li>7) смесью золы, дегтя и извести</li> </ol>	<p>I. Пропитка древесины солями тяжелых металлов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) цинка;</li> <li>2) меди;</li> <li>3) ртути</li> </ol>	<p>I. Выщелачивание древесины водой:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) японский способ — выдержка по меньшей мере 1 год в воде;</li> <li>2) способ Ф. Липпинга — годовая выдержка в текущей воде;</li> <li>3) электроскопич. выщелачивание</li> </ol>
<p>II. Просушка переменным электрич. током</p>	<p>II. Пропитка маслянистыми веществами под давлением:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) льняным или древесным маслом;</li> <li>2) нефтью;</li> <li>3) нафтеновыми к-тами;</li> <li>4) креозотом;</li> <li>5) эмульсиями крезолов и их производных</li> </ol>	<p>II. Пропитка древесины маслянистыми антисептиками:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) одно- или многократное покрытие;</li> <li>2) погружение древесины в холодную или согретую пропитывающую жидкость;</li> <li>3) проварка древесины в пропитывающей жидкости;</li> <li>4) пропитка дерева, в котором пробуровлено много отверстий (наверловка);</li> <li>5) введение консервирующей жидкости под давлением: при предшествующих действиях вакуума и окуривания, при предшествующей искусственной сушке дерева с применением вакуума или без него;</li> <li>6) введение пропитывающей жидкости гидравлическим давлением в стволы на корню и уже поваленные;</li> <li>7) всасывание деревом пропитывающей жидкости, помещенной у корня или в отверстия ствола;</li> <li>8) окуривание дерева парами консервирующего вещества;</li> <li>9) инъекция пасты («Кобра») в малые отверстия;</li> <li>10) введение антисептиков электростатич. давлением</li> </ol>	<p>II. Выварка дерева:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) воздействие горячего водяного пара в течение 60—70 ч. и затем 14-дневная водяная баня с последующей просушкой в разреженном воздухе или в камерах при 50—60°;</li> <li>2) чередующееся применение пара и вакуума с последующей сушкой в горячем воздухе, углекислоте или азоте</li> </ol>
<p>III. Просушка перегретым паром или окуриванием дерева</p>	<p>III. Пропитка древесины жидкостями, после испарения закупоривающими поры дерева:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) лаками на летучих растворителях;</li> <li>2) подсочка дерева на корню;</li> <li>3) фенольно-формальдегидными и другими синтетич. смолами;</li> <li>4) сахаром, карамелизованным в тканях дерева;</li> <li>5) петролейно-эфирным раствором парафина</li> </ol>	<p>—</p>	<p>—</p>
<p>IV. Каление дерева</p>	<p>IV. Пропитка расплавленными веществами:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) серою при 140°, а затем при 110°;</li> <li>2) парафином, озокеритом, церезином и т. д.</li> </ol>	<p>—</p>	<p>IV. Вытеснение сока гидростатическим давлением</p>
<p>V. Вулканизация («самоосмоление»)</p>	<p>V. Образование нераствор. соединений в древесине:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) пропитка жидким стеклом и затем слабою кислотой;</li> <li>2) черным анилином;</li> <li>3) квасцами</li> </ol>	<p>—</p>	<p>V. Вытеснение сока всесторонним сжатием дерева</p>
<p>VI. Обугливание дерева огнем</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>VI. Вытеснение сока сжатием (вальцовною)</p>
<p>VII. Обугливание дерева конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>—</p>

кианизованных шпал в качестве топлива может быть (и бывает) причиною ртутного отравления.

Способы консервации Д. различаются между собою по физическому процессу обработки, по составу применяемых веществ, по областям применения консервированной древесины и по стоимости. Схема классификации может исходить из того общего положения, что гниение древесины есть процесс биологический и что, следовательно, консервация дерева является, в сущности, борьбой с вредителями древесины. Сама по

отчасти по Гейнцерлингу) включает в себе систематич. перечень основных типов консервации по роду применяемых физич. процессов. Способы консервации Д. различаются также по веществам, вводимым (поверхностно или внутрь) в ткани дерева; по б. ч. эти вещества обладают, или считались обладающими, либо бактерицидными свойствами либо способностью отгонять животных-вредителей и обобщаются, не совсем точно, под одним названием антисептиков.

Общие технич. условия на пропиточные составы (табл. 2). Наряду

Табл. 2.—Наиболее действительные антисептич. средства для древесины.

Название	Задерживающая доза в %		Предельная доза в %		Химический состав
	Merulius (домовой гриб)	Penicillium (плесень)	Merulius (домовой гриб)	Penicillium (плесень)	
Каменноугольное креозотовое масло . . . . .	0,02	0,08	0,04—0,06	0,1—0,2	Смесь углеводов с $t^{\circ}_{\text{пл.}}$ 150—300°, 5—20% фенолов и твердых углеводов
Крезол-кальций . . . . .	0,01—0,04	0,08	0,01—0,04	0,08—0,1	Крезолат кальция Антраценовое масло с некоторыми примесями
Карболинеум Д. Гернанда . . . . .	0,02	0,2	0,04—0,06	0,2—0,4	
Карболинеум Авенариуса . . . . .	0,02	0,4	0,04—0,06	>1%	Смесь: 2% каменноугольного креозотового масла, 2% нафталеновой кислоты, 0,5% аммиака, воды до 100%
Крезонафт . . . . .	0,01	0,06	0,04—0,06	0,2—0,4	
Эмульсия № 2 . . . . .	0,04	0,06	0,04—0,06	0,06—0,08	35% каменноугольн. газов. смолы, 65% воды, 0,5% смоляного мыла
» № 3 . . . . .	0,04	0,06	0,02—0,04	0,08—0,1	25% газов. каменноугольн. смолы, 65% воды, 10% асфальтового масла, 0,5% смоляного мыла
» № 5 . . . . .	0,06	0,08	0,04—0,06	0,08—0,1	7,25% торфяного масла, 91,54% воды, 0,49% смоляного мыла
Гомогенизированное каменноугольное креозот. масло	0,04	0,08	0,04—0,06	0,1—0,2	Креозотовая эмульсия
Паста резонар . . . . .	0,016	0,8	0,08—0,1	1	
Индъектол (Indjectol) . . . . .	0,06	0,2	0,08—0,1	0,6—0,8	Содержит фенола 12% Повидимому, содержит соединение креозота со ртутью
Soultin cans . . . . .	0,02	0,06	0,02	0,2—0,4	
Древесный деготь . . . . .	0,1	0,4	0,1—0,2	0,6—0,8	Содержит фенолы, нафталин, парафин и эфирные масла
Торфяной деготь . . . . .	>1%	1	>1%	>1%	
Хлористый цинк . . . . .	0,4	—	0,6—0,8	0,2—0,4	
Медный купорос . . . . .	0,08	—	0,1—0,2	0,2—0,4	
Фенол . . . . .	0,02	—	0,04	0,02	

себе целлюлоза представляет одно из наиболее стойких органических соединений и, при отсутствии влаги, может сохраняться, не разрушаясь, неопределенно долго. Главным фактором разрушения древесины являются белковые вещества и другие остающиеся в древесине составные части сока, к-рые служат питательной средой для гнилостн. микроорганизмов, насекомых и других живых организмов; возникающая в этой питательной среде жизнь оказывает затем разрушительное действие и на основные части древесины. Поэтому задача консервации состоит в борьбе с вышеуказанной флорой и фауной древесины. Она может вестись различными способами: либо удалением указанных питательных веществ из древесины, либо переводом их в состояние, неблагоприятствующее развитию жизни (сушка), либо изоляцией древесины от воздуха, что препятствует, кроме того, внедрению туда новых спор и зародышей, либо, наконец, пропиткой древесины антисептич. веществами, препятствующими развитию вредителей. Табл. 1 (составленная

со специальными техническ. условиями для каждого из антисептиков можно указать общие технич. условия, вытекающие из основной функции антисептиков, а именно: 1) антисептич. вещества должны обладать достаточно сильно ядовитыми свойствами в отношении вредителей дерева; 2) ядовитые свойства в отношении людей и вообще высших животных организмов должны отсутствовать или быть возможно слабыми; 3) не должно быть сильного неприятного запаха и едких свойств; 4) вещество должно возможно глубоко и достаточно быстро проникать в древесину, равномерно распределяясь в ее тканях; 5) оно должно прочно удерживаться в древесине, не выделяться из нее действием атмосферных агентов, не испаряться и не разлагаться с течением времени; 6) не д. б. огнеопасно; 7) не должно понижать механич. свойств древесины; 8) не должно оказывать химич. воздействия на соприкасающиеся с ним металлич. части, а также на стенки пропиточных приспособлений; 9) д. б. дешево и производиться внутрен. промышленностью.

Испытание и оценка консервации Д. При чрезвычайной сложности вопроса о выборе рационального способа консервации необходимо опираться на количественные характеристики каждого из них. Для этого могут служить, кроме статистич. данных, не вполне доступных анализу, лабораторные опыты. Испытания ведутся: 1) в искусственных гноильниках, 2) на искусственной питательной среде, 3) в плоскодонных колбах с питательной средой и кусочком обработанного Д.

1) Гноильники, или гноильные погреба,—небольшие каменные здания, приспособленные к поддержанию в них постоянной сырости, равномерной  $t^\circ$  ок.  $+15^\circ$  и полной темноты. Гноильник состоит из двух отделений: в одном отделении на мокром коке укладывают в стеклянных ящиках куски древесины, обработанные испытываемым способом консервации и обложенные зараженной древесиной, которая от времени до времени меняется; во втором—дошают обшивку стен предварительно заражают и на ней укрепляют кусочки древесины с разным содержанием испытываемого антисептич. вещества; применяется также испытание подобных же кусков в жестяных ящиках с зараженной землей. 2) Испытание на искусственной питательной среде есть обычное в бактериологии получение чистой культуры грибка-вредителя на агар-агаре; цель испытания—установить ботанич. вид грибка. 3) Испытание в колбах ведется на питательной среде, на которую помещают обработанную древесину, зараженную чистой культурой типичных вредителей (*Meculius*, *Coniophora*, *Polyphorus varogarius*). Целью испытания является определение предела малого содержания антисептич. веществ, способного задержать развитие определенного грибка. Колбы содержатся в темных шкафах при средней  $t^\circ$   $20-25^\circ$ , в течение 3 мес., а наблюдение над развитием грибка производится в них систематически. По окончании полного срока испытания образцы вынимают из колб, очищают от питательной среды и мицелия, высушивают и взвешивают. Необработанные или недостаточно обработанные образцы оказываются потерявшими 50—60% своего веса, тогда как обработанные—не более 2—3%. Антисептич. сила испытываемого вещества выражается дробью  $\frac{z}{p}$ , где  $p$ —количество антисептич. вещества в  $g$  на  $100 \text{ см}^3$  питательной среды, необходимое для задержки развития грибка *Penicillium*, а  $z$ —количество того же антисептич. вещества в  $mg$  на  $1 \text{ м}^3$  древесины, вводимое при процессе консервации. Относительно силы важнейших антисептич. веществ см. *Базилит*, табл. 1 и 2. В литературе приводится убывающий ряд ядовитости ионов: Hg, Ag, Cd, Cu, Sn, Zn, Fe, Co, Cr, при чем Mg, щелочные и щелочноземельные металлы, а также большинство кислотных ионов не оказывают действия. Однако степень ядовитости иона зависит от рода вредителя.

Консервация Д. путем нагрева [3]. Различные приемы просушки, помимо своего прямого назначения—удалить содержащуюся в тканях дерева влагу и тем

задержать развитие микроорганизмов,—оказывают на древесину и другие воздействия, связанные с нагревом и карбонизацией, древесины: белковые вещества свертываются и переходят в нерастворимое состояние, а фенолы, к-рые появляются при нагреве лигнина, действуют антисептически. Просушка древесины повышенной температурой, в виде пропарки, прогрева перегретым паром, различных окуриваний, вулканизации и каления дерева в парах антисептического вещества и, наконец, обжига, применяется особенно часто в сочетании с различными пропитками, которым она способствует, раскрывая поры дерева и устанавливая в них, при его охлаждении, пониженное давление. Однако, длительное действие высокой  $t^\circ$  во многих случаях снижает механическую прочность древесины (напр., пропарка—на 15—25%, даже до 35—40%). Наиболее практичен способ нагрева, применяемый гл. обр. в Норвегии и известный под названием фурнос (*Furnos*). Он направлен на защиту опасной зоны деревянного столба и потому действителен там, где гниению подвергается преимущественно эта зона. Удобство этого способа—в возможности повторять процесс над уже установленными столбами, для чего основание столба обнажается. Особым обжигательным аппаратом, состоящим из резервуара с керосином, ручного насоса и шланга с горелкою на конце, производится обугливание столба на глубину 3 мм и на протяжении 50 см вниз и вверх от уровня земли. После этого дерево, еще не остывшее, опрыскивают сильно бьющею струею креозота, для чего имеется еще такой же аппарат, с медным наконечником на шланге и ручным насосом, нагнетающим воздух до 5—7 atm. По данным фирмы, производящей данную аппаратуру, пропитка открытого столба требует 0,6 л керосина и 2 кг креозота, при чем 2 рабочих могут пропитать 40—60 столбов в день. Глубина проникания креозота в дерево 10—13 мм.

Консервация Д. путем пропитки—см. табл. 3. Кроме того, предлагались в качестве антисептич. средств хромистые и аммониевые соединения, бура, фтористые соли, эмульсии смоляных мыл, крезолы и крезолаты, нафталин, нафтолы, 2-нафталин-сульфоновокислые соли, триоксиметилен, динитрокрезолы и динитрофенолы, гуминовые кислоты, сахарин и т. д. Однако, широкое промышленное значение получили только пропитка каменноугольным креозотом, хлористым цинком, сулемой и (еще не проверенная окончательно) обработка дерева динитрофенолами и крезолами с разными другими примесями, особенно с вторичными солями (см. *Базилит*). Остальные антисептич. средства и различные приемы, в роде обмазки, окраски, закрытия пор и т. д., в целях консервации ж.-д. шпал и телеграфных столбов, не применяются.

Пропиточные приспособления [4]. Пропитка небольших кусков древесины не представляет затруднений. Но когда консервации подлежит строевой лес, и притом в весьма больших количествах, то введение в древесину антисептич. средства ставит промышленности вопрос об устройстве тех или

Табл. 3. — Способы консервации дерева.

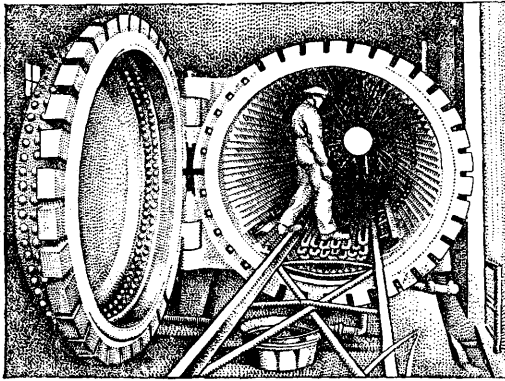
С п о с о б	А н т и с е п т и ч. вещество	П р и м е ч а н и е
Кианизация (Гомберг, 1705 г., Киян, 1823 г.)	2—3%-ный раствор сулемы (0,67%-ная концентрация в древесине)	Под этим названием известны также способы пропитки древесины и другими соединениями ртути, образующимися в дереве от воздействия на сулему соединений мышьяка, оксифенолов, свинца и т. д. и вводимыми в щелочных растворах (0,01—1%), которые от действия углекислоты воздуха дают в древесине нерастворимые осадки
Бернетизация или Лоуленский способ (Бернет, 1838 г.)	1%-ный хлористый цинк	При соприкосновении пропитанного дерева с железом образуются хлорное железо и HCl, разрушающие и повреждающие древесину. Долговечность пропитанной древесины—10 лет
Бушеризация (Бушери, 1842 г.)	1%-ный медный купорос	Быстрое выщелачивание медного купороса. Долговечность пропитанной древесины—13 лет
Пейнизация (металлизация)	Железный купорос и известковое молоко	Малодействительный способ
Бетелизация (Бетель, 1838 г.)	Автраценовое масло или креозот (под давлением в 9 atm)	Под названием бетелизация также известно видоизменение этого способа с предварительным пропариванием дерева при 100° водяными парами (Ан. П. 1396899)
Способ Грузмана (1801 г.)	Древесный уголь и железистый торф	Пропитка в янже: древесный уголь, железистый торф и вода
Способ Ковдена (1816 г.)	Морская вода	Вымачивание в течение нескольких недель. В настоящее время предлагают в СССР вымачивание в маточных рассолах, получающихся при добыче поваренной соли на соляных озерах
Способ Сандерсона (1820 г.)	Древесный деготь и древесный уксус (смесь)	Пропитка в кипящей смеси
Способ Шарпантье	Железный купорос и серноокислый алюминий	Пропитка в растворе железного купороса, а после просушки—в растворе серноокислого алюминия
Способ Бурдона (1841 г.)	Дубильная кислота (под давлением)	Гапфельт видоизменил этот способ, подвергая дерево новой пропитке раствором двесноукислого железа; однако, закисное дубильнокислое железо быстро разрушает дерево
Способ Гельса (1756 г.)	Древесный уксус или скипидар	Пробуравливание мелких отверстий в дереве и погружение в кипящий раствор
Способ Бреана (1831 г.)	Железный купорос или льняное масло	Пропитка под давлением
Способ пропитки аммиаком и салициловой кислотой	Аммиак и салициловая кислота	Пропитка дерева 16—26%-ным раствором аммиака с содержанием 0,5÷1% салициловой кислоты
Способ Поделя	Сахар и ядовитые вещества	Пропитка в слабом кипящем растворе сахара с добавлением ядовитых веществ

иных специальных пропиточных приспособлений. Наиболее достигает цели пропитка в особых автоклавах, где сначала производится разрежение, например, до 0,01 atm, а затем вводится жидкость под атмосферным или повышенным до 8—9 atm давлением. Вид такого автоклава показан на фиг. 1. Однако, затруднение иметь достаточно мощные установки этого рода, и притом близко к местам потребления, заставило искать менее громоздких приспособлений. Таковы наконечники, надеваемые на строевой лес, кольца, цилиндры с решетчатым дном, и т. д. Для пропитки комлей столбов нередко применяются открытые баки без давления, размерами 3,3 × 1,7 × 3 м (на 30—35 столбов) или 4,5 × 2,5 × 3 м (на 50—60 столбов); при этих баках имеются закрытые баки для холодного и горячего креозота: первый емкостью 52 м<sup>3</sup>, а второй 11—48 м<sup>3</sup> (фиг. 2). В других приспособлениях техника подражает змеиному зубу: накалывающее шило имеет внутри ка-

нал, а сбоку—отверстие, через которое при обратном ходе этого шила в дерево выступает под давлением антисептич. паста. Этот аппарат («Кобра» К. Шмиттуца и Негера, прибор К. Шангу) имеет то преимущество, что он применим на месте установки столбов или другого строевого леса; кроме того, накалыванию по способу «Кобра» могут подвергаться уже установленные столбы, даже когда они уже частично подверглись гниению. Вид прибора «Кобра» для бревен представлен на фиг. 3, а молотка для накалывания установленных столбов—на фиг. 4.

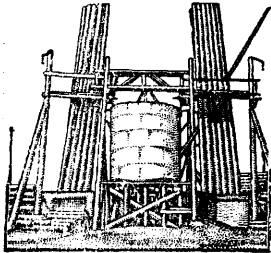
Э л е к т р о п р о и т к а [6]. Давление, вызываемое электросососом, уже давно применяется для электрич. силосования травянистых растений; вполне естественно попытки применить тот же прием для консервации дерева. Они делались во Франции Нодоном (1899 г.), Бомаргеном и Базеном (1865 г.), в Италии—Джулиани, но в предложенном виде могли быть усвоены только для лесных

материалов, не подвергающихся после обработки действию атмосферных агентов. В 1907—13 гг. подобные же опыты делались

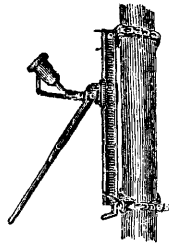


Фиг. 1.

у нас Ляцким, но тоже с малым успехом. Процесс пропитки состоял здесь в погружении пропитываемых шпал в деревянные чаны с раствором хлористого цинка при 27,5°. Помощью цинковых электродов через электролит пропускался ток в 110 V в течение 2—2½ часов. Внутренняя сторона чанов была покрыта асфальтовым лаком, а

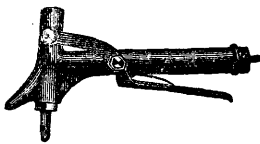


Фиг. 2.



Фиг. 3.

самые чаны—изолированы. О рациональности этого приема электропропитки нет установившегося мнения, несмотря на довольно широкий опыт в эксплуатации. Однако, несомненно, что действие тока в описанных условиях, при весьма малой проводимости дерева, не может быть значительным. Правильнее было бы не давать току идти мимо дерева по электролиту; так именно и сделано в опытах, предпринятых с 1926 года



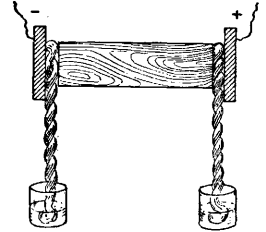
Фиг. 4.

Отделом материаловедения Всесоюзного электротехнического института. Аналогично поставленные опыты Бехгольда и Геймана с графитовыми электродами и погруженными в воду прокладками из ваты (фиг. 5) выяснили то важное обстоятельство, что электросмотич. переносом воды через дерево оно обезволивается. Так, за 14 дней, при токе в 30—40 mA и напряжении 120 V, содержание золы понизилось с 0,27 до 0,09%, при чем было потреблено 0,5 kWh энергии. В табл. 4 сопоставлены результаты этого процесса.

Табл. 4. — Результаты электросмотической пропитки дерева.

Вид древесины	Содержание золы в %			Длительность воздействия тока в сутках
	до опыта	после опыта		
		заболонь	луб	
Дуб . . . . .	0,63	0,11	0,20	30
Пихта . . . . .	0,27	0,05	0,05	30
Сосна . . . . .	0,31	0,03	0,02	15

Скорость переноса воды меняется по мере выщелачивания дерева. Так, например, в случае сосновой древесины за 23 дня она увеличилась с 2 до 8 см³/ч, тогда как сила тока соответственно упала с 47 до 15 mA. В других случаях сначала наблюдалось уменьшение скорости переноса воды, а затем возрастание. Для характеристики процесса можно указать, например, что за 1329 часов через сосновую древесину было перенесено 10,2 л воды, со среднюю скоростью около 7 см³/ч, и на этот перенос пошло 1,85 kWh энергии. Т. о., электросмотический процесс может применяться как в японском способе выщелачивания древесины, так и при ее пропитке антисептич. средством. Предлагается также просушка Д. переменным током, пропускаемым вдоль волокон [6].



Фиг. 5.

К а л ь к у л ь и я. При калькуляции прежде всего требуется знать массу пропитываемого дерева. При полной пропитке зависимостью срока службы  $L$  пропитанной древесины от количества  $x$  введенного в нее антисептического средства выражается, по Новотному, Петричу, Маленковичу и др., гиперболическому соотношению. Однако, при теоретическом выводе этого соотношения из закона химич. взаимодействия масс Гульдберга и Ваге, Ф. Мольт получил соотношение параболическое, вида  $L = a + c\sqrt{x}$ , где  $a$ —средний срок службы непропитанного дерева (обычно—5 лет), а  $c$ —характерная константа данного антисептического средства;  $L$  выражается в годах, а  $x$ —в кг. Практически, различие гиперболического и параболического соотношений невелико, при чем параболическ. закон был подтвержден опытом на пропитках антраценовым маслом по способу Рюинга. Для эконо. оценки той или другой пропитки нужно вычислить величину  $w$ , представляющую среднюю годовую стоимость службы деревянной конструкции, например, столба:  $w = \frac{A}{L}$ ; здесь  $A$  есть полная стоимость вполне установленной древесины в объеме 1 м³, слагающаяся из величины  $b$ , т. е. стоимости непропитанного дерева, перевозки до места установки, процесса пропитки, установки и проведения проводов (если речь идет о столбах электрических линий) плюс величина  $kx$ , где  $k$ —цена одной единицы данного антисептического средства. Т. о.,

$$w = \frac{b + kx}{a + c\sqrt{x}}$$

В герм. условиях 1921 г.  $b = 600—750$  мар.,



смотря по дальности перевозки дерева;  $k=80$ . За единицу антисептич. средства принимается смесь из 1 кг сулемы и 1 кг фтористого натрия, эквивалентная 4 кг смеси фтористого натрия и соли или 60 кг антраценового масла. Следовательно, в германских условиях

$$w = \frac{800 + 80x}{5 + 13\sqrt{x}}$$

Характерное число  $a$ , т. е. отношение стоимости единицы антисептического средства к полной стоимости непропитанного дерева с его установкой,  $a = \frac{h}{b}$ , составляет в современной практике почти 1:10;  $w$  зависит от  $a$  линейно и растет вместе с этим числом. Очевидно, консервация Д. имеет экономический смысл, пока годовая стоимость службы консервированной древесины ниже, чем неконсервированной, т. е.  $\frac{b+kx}{a+c\sqrt{x}} < \frac{b}{a}$  и становится невыгодной при  $\frac{b+kx}{a+c\sqrt{x}} > \frac{b}{a}$ . Иначе говоря, пропитка выгодна при  $a < \frac{c}{a\sqrt{x}}$  и невыгодна при  $a > \frac{c}{a\sqrt{x}}$ .

При вышеуказанных герм. экономических данных пропитка делается невыгодной при среднем сроке службы пропитанного дерева в 18 лет, если стоимость дерева вместе со стоимостью пропитки составляет 2 700 марок, а одной пропитки—1 820 марок, т. е. если стоимость пропитки во много раз превосходит стоимость дерева (880 мар.). При добавлении к стоимости дерева 5% на амортизацию капитала предел выгоды пропитки наступает при стоимости пропитки в 1 225 мар. Из этих соображений явствует, что выгода консервации дерева сохраняется еще при очень значительном увеличении стоимости пропитки. Фиг. 6 показывает зависимость выгоды пропитки от изменяющегося количества вводимого антисептич. средства. Одна кривая соответствует  $a=0,1$ , а другая— $a=1$ , при чем для последнего случая учтены также и проценты. С 1900 года на практике  $a$  колеблется между  $\frac{1}{6}$  и  $\frac{1}{15}$ . Как показывает характер кривых, уменьшение количества антисептич. средства, сравнительно с применяемым в настоящее время, сильно изменяет экономичность консервации, тогда как увеличение оказывает малое действие. Таким обр., с применяемыми антисептич. средствами при  $a=0,1$  почти достигается предел экономичности. Вычисление капитала  $B$ , вложенного в консервированный лес, со включением процентов  $f$  на затраченный капитал, может быть произведено по формуле Карловича:

$$B = A \left[ 1 + \frac{f}{L \cdot 100} \left( \frac{L^2 + L}{2} \right) \right],$$

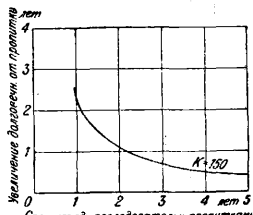
где  $A$  есть полная стоимость 1 м<sup>3</sup> загото-

вленной и консервированной древесины, а  $L$ —срок службы ее.

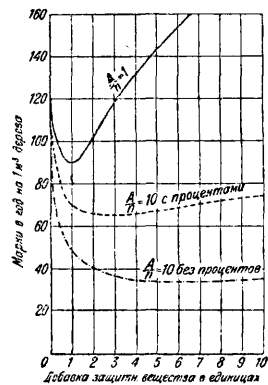
Из способов неполной пропитки Д. особое значение получил процесс фуриос, особенно уместный в Норвегии в виду умеренно влажного климата и гниения столбов в поверхностных слоях почвы. П. Фунье предлагает для ориентировочных калькуляций выгоды этого способа соотношение

$$\frac{i}{n} (g + t) = \frac{K}{g} t,$$

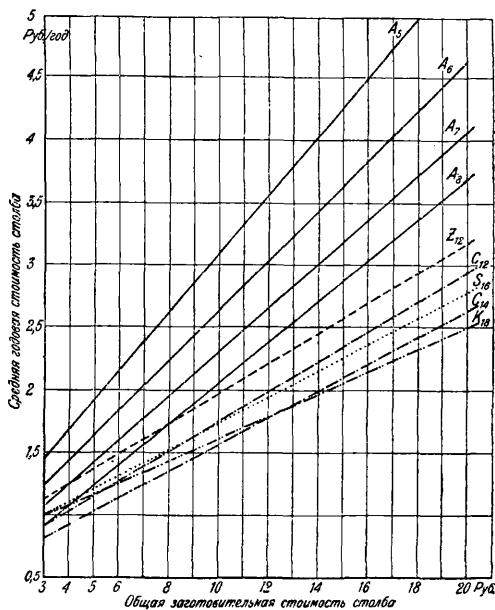
которое показывает, на сколько лет  $t$  надо продлить средний срок службы  $g$  консервированного столба, для того чтобы расходы по единичному процессу консервации, повторяемому через  $n$  лет, и стоимость  $K$  вполне монтированного столба дали экономическое равновесие. Т. к. величины  $i, g$  и  $K$  в данных условиях вполне определены, то соотношение связывает  $n$  и  $t$ . Для норвежских условий расходы на консервацию одного столба способом фуриос определяются в 3 кроны (сюда не включаются расходы по удалению гравия и обратной его засыпке, т. к. они должны производиться для предотвращения оснований и неконсервированных



Фиг. 7.



Фиг. 6.

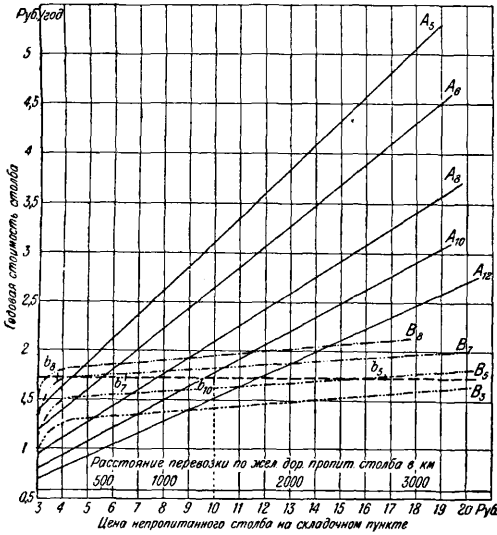


Фиг. 8.

столбов). Стоимость монтированного столба  $K$  равна 150 кронам. Для сосновых столбов, применяемых в Норвегии, и в условиях норвежского климата,  $g=10$  годам. Фиг. 7 дает зависимость между  $n$  и  $t$ . Так, например, если столбы обрабатываются ежегодно, каждые 3 года или каждые 5 лет ( $n=1, 3$  или  $5$ ), то срок службы должен быть продлен на

2,5 или 0,72 или 0,42 года, для того чтобы применение консервации было выгодно.

Графическое сопоставление средней годовой стоимости телеграфных столбов, непропитанных и пропитанных разными способами, показано (по Б. С. Комарову) на фиг. 8: индекс показывает средний срок службы в годах, при чем сплошные линии *A* относятся к непропитанным столбам; пунктирные



Фиг. 9.

линии — к сосновым столбам; *Z* — пропитка хлористым цинком; *S* — кианизация сулемой; *C* — по способу «Кобра» и *K* — креозотом. Как видно из графика, наиболее выгодной при низких заготовительных ценах столбов (до 10—12 руб.) оказывается пропитка креозотом, тогда как пропитка хлористым цинком наименее выгодна и при среднем сроке службы до 7 лет, оказывается, даже не окупает пропитки. На фиг. 9 графически сопоставлена (по Б. С. Комарову) годовая стоимость непропитанных столбов со стоимостью пропитанных столбов при ж.-д. транспорте из других районов: сплошные линии *A* относятся к столбам, пропитанным креозотом, при чем *A*<sub>5</sub> — к еловым столбам, *A*<sub>6</sub> и *A*<sub>8</sub> — к сосновым, *A*<sub>10</sub> — к дубовым, *A*<sub>12</sub> — к лиственничным (индекс — средний срок службы); линии *B* относятся к сосновому столбу, пропитанному креозотом, при чем здесь индекс указывает стоимость в рублях, франко-склад хранения на месте назначения. Эти графики позволяют решить вопрос о целесообразности транспортирования сосновых столбов, пропитанных креозотом. Для этого через точку стоимости непропитанного столба, заготавливаемого для данной местности (напр., 10 руб.), проводится параллель оси, которая пересечет линию *A*<sub>10</sub> в точке *b*<sub>10</sub>, что соответствует годовой стоимости этих столбов 1 р. 74 к. Точки пересечения *b*<sub>8</sub>, *b*<sub>7</sub>, *b*<sub>5</sub> горизонтали через *b* с линиями *B* показывают, что такую же стоимостью будут обладать столбы: а) пропитанные креозотом с заготовительной стоимостью 8 руб., включая транспорт с э-да до места установки на расстоянии 130 км (*b*<sub>8</sub>); б) такие же столбы за-

готовительной стоимости 7 руб., перевезенные на 700 км (*b*<sub>7</sub>); в) такие же столбы заготовительной стоимости в 5 руб., перевезенные на 2 760 км (*b*<sub>5</sub>).

Подсчет сравнительной выгоды консервации должен опираться на знание степени стойкости применяемой древесины в отношении гнилостных факторов. Европейские древесные породы м. б. по убывающей степени стойкости распределены в ряд: кедр, кипарис, дуб, ясень, лиственница, сосна, пихта, бук, ива, ольха, тополь, осина, береза. Но необходимо иметь в виду, что срок службы древесины зависит в значительной степени и от почвенных условий; напр., трубы из соснового дерева в твердом грунте выдерживают 20 лет, а в песке 4—7 лет.

Лит.: <sup>1)</sup> Илькевич К. Я., Грибы-разрушители деревянных частей строений, т. 1, Москва, 1912, (указана лит.); Макиринов И. А., Домовый гриб (*Merulius lacrymans*), его распознавание и средства борьбы, П., 1920 (указана лит.); Любимов Л. Н., Шпалы, рациональная пропитка таковых антисептиками, М.—Л., 1926; Комаров Б. С., Консервация деревянных столбов воздушных линий, «Научно-техн. сборник», М., 1926, стр. 137—154; Врем. инструкции по пропитке деревянных столбов по способу «Кобра», «Научно-техн. сборник», М., 1927, стр. 211—226; Комаров Б. С., Распространение антисептиков в столбах, «Жизнь и техника связи», М., 1928, 3, стр. 38; Ростовец С. И., Гниение полов, стен, балок и пр. в жилых помещениях и меры борьбы с ним, М., 1905; Шапошников Е. М., Современное положение консервации деревянных столбов воздушных линий, «Электричество», Л.—М., 1925, 6, стр. 372—375; Карлович В. М., По вопросу о замене на русск. ж. д. деревянных шпал железными поперечниками, «Журнал М-ва путей сообщ.», СПб, 1887, 15; Groschell E., Handbuch d. Holzkonservierung, B., 1916; Heinzerling G., Die Konservierung d. Holzes, Halle, 1885; Andrés L. E., Die Konservierung d. Holzes, W.—Lpz., 1895; Horner R. R., Bibliogr. of Articles Relating to the Preservation of Mine Timber, Wash., 1922; Handbook of Wood Preservation, Wash., 1916; Weiss H. F., Preservation of Structural Timber, N. Y., 1916; Weiss H. F., Preservative Treatment of Timber, «Internat. Engineering Congress in San Francisco», 1915, 99; <sup>2)</sup> Собрания предложений по консервации дерева: Armeingaud, «Polyt. Ztbl.», Lpz., 1875, p. 285; Stöckhardt J. A., «Jahresbericht über d. Leistungen d. chem. Technologie», Lpz., 1857, p. 446; Halen S., «Kunststoffe», Mch., 1912, B. 2, p. 424, 449, 461, 1913, B. 3, p. 224, 267, 1919, B. 9, p. 45; Rütgers J., «Deutsche Industrie-Ztg.», B., 1868, p. 203; Röslers M., «Polyt. Notizbl.», Mainz, 1868, p. 257; «Glückauf», Essen, 1904, 15; «Ch.-Ztg.», Cöthen, 1909, p. 701; «Braunkohle», Halle a/S., 1911, B. 11, p. 717; Weiss H. F., «Kunststoffe», 1913, p. 310; Marschalk, ibid., 1917, B. 7, p. 60, 77; Kimberg W., «Z. ang. Ch.», 1921, Jg. 34, p. 183, ibid., 1915, Jg. 28, 3, p. 181; Scholl M., «Kunststoffe», München, 1917, B. 7, p. 46—49; Moll Fr., ibidem, 1915, B. 5, p. 1, 15, 39, 52; Moll Fr., ibidem, p. 169, 182, 210, 219; Moll Fr., «Z. ang. Ch.», 1927, Jg. 40, 21, p. 583—585; Ан. П. 1413716; Г. П. 213864, 276211, 256633, 27855, 228268, 261240, 33973, 158103, 132435, 220454; Гуленко, «Труды 24 Съезда инженеров сл. пути», М., 1923, стр. 164; <sup>3)</sup> Г. П. 129003, 141174, 162784, 167114, 169182, 169343, 172965, 175881, 176527, 208504, 208661, 212911, 238347, 231238, 244659, 257147, 281793, 282359, 295644; Любимов Л. Н., «Труды Съездов инженеров сл. пути»; «Железнодорожное дело», СПб, 1907, 20; Григорьев В. А., Электропропитка дерева по способу В. А. Ляцкого, СПб, 1914; Vechhold H. u. Neumann E., «Ztschr. f. Elektrochemie u. ang. physik. Chemie», Lpz., 1927, B. 33, 3, p. 161—170; Кианизация: Г. П. 240988, 274662, 289504, 289505, 281842, 289990, 310875; «Techn. Rundschau», B., 1908, p. 538; Nowotny K., «ETZ», 1916, H. 39, p. 1; Moll Fr., «Z. ang. Ch.», 1913, B. 26, p. 439; Nowotny K., «Allgem. österr. Chemiker- u. Techniker-Ztg.», Wien, 1918, p. 215; <sup>4)</sup> Г. П. 256633. П. Флоранский.

**ДЕРЕВО. Пропитка Д.**, временное или постоянное введение твердых или жидких тел в каналы и поры, а иногда также и в клетки древесины, с целью изменить физич. или химическ. свойства древесины в определенную

сторону и тем повысить ее специальные технич. функции или придать ей новые. По совокупности своих физико-химическ. свойств, микроструктуре, экономической доступности и разнообразию видов древесины представляет собою один из наиболее замечательных материалов. Но вместе с тем некр-ые ее свойства понижают почти во всех случаях более ответственного применения полноценность древесины как материала и нередко служат препятствием к ее использованию. Пропитка, внося соответственную поправку, позволяет древесине занять в промышленности место, отчащаящее ее природной ценности. Однако, деревопропиточная технология не имеет еще систематич. разработки, и в настоящей статье могут быть приведены лишь отдельные примеры.

Классификация пропиток дерева. Функциональная классификация пропитки Д., имеющая в виду специальную службу, к которой предназначается пропитываемая древесина, представлена в табл. 1.

Табл. 1.—Функциональная классификация процессов пропитки дерева.

Улучшаемые качества	Применение
<b>1. Механические:</b>	
Плотность . . . . .	Машинные валы и пр. Грабельные зубья, ткацкие челноки, детали машин
Твердость . . . . .	
Вязкость . . . . .	Мебель Штампованные деревянные изделия
Пластичность . . . . .	
Прочность на разрыв } Прочность на изгиб } Прочность на сжатие }	Точная механика, авиационное дело, детали машин
<b>2. Структурные:</b>	
Жидкосте- и газопроницаемость . . . . .	Аккумулят. сепараторы, элементные пористые сосуды
Проницаемость для жидкостей и газов . . . . .	Ванны и баки для химич. и электрохимич. процессов, сосуды для элементов и аккумуляторов, классные доски
Нерастрескиваемость . . . . .	Точная механика, оборудование строений и т. д.
Неизменяемость формы . . . . .	Точная механика, тонкие детали машин и т. д.
Негигроскопичность . . . . .	Оборудование жилищ, точная механика, электротехника и т. д.
<b>3. Химические:</b>	
Химическая стойкость . . . . .	Ванны и баки для химич. и электрохимич. процессов, белильные камеры, элементные бачки, лабораторные столы
Биологическая стойкость . . . . .	Строительство, ж.-д. шпалы, телеграфные столбы, лесной материал
Невоспламеняемость . . . . .	Строительный и корабельный материал
<b>4. Акустические:</b>	
Незначительность декремента затухания акустических колебаний . . . . .	Деки и другие части музык. инструментов, грамофонные мембраны
<b>5. Оптические:</b>	
Цвет . . . . .	Мебельные и поделочные имитации Предметы искусства, поделки Изучение строения древесины, поделки
Блеск . . . . .	
Прозрачность . . . . .	
<b>6. Электрические:</b>	
Электропроводимость . . . . .	Аккумуляторные сепараторы, элементные пористые сосуды
Электронепроводимость . . . . .	Штыри изоляторов; штаги зонтичных изоляторов; вторая ступень изоляций в распределит. установках; установочный изоляционный материал

Технологич. классификация, исходящая от процессов, применяемых при пропитке, содержится в табл. 2. Возможна, наконец, материальная классификация, по характеру пропитываемой древесины как исходного материала, с целью наметить для каждого рода древесины наиболее подходящие к ней способы пропитки.

Прокраска дерева. Изменение цвета древесины путем прокраски ее тканей имеет целью сообщить древесине более красивый или более соответствующий данной потребности вид или имитировать вид другой, более ценной древесины. Прокраску можно подвергать как живые, так и мертвые ткани дерева. Для пропитки живых тканей по способу Страсбургера и Бушери в корне живого дерева высверливают углубление, куда медленно вводят около 10 л 1%-ного раствора какой-либо каменноугольной краски, напр., малахитовой зеленой или метиловой синей (эозин мало пригоден), или солянокислого анилина, или других оснований, дающих

цветную реакцию с лигнином. У березы раствором солянокислого анилина, без добавочного давления, в течение двух дней окрашиваются даже крона и листья. Можно применять также растворы веществ, дающих окраску при последующей обработке лесного материала, например, раствор таннина, дающий с аммиаком темный тон. Можно вводить красящие, консервирующие и другие вещества в волокна луба; Л. Эттингер применял окислители и экстракты коры. Красящие или иные растворы можно подводить также по способу Пшимера, непосредственно к корням, наливанием в сделанные из глины блюдцеобразные углубления под обнаженными корнями [2]. Преимущество прокраски живой древесины сравнительно с прокраской мертвой— в богатстве и игре оттенков. При прокраске мертвой древесины в больших кусках основная задача состоит во внедрении красящего раствора во всю толщину древесины. Один из приемов такого внедрения заключается в следующем: помещенную в замкнутый бак древесину подвергают действию спиртовых паров, после этого бак эвакуируют и заливают красящей жидкостью, в которой древесину выдерживают под давлением в течение около 12 часов. Трудно прокрашиваемую древесину сперва пропитывают легко проникающими летучими жидкостями — эфиром, бензином или же четыреххлористым углеродом— и затем погружают в горячую красящую ванну под давлением, в которой проваривают в течение 2—12 часов;

Табл. 2. — Технологическая классификация процессов пропитки дерева.

Характер процесса	Применяемое вещество	Назначение
Удаление тех или иных составных частей древесины для раскрытия пор	Обессмоление петролевым эфиром и соответствующим растворителями; удаление инкрустирующих веществ к-тами и щелочами	Анкумуляторные сепараторы, элементные пористые сосуды, резонансные доски; подготовка к некоторым пропиткам
Отложение тончайших слоев краски на поверхности пор или также в клетках	Каменноугольные или растительные краски	Подделочная древесина
Химич. изменение некоторых составных частей древесины, изменяющее их цвет	Соли анилина, в некоторых случаях соли железа, и т. д.	Подделочная древесина: учебные доски, лабораторные столы и т. д.
Обволакивание тканей дерева покровом, защищающим их от воздействия различных агентов	Растворимое стекло, соли квасцов, выделяющие глинозем, и т. д.	Огнестойкая строительная и машиная древесина
Отложение в порах дерева кристаллов, механически препятствующих возможности усушки или изменения формы	Различные растворимые, но не гигроскопические соли	Древесина, стойкая в отношении изменений $t^{\circ}$ и влажности
Отложение веществ, которые при дальнейшей обработке (напр., нагревом) соединяются с составными частями древесины и меняют их свойства	Сахар, резинит, льняное масло, и т. д.	Древесина с повышенной твердостью и стойкая в отношении $t^{\circ}$ и влажности, в частности, резонансные доски
Полная закупорка пор дерева водупорным и химически нейтральным веществом	Парафин, церезин, продукты фенольно-формальдегидной и других конденсаций, смолистые лаки, асфальт, черный анилин, сера, и т. д.	Химически стойкая водупорная электроизолирующая древесина
Введение в ткани дерева веществ, выделяющих огнегасящие газы	Соли аммония, соли нитрированных и сульфированных фенолов, и т. д.	Огнебезопасная строительная и машиная древесина
Введение в ткани дерева легкоплавких, пламязаливающих веществ	Соли магнезия, бура, фосфорная к-та, некоторые соли, и т. д.	Огнебезопасная строительная и машиная древесина

применяют также вакуум. Красители желательно во всех случаях применять кислые. Вполне ровной прокраски достигают предварительной 24-час. выдержкой дерева в аммиачном 3%-ном растворе перекиси водорода; затем дерево проваривают в растворе 2—5 г краски в 2,5 л воды, под избыточным давлением 0,5 atm (для толстых пластин—от 2 до 3 atm), в течение 2—6 час.; толстые пластины предварительно проваривают в воде при 4 atm. Черную прокраску дереву придают, проваривая его в 10%-ном растворе едкого натра, а затем—выдерживая 12 час. под слабым давлением в ванне, содержащей отвар синего сапдала, древесноуксуснокислого железа и нитрозин. Серый цвет придают многократным погружением в холодный слабый раствор древесноуксуснокислого железа. По способу Кегеля, дерево выдерживается двое суток под давлением в 3%-ном растворе мыла и затем окрашивается инъекцией однородного коллоидного раствора; последний получается растворением осадка от основного и кислого красителя (например, блестящий зеленый и черный нафтоловый) в избытке одного из них, при чем от действия мыла осадок выпадает. Разноцветная окраска древесины достигается инъекцией красителей через кожаные или каучуковые шаблоны [2].

Черная прокраска древесины, одновременно с закупоркой пор и сообщением ей водонепроницаемости и значительной хим. стойкости (напр., для классных досок, лабораторных столов и т. д.), достигается образованием в тканях древесины черного анилина. Процесс ведется посредством 2-3-кратной протравки древесины через нанесение на ее поверхность (напр., тряпкой) раствора соляно-

кислого анилина; между последовательными протравками должно пройти не менее 12 час. Затем на поверхность дерева наносят полунасыщен. водный раствор бертолетовой соли с 2—5% медного купороса; процесс повторяют 2-3 раза, до получения темнозеленого цвета поверхности. После этого поверхность хорошо просохшего дерева очищается шкуркой от солей и протирается горячей олифой.

Улучшение механич. свойств. Повышение твердости Д. достигается пропиткой окисными солями хрома, например, хромовыми квасцами или серноокислым хромом. Дерево может цементироваться выдержкой в вакууме и затем в течение двух часов под давлением 6—8 atm в растворе фосфорнокислого кальция или томасова шлака с сернистой к-той. Небольшие предметы, например, грабельные зубья пропитывают серноокислыми медью, железом или же алюминием, очень крепким раствором хлористого кальция и после просушки обрабатывают 20%-ным растворимым калийным стеклом; перед масляной окраской поверхность таких предметов должна быть покрыта клеевым шпаклевочным составом.

Отверждение и благородение дерева производится выдержкой его в ванне электролита (напр., хлористого цинка или поваренной соли) и последующим воздействием постоянного или переменного тока низкой частоты. Отверждение, уплотнение и способность хорошо принимать политуру достигается пропиткой дерева под давлением в расплавленных пеке, смоле, клею или асфальте при 90—150°; так, хвойное дерево уд. в. 0,62, выдержанное в течение двух часов под давлением 230 кг/см<sup>2</sup> при 150° в асфальте,

приобретает удельный вес 1,45 и прекрасно полируется. Другой прием, приводящий к подобным результатам и придающий водонепроницаемость, состоит в следующем: дерево погружают на 12 час. в раствор березового масла и затем в щелочной раствор пектиновой кислоты 40—45° Вё, в котором имеется щелочи 30% от пектиновой кислоты; через 12 ч. дерево вынимают, подвергают прессованию под давлением 20 кг/см<sup>2</sup> и сушат в течение 2-3 недель. Весьма твердый материал получается при пропитке смесью фенола и формальдегида, особенно при добавлении хлористого цинка или кислоты; обработка производится под давлением при  $t^{\circ}$  135° [3].

Механич. прочность мостовой древесины, а равно и стойкость против гниения, достигаются посредством пропитки в течение 3 час. дегтем с содой (не обязательно) растворимым стеклом при  $t^{\circ}$  около 200°. Одно только растворимое стекло дает при тех же условиях повышение прочности с 323 кг/см<sup>2</sup> до 536 кг/см<sup>2</sup>. Обработка смолистой древесины непрерывно движущимся водным раствором 1,5% хлорного железа, 2% аммиачных квасцов и 1,5—2% хлористого магния при 80—100°, с последующим остыванием в неподвижном растворе, придает ей характер дубовой древесины. Вязкость древесины акации и бургундского дуба (*Quercus cerris* L.) повышается после 5-часовой проварки в растворе из 1,5 кг древесной золы, 0,5 кг квасцов и 0,5 кг медного купороса в 100 л воды; при этом она теряет способность растрескиваться; этой обработке м. б. подвергнуто также свежесрубленное дерево. Растрескиваемость и коробление дерева устраняются также выкристаллизовыванием в его порах легко растворимых, но не гигроскопическ. солей (сульфаты, нитраты, хлориды, квасцы), которые не позволяют ему ссыхаться. Стойкости против резких изменений  $t^{\circ}$  и обессмолению способствует обработка древесины озоном. Проницаемость дерева для аккумуляторных сепараторов и сообщение ему электропроводности достигают обработкой горячим раствором соды, просушкой и последующей обработкой горячим жидким углеводородом, после чего дерево снова просушивается и погружается в сплав серы со смолы. Советуют также погружать выщелоченное дерево в концентрированный раствор поваренной соли для выкристаллизовывания ее в порах. Упругость тканей древесины, предназначенной для музыкальных инструментов, достигается, например, обработкой в вакууме следующими кислотами:

Кислота	Число частей воды на 1 ч. к-ты	
	хол. обраб.	горяч. обраб.
Солиная . . . . .	2	15—13
Серная . . . . .	3	30
Азотная . . . . .	10—20	30—60

Применяются также: крепкий раствор сернистой к-ты, слабые холодные растворы хлорноватой и хромовой к-т, а также холодный (или горячий, но не выше 100°) раствор щелочи не выше 3,5° Вё [4]. Для дек музыкальных инструментов доски из пихты *Abies resinata* обессмоливают в течение 24 час. пе-

тролейным эфиром и после просушки в тени пропитывают в течение двух суток раствором из 1 кг светлого, один раз переплавленногo стеклянного копала, 600 г сандарака и 200 г албе в 10 кг 95%-ного спирта, при чем к смолам прибавляют 300 г стеклянного порошка и 30 г камфоры или кайяпутowego масла; затем доски просушивают и подвергают дальнейшей обработке. Применяются также пропитка сахаром и квасцами и механич. обработка [5]. Пропитка сахаром или резинитом с последующим нагревом до 70—80° также дает повышение твердости, при чем пропиточный состав соединяется с веществом тканей дерева; такое дерево не коробится, не ссыхается и не разбухает даже при значительных колебаниях  $t^{\circ}$  или в паре; пропитка производится, напр., проваркой дерева в растворе из 50—250 ч. бурого тростникового сахара и 450 ч. воды, последующим охлаждением до 35°, просушкой при 15° и затем в горячем воздухе при 100° и выше в течение 24 час. Для отверждения дерева применяют еще следующ. прием: из свежего дерева раствором 0,6 кг четыреххлористого углерода и 0,25 кг 26%-ного аммиака в 100 л воды выгоняют сок; затем раствор выгоняется ацетоном, к-рый, в свою очередь, вытесняется при 35—70° льняным маслом или влажным горячим воздухом, при чем первоначальная влажность последнего, ок. 45—60%, за 12 дней понижается до 8% [6].

Сообщение дереву водупорности и химич. стойкости. Чурбаны и доски для рубки мяса пропитываются раствором из 30 ч. альбертоля, 10 ч. кумароновой смолы и 5 ч. антраценового масла в 55 ч. ацетона; раствор можно разжижать метиловым спиртом или тяжелым бензолом. Более дешевая пропитка—раствор 20 ч. пихтовой смолы, 20 ч. мягкого парафина или церезина и 60 ч. тяжелого бензина или тяжелого бензола. Применяется пропитка из льняного масла с углекислым аммонием и мелом [7].

Наиболее употребительно парафинирование дерева, сообщающее ему также хорошую водупорность и химич. стойкость, напр., в отношении хлора, щелочных растворов и т. д. Парафинирование производится разными способами, в зависимости от необходимости большего или меньшего заполнения пор парафином: поверхностное, горячим парафином, пропиткой петролейно-эфирн. раствором парафина, проваркой в парафине до прекращения выделения воздушных пузырьков, вытеснением воздуха при помощи проварки в воде и затем вытеснением воды парафином, проваркой в парафине в вакууме и затем под давлением, проваркой в смеси парафина с битумом, и т. д. Такое дерево не боится даже сильной влажности, не пахнет, обладает неизменностью формы и размеров, электроизолирующими свойствами (так, например, сухое дерево с уд. сопротивлением в  $6 \cdot 10^8 \Omega\text{-см}$  после парафинировки получает удельн. сопротивление  $37 \cdot 10^{10} \Omega\text{-см}$ ). Консервацию и реставрацию изъеденных червями деревянных предметов можно производить посредством пропитки их расплавленной при 100° смесью из 100 частей парафина с  $t^{\circ}_{пл.}$  40°, 5—20 частей парафина с  $t^{\circ}_{пл.}$  74° и 5—10 частей японского воска; предмety

охлаждают в этой смеси и затем поверхность их очищают четыреххлористым углеродом.

Придание дереву огнестойкости. Многочисленные способы пропитки Д. с целью сообщить ему огнестойкость в той или другой степени представляют сочетания сравнительно немногих соединений: 1) разлагающихся при нагревании с выделением огнegasящих газов (углекислоты, аммиака, сернистого ангидрида), или 2) заливающих сильно нагретое место легкоплавкой солью, или 3) заранее образующих около тканей дерева изолирующую от пламени оболочку. Очень часто применяемое вещество, распадаясь от нагрева, несет одновременно функции первого и второго рода, так что во многих случаях оно относится сразу к первой и ко второй группам. Из веществ первой и второй групп применяются главн. обр. соли аммония (серно-кислая, чаще всего применяемая, фосфорно-кислая, хлористая, углекислая, борно-кислая), аммиак, двойные вольфрамвокислые и фосфорвокислые аммониевые соли с натрием, затем негигроскопическая двойная серно-кислая соль с магнием, углекислый калий, фосфорная кислота, нафталинсульфоновокислый цинк, серноокислый магний и т. д. Из веществ третьей группы особенно замечательно растворимое стекло.

Примеры таких пропиток. 1) 10 ч. углекислого калия, 4 ч. борно-кислого аммония, 100 ч. воды. 2) Нагретый до 60° раствор серно-кислого и борно-кислого аммония с примесью аммиака; этот последний облегчает проникание раствора в древесину (при чем предупреждается свертывание белков), закупоривает поры, растворяет жиры и смолы, устраняет гигроскопичность древесины и понижает вязкость раствора. 3) 2 ч. хлористого цинка, 80 ч. нашатыря, 57 ч. буры, 5 ч. клея и 700 ч. воды. 4) Серноокислый аммоний и магний (напр., 5% и 20%) с солями щелочных металлов в таком количестве, чтобы образовать эвтектические смеси с магниевой солью для понижения  $t_{пл}$ . 5) 16 ч. раствора фосфорной к-ты 16° Вё, 2,5 ч. углекислого аммония, 6 ч. нашатыря, 1 ч. гуммиарабика, вода. 6) 15%-ный раствор смеси из 4 ч. фосфорно-кислого аммиака, 5 ч. серно-кислого аммиака, 2-3 ч. воднорастворимой цинковой соли. 7) После выдержки дерева в вакууме—обработка под давлением раствором из 100 ч. фосфорно-кислого аммония и 10 ч. борной к-ты в 1 000 л воды; давление должно быть применяемо осмотрительно, чтобы не понизить механич. свойств дерева, а  $t^\circ$  сушки не должна превосходить 30°. 8) 200 кг серно-кислого магния, 100 кг серно-кислого аммония, 25 кг 1-нафталинсульфоновокислого цинка или магния (предпочтительн 2-нафталинсульфоновокислый цинк) в 1 000 л воды. 9) 20 кг динитрокрезолсульфоновокислого магния или 20 кг смеси из моно- и динитрофенолсульфоновокислых солей, получаемою сульфированием 100%-ной технич. карболовой к-ты, нитрованием и нейтрализацией продукта окисью цинка или магния, или же углекислыми солями магния или кальция; дерево пропитывают в вакууме и под давлением горячим раствором из 200 кг серно-кислого магния, 100 кг серно-кислого аммония и 20 кг нитрофенолсульфоновокислого цинка

в 100 л воды. 10) Смешивают растворы растворимого стекла (45—50° Вё) и поваренной соли (24° Вё), образовавшийся гель растворяют в едком натре (26° Вё) до получения жидкости в 30° Вё, к которой прибавляют молочную сыворотку; раствор разбавляют до 20° Вё; пропитанное таким раствором дерево принимает лакировку. 11) Дерево для военных судов нагревают в закрытом баке до темп-ры выше 100°, охлаждают до 60°, выдерживают в вакууме, заливают подогретым раствором растворимого стекла, подвергают давлению в 100 atm, а затем обрабатывают нашатырем и отмывают от хлористого натрия водой. 12) Водный раствор хлористого кальция и извести; пропитка концентрированным раствором, просушка, покрытие негоряемым веществом, обжиг и покрытие смесью золы, дегтя и извести. 13) 12 ч. квасцов, 2,5 ч. серноватисто-кислого натрия, 5 ч. буры, 10 ч. серно-кислого калия, 70,5 ч. воды. 14) Раствор основного серно-кислого алюминия с серноокислым алюминием и подходящим карбонатом, до устранения осадка. 15) Раствор серноокислого алюминия с шавелевой кислотой, не действующей вредно на ткани дерева и на стенки железных баков. 16) Проварка дерева в 16%-ном фосфорно-кислом аммонии, при чем на 1 м<sup>3</sup> древесины идет 75 кг соли. 17) Сложные эфиры, кислые эфиры и соли кислых эфиров ди- и тритиоуглекислоты (ксантогенаты), иногда с примесью консервирующих или окрашивающих веществ; по испарении воды, эти соединения переходят в нерастворимую и потому не выщелачиваемую форму, укрепляют древесину, выполняя ее поры, и сообщают ей огнегасящие свойства, т. к. при нагреве такая древесина выделяет сернистый ангидрид. Можно, напр., растворить 30 г этилксантогеновокислого натрия в 1 л воды; или же смешивают 10 г картофельного крахмала с 25 г сероуглерода, прибавляют раствор 80 г едкого натра в 0,5 л воды; после долгого стояния получается густая желтая, тянущаяся в нити масса, которая при разминании с 5 л холодной воды дает вязкий раствор крахмально-ксантогеновокисл. натрия, или «крахмала-вискозы», применяемою для пропитки или покрытия дерева.

Лит.: \*) Ам. П. 1839 г.; Kleinstück M., «Z. ang. Ch.», 1913, Jg. 26, I, p. 239; Oettinger L., «Ch.-Ztg.», 1910, Jg. 34, Chem.-technisches Repertorium, p. 274; Zimmer, «Polytechn. Ztbl.», 1859, p. 552; \*) Г. П. 266708, 146133, 247651, 240126; Sonne W., «Z. ang. Ch.», 1903, Jg. 16, p. 242; Kegel M., «Z. ang. Ch.», 1912, Jg. 25, p. 1224; \*) Г. П. 291945, 429163, Ам. П. 949671; \*) Г. П. 111323, 80426, «Technische Rundschau», Lpz., 1910, Jg. 24, p. 274; Г. П. 251258, Ам. П. 1198867, Г. П. 134939; Ritter B., «Bitumen», Wiesbaden, 1917, p. 148; Г. П. 286115, 296660, 117150; «Dingl. Polytechn. Journ.», B., 1881, B. 240, p. 445; Г. П. 314723, Ам. П. 1375125, Г. П. 71839; \*) Г. П. 12422, 239142, Австр. П. 59898; \*) Г. П. 163667; Die Zuckerindustrie, T. 2, p. 354, Lpz., 1905; «Ch.-Ztg.», 1912, Jg. 36, Chem.-technisches Repertorium, p. 334; \*) König R., «Seifensieder-Ztg.», Augsburg, 1919, p. 741; Швед. П., 26956; \*) Bodmar, «Ch.-Ztg.», 1922, Jg. 46, p. 902; Winkler C., «Polytechn. Notizbl.», Mainz, 1868, 6; Hock M., ibidem, 1873, 21; «Polytechn. Ztbl.», Lpz., 1870, B. 24, p. 1139; Г. П. 303064, Ам. П. 721958, 1203577, Ф. П. 455751; \*) Moll F., «Z. ang. Ch.», 1916, Jg. 29, I, p. 339; Moll F., «Kunststoffe», Mch., 1915, B. 5, p. 1, 45, 39, 52; Jewes B., «Z. ang. Ch.», 1907, Jg. 20, p. 2094; «Ch.-Ztg.», 1913, Jg. 37, Ch.-techn. Repertorium, p. 323; Hexamer C., «Jahresbericht über d. Leistungen d. chemisch. Technologie», Lpz., 1899, Jg. 44, p. 1179; Grempe M., «Seifensieder-Ztg.», Augsburg, B. 43,

р. 1030; Norton Th., «Z. ang. Ch.», 1896, Jg. 10, p. 27; Г. П. 124409, 138807, 152006, 306600, 287744, 1099324, 248065, 271797, 333021, 162043, 171319, 113419, 144500, 162212, 238320, 273481. П. Флоренский.

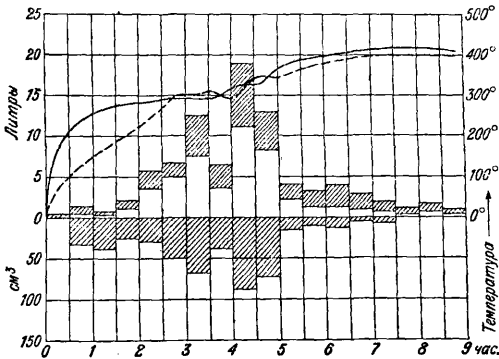
**ДЕРЕВО. Сухая перегонка Д.**—процесс разложения древесины без доступа воздуха, имеющий большое значение в промышленности для получения следующих основных продуктов: древесного угля, древесн. смолы, или дегтя, метилового (древесного) спирта, или метанола, и уксусной кислоты. В зависимости от исходного материала, к-рый подвергается сухой перегонке, или конечных продуктов, получаемых в результате процесса, в СССР установились специальные названия: углежжение, если конечной целью сухой перегонки, независимо от породы перегоняемого Д., является получение только древесного угля; смолукурение, или смолоскипидарный промысел, если используется специально просмоленная сосновая древесина—т. н. «осмол» или «смолье-подсочка» для преимущественного получения сосновой смолы и скипидара; производство дегтя, когда перегоняется береста для получения *берестового дегтя* (см.); под названием же сухой перегонки Д. у нас понимается преимущественная выработка сырого древесного спирта и сырой уксуснокальциевой соли, называемой древесным, или уксусным, порошком.

Процесс сухой перегонки Д. Простейший способ сухой перегонки дерева может заключаться в загрузке закрытой железной реторты древесиной и обогревании реторты извне; для собирания летучих продуктов перегонки реторта должна быть снабжена холодильником. При таких условиях получается вообще: 1) некоонденсирующаяся в холодильнике часть—древесный газ, 2) конденсат и 3) остаток в реторте—древесный уголь. В случае перегонки лиственной древесины получаются два слоя конденсата: верхний, называемый подсмольной водой (жидкой, древесным уксусом), и нижний, называемый отстойной смолой (отстойным дегтем); при перегонке сильно просмоленной древесины сверху подсмольной воды располагается еще третий слой—скипидар, нижний же слой представляет собою ценную основую смолу; а в тех случаях, когда перегоняется обыкновенная слабо смолистая древесина хвойных пород, скипидарный слой, в зависимости от условий перегонки, может отсутствовать, нижний же слой по своему составу и значению приближается к отстойной смоле лиственной древесины; при перегонке бересты берестовый деготь располагается над нижним водянистым слоем, не имеющим никакой промышленной ценности. При сухой перегонке Д. наибольшую ценность представляет подсмольная вода, служащая для промышленного получения уксусной к-ты и метанола; только за последнее десятилетие значение сухой перегонки Д. сильно поколебалось, благодаря успехам синтетического получения этих продуктов. Состав подсмольной воды характеризуют обычно следующие компоненты: 1) сырой древесный спирт, состоящий из метанола с примесью ацетона, метилацетата, аллилового спирта и т. н.

спиртовых масел; 2) сырая уксусная к-та, состоящая из уксусной к-ты с примесью ее гомологов, из к-рых присутствует гл. образ. муравьиная к-та; 3) растворимые смолы—все остальные вещества, находящиеся в подсмольной воде (в тех случаях, когда подсмольная вода подвергается специальной перегонке, остаток от этой перегонки, состоящий преимущественно из растворимых смол, называется кубовой, или остаточной, смолой), и 4) вода.

Важнейшим фактором, влияющим на степень разложения Д. при сухой перегонке, является темп-ра. В этом отношении процесс перегонки можно подразделить на четыре периода. В первом периоде, до 160—170°, из дерева выделяется содержащаяся в нем влага, при чем последние ее остатки удаляются в конце этого периода, когда уже начинается заметное разложение. В этом же периоде выделяется и главная масса скипидара, если перегонке подвергается хвойная древесина. Второй период, при нагревании Д. до 270—280°, характеризуется значительным разложением древесины (около половины всей массы безводной древесины), при чем преобладающим продуктом разложения является вода, при небольшом количестве к-ты, спирта и смол. Древесный газ в этом периоде состоит преимущественно из  $\text{CO}_2$  (~65% объемн.) и  $\text{CO}$  (~35%). Третий период, до 350—360°, характеризуется, во-первых, экзотермичностью протекающего при указанной  $t^\circ$  процесса, в противоположность остальным периодам, требующим поступления тепла извне, во-вторых—усиленным образованием кислоты, спирта и смол, при чем и древесный газ заметно обогащается газообразными углеводородами (~35%), тогда как содержание других газов уменьшается ( $\text{CO}_2$  ~ до 45%,  $\text{CO}$  ~ до 25%). Для целей получения уксусной к-ты и метанола можно было бы закончить перегонку на этом периоде, но обычно дерево подвергают еще дальнейшему нагреву, примерно до 400°, для повышения качества угля. Этот четвертый период характеризуется относительным преобладанием тяжелых смол и уменьшением водного дистиллата, уксусной кислоты и метанола; меняется при этом и характер древесного газа: уменьшается количество  $\text{CO}_2$  (~30%) и  $\text{CO}$  (~20%), но увеличивается количество углеводородов (~45%), а также начинает выделяться водород (~5% объемн.). Практически, когда процесс разложения дерева, в целях возможно полных выходов уксусной кислоты и метанола, производится в ретортах путем обогревания извне—перегонку заканчивают на этом четвертом периоде, т. к. дальнейшее разложение, требуя затраты значительного количества тепла, дало бы лишь некое повышение качества древесного угля, не оправдываемое расходами на топливо. В тех же случаях, когда разложение Д. производится в печах или других приборах, путем омывания Д. горячими газами, такое дополнительное разложение м. б. легко и выгодно достигнуто и имеет большое значение в целях получения хорошего металлургическ. древесного угля. Резкое разделение процесса перегонки на 4 периода возможно только в

условиях специальных опытов; в действительности же, в условиях заводского перегуливания Д. в больших ретортах, отдельные периоды сухой перегонки совмещаются, и притом в тем большей степени, чем быстрее происходит процесс перегонки.



Фиг. 1.

Процесс сухой перегонки Д. во времени, по лабораторным опытам Клазона, наглядно изображен на фиг. 1 для сосны и на фиг. 2 для березы. На этих диаграммах сплошные кривые линии показывают наружную  $t^\circ$  экспериментальной реторты, а пунктирные —  $t^\circ$  разлагаемой древесины; заштрихованные прямоугольники ниже оси абсцисс — объем дистиллата, а прямоугольники выше оси: незаштрихованные — объем  $CO_2$  и заштрихованные — объем прочих газов. В этих диаграммах обращают на себя внимание петли, образуемые линиями наружных  $t^\circ$  с  $t^\circ$  самой древесины; у сосны таких петель две, у березы одна. Эти петли соответствуют стадиям экзотермич. реакции. По опытам Клазона, количество теплоты, выделяемое в течение этих периодов, составляет для сосны 6,3%, для березы 5,9%, считая на теплоту сгорания перегоняемого Д.; для ели и бука, а также для выделенных из этих пород целлюлоз, получают цифры, близкие к указанному. В табл. 1 приведены результаты лабораторной перегонки различных пород Д. и их составных частей в % от веса исходного вещества при  $t^\circ$  до  $400^\circ$ .

Табл. 1.—Результаты лабораторной перегонки до  $400^\circ$  в % от веса исходного вещества.

Продукты сухой перегонки дерева	Древесина		Целлюлоза	
	сосны	березы	сосны	березы
Уголь . . . . .	37,83	31,80	36,93	33,39
Смола отстойная . . . . .	11,79	7,93	4,85	9,53
Уксусная к-та . . . . .	3,50	7,08	2,18	3,89
Метанол . . . . .	0,88	1,60	—	—

Как видно из этой таблицы, целлюлоза не образует метанола, и образование последнего при сухой перегонке Д. должно быть приписано другим составным частям дерева — лигнину и гемицеллюлозе. С другой стороны, береза дает вдвое более уксусной кислоты и метанола, нежели сосна; аналогичные этому результаты были получены Клазоном также для бука и ели. Выходы продуктов

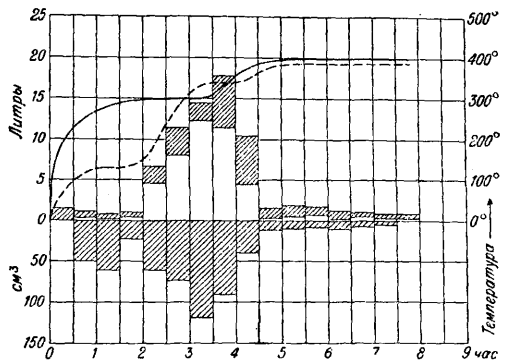
сухой перегонки лигнина и гемицеллюлозы, полученные Хейзером и Бергштремом, приводятся в табл. 2.

Табл. 2.—Выходы продуктов перегонки лигнина и гемицеллюлозы (в %).

Продукты сухой перегонки дерева	Лигнин		Гемицеллюлоза березы
	сосны	ели	
Уголь . . . . .	50,64	45,70	37,20
Смола отстойная . . . . .	13,00	13,30	11,10
Уксусная к-та . . . . .	1,09	1,28	0,51*
Метанол . . . . .	0,90	0,83	—

\* Все к-ты в пересчете на уксусную к-ту.

При сравнении этой таблицы с предыдущей видно, что лигнин дает повышенные выходы угля и смолы по сравнению с целлюлозой, тогда как гемицеллюлоза отличается от последней, главным образом, пониженным выходом к-ты, а, с другой стороны, она также служит основным источником фурфурола, всегда встречающегося в продуктах сухой перегонки Д. Общее заключение, к-рое можно в настоящее время сделать на основании этих и аналогичных экспериментов,



Фиг. 2.

сводится к тому, что единственным источником метанола при сухой перегонке Д. является лигнин за счет содержащейся в нем метоксильной группы  $ONH_2$ , тогда как уголь, смола и уксусная к-та являются продуктами разложения всех трех главных составных частей Д. Наличие в древесине лигнина оказывает заметное влияние и на состав древесного газа. В табл. 3 приведены данные, относящиеся к опытам с перегонкой отдельных составных частей дерева.

Табл. 3.—Состав древесного газа в объемных %.

Составные части древесного газа	Древесина		Целлюлоза сосны	Лигнин сосны
	сосны	березы		
Углекислота . . . . .	56,37	58,67	66,59	9,60
Окись углерода . . . . .	32,64	30,77	37,79	50,90
Метан . . . . .	8,99	8,81	3,88	37,50
Др. углеводороды . . . . .	2,00	1,75	1,74	2,00

В этой таблице обращает на себя внимание малый выход  $CO_2$  и повышенный выход



$\text{CH}_4$  из лигнина; последнее обстоятельство объясняется тем, что метоксильные группы  $\text{OSi}_3$  лигнина служат не только для образования метанола, но также и для образования метана. Эти анализы, относящиеся к  $t^\circ$  перегонки не выше  $400^\circ$ , указывают на отсутствие водорода, выделение к-рого начинается только по достижении  $t^\circ$  в  $400^\circ$ . Качество древесины также отражается на выходах продуктов перегонки. Как правило, стволовая и здоровая древесина дает при перегонке лучшие результаты, нежели сучья и корни и гнилая древесина; кроме того, при гнилой древесине качество угля резко понижается в смысле уменьшения его прочности. Самый химизм процесса сухой перегонки Д., по мысли Клазона, изучавшего в этом отношении перегонку березы, должен происходить в две стадии. В табл. 4 приведены результаты опытов Клазона при перегонке дерева в вакууме и при обыкновенном давлении.

Табл. 4.—Продукты перегонки при вакууме и при обыкновенном давлении в % от сухого вещества.

Условия сухой перегонки	Уголь	Смола	Метанол	Ацетон	Все к-ты	В том числе	
						уксусная к-та	муравьиная к-та
Вакуум:							
Катодный . . . . .	19,38	43,66	—	—	10,20	7,05	2,40
5 мм рт. ст. . . . .	19,54	37,18	1,20	0,03	10,05	7,05	2,30
Обычн. в. давл.:							
Продолж. 3 час. . . . .	25,51	18,00	1,49	0,16	7,42	6,50	0,71
» 8 » . . . . .	30,85	16,94	1,47	0,20	7,57	6,77	0,61
» 16 » . . . . .	33,18	10,10	1,50	0,22	7,30	6,58	0,55
» 14 » . . . . .	39,44	1,80	1,41	0,35	6,91	6,48	0,33

Из этой таблицы видно, прежде всего, что перегонка в вакууме дает повышенный выход смолы и малый выход угля. Образование такой «первичной» смолы (которая и по внешним свойствам оказывалась отличной от обыкновенной отстойной) Клазон считает первой стадией разложения дерева. В дальнейшем, в силу медленности разложения при обыкновенном или повышенном давлении, происходит уже вторая стадия процесса, состоящая в разложении этой первичной смолы на вторичные продукты разложения, благодаря чему повышается выход угля, и отстойная смола получает обычный вид и состав. Обращает также на себя внимание значительное содержание муравьиной кислоты в первой стадии и резкое падение его при увеличении продолжительности перегонки, тогда как выходы уксусной к-ты уменьшаются незначительно, метанола же—остаются без изменения. Выход ацетона при увеличении продолжительности процесса также заметно возрастает. Влияние повышенного давления на выходы продуктов перегонки видно из опытов Пальмера (табл. 5) при сухой перегонке березы.

Последовательный порядок образования различных продуктов сухой перегонки Д. можно видеть на диаграмме, составленной по опытам Пальмера (фиг. 3) и показывающей выходы (в % от общей продукции): I—муравьиной к-ты, II—уксусной кисло-

Табл. 5.—Продукты перегонки березы при повышенном давлении в %.

Продукты сухой перегонки	Давление в абс. atm		
	1,0	5,2	9,4
Уголь . . . . .	36,61	39,50	40,48
Смола отстойная . . . . .	16,96	11,70	9,08
Древесный газ . . . . .	16,03	20,13	21,21
Уксусная к-та . . . . .	6,32	5,61	5,44
Древесный спирт . . . . .	1,42	1,50	1,53

ты, III—метанола, IV—растворимой смолы, V—всей смолы и VI—отстойной смолы.

На практике при сухой перегонке Д. важнейшими факторами, влияющими на выходы продуктов, являются: регулирование  $t^\circ$  нагрева, скорость перегонки и влажность Д. Что касается регулирования  $t^\circ$  нагрева, то произведенные в этом отношении

опыты Пальмера определенно указывают, что наимыгоднейшие результаты получаются при условии сильного прогрева Д. во время первой стадии, т. е. высушивания древесины, и в дальнейшем—очень медленного повышения  $t^\circ$ , особенно в экзотермическ. стадии. При таких условиях выходы уксусной кислоты получились больше на 30% и древесного спирта на 14%, чем в случае сильного нагрева от начала до конца операции. Вли-

ние скорости перегонки на выходы можно видеть из табл. 6 (по опытам Боргезани с перегонкой древесины каштана, где скорости относились, как 1 : 20).

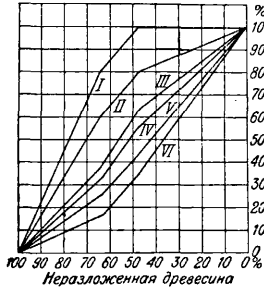
Табл. 6.—Влияние скорости перегонки на выходы продуктов (в %).

Продукты сухой перегонки	Медленная перегонка	Быстрая перегонка
Уголь . . . . .	27,31	22,76
Смола отстойная . . . . .	3,96	3,30
Уксусная к-та . . . . .	2,70	2,25
Метанол . . . . .	0,68	0,56
Ацетон . . . . .	0,07	0,06
Древесный газ . . . . .	13,20	23,19

Влияние влажности Д. на выходы продуктов проявляется гл. обр. в регулирующем действии влаги на скорость нагрева Д. Слишком сухое Д., при наличии большой его массы, как это имеет место в заводских условиях работы, обуславливает быстрое самопроизвольное течение экзотермич. стадии перегонки, тогда как, по вышеупомянутым опытам Пальмера, эта стадия д. б. особенно замедляема. В этом отношении, по указанию Кляра, наимыгоднейшая величина влажности древесины находится в пределах 10÷20%, тем более что повышенное содержание влаги в Д., помимо избыточного расхода топлива на переработку разжиженной

подсмольной воды, усиливает также и потери спирта, и особенно—уксусной кислоты.

Относительные выходы первичных продуктов сухой перегонки—подсмольной воды, отстойной смолы, угля и газа (по весу)—для различных пород Д. очень мало отличаются друг от друга, составляя для подсмольной воды  $40 \div 45\%$ , отстойной смолы— $5 \div 10\%$ , угля— $30 \div 35\%$  и газа  $15 \div 20\%$  от веса сухого вещества Д. В практике сухой перегонки количество Д. обычно измеряется объемными единицами, а именно: складочными  $m^3$ , почему все выходы как первичных, так и конечных продуктов учитываются в кг на 1 складочный  $m^3$ . В табл. 7



Фиг. 3.

дочными  $m^3$ , почему все выходы как первичных, так и конечных продуктов учитываются в кг на 1 складочный  $m^3$ . В табл. 7

Табл. 7.—Выходы в кг на 1 складочный  $m^3$  воздушно-сухого дерева.

Порода дерева и заводы	Подсмольная вода	Отстойная смола	Древесный уголь	Общий выход *	
				уксусная кислота	древесный спирт
<b>Американские з-ды</b>					
Смесь бука, березы, клена . . .	230—235	—	116—122	18,4—19,6	8,2—9,4
<b>Немецкие з-ды</b>					
Бук . . . . .	192—206	15—19	100—106	16,0—20,7	6,7—7,2
Хвойные . . . . .	160	10	80	6,3	2,7
<b>Шведские з-ды</b>					
Хвойные . . . . .	165—170	7—10	72—84	7,6—8,9	2,2—2,6
<b>З-ды СССР</b>					
Береза . . . . .	220—230	12—14	96—103	19,8—21,2	5,5—6,7
Осина . . . . .	190—205	7—9	80—88	15,6—16,2	4,0—5,2
Хвойные . . . . .	170—185	10—16	76—80	7,2—8,6	2,5—2,9

\* В пересчете на 100%-ные сырые продукты.

приведены средние результаты заводской работы (при перегонке в железных ретортах) относительно сырых первичных продуктов перегонки в пересчете на 1 складочный  $m^3$  воздушносухого Д.

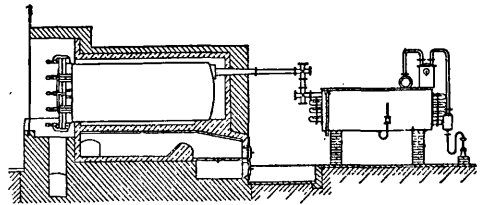
Аппараты для сухой перегонки Д. В настоящее время существует весьма много различных систем аппаратов для сухой перегонки Д., но лишь некоторые из них дают максимальные выходы к-ты и древесного спирта, т. к. значительная часть их преследует преимущественно задачи углежжения и потому мало или совсем не приспособлена к улавливанию летучих продуктов перегонки. Основные требования, к-рым должен удовлетворять хороший аппарат для получения максимальных выходов уксусной кислоты и древесного спирта, сводятся к следующему. 1) Конструкция аппарата должна обеспечивать полное равномерное разложение Д. при отсутствии вредных перегревов, понижающих выходы к-ты и спирта. Это условие в большинстве аппаратов выполняется достаточно удовлетворительно. 2) Стенки камеры, где разлагается древесина, должны быть непроницаемы для летучих продуктов разложения. Этому условию

в полной мере удовлетворяют железные реторты, к-рые дают максимальный выход при прочих равных условиях, тогда как аппараты с кирпичными стенками дают выходы на 15—25% меньшие. 3) К продуктам разложения Д. не должны примешиваться дымовые газы топлива, так как в дымовых газах содержится кислород, обуславливающий сторание уксусной к-ты и древесного спирта. По этой причине многие печи, получившие широкое применение в углежжении и работающие по принципу непосредственного нагрева Д. дымовыми газами, дают на 40—60% пониженные выходы ценных продуктов и м. б. выгодны для получения древесного порошка и спирта только в исключительных случаях; таковы, напр., америк. печи «кильные», когда они работают на твердых породах в условиях крупного производства. Наиболее же целесообразными для получения летучих продуктов перегонки являются такие конструкции, в к-рых прогрев Д. происходит либо за счет лучистой теплоты

нагреваемых стенок или же специальных нагревательных приборов, либо за счет непосредственного прогрева дерева газами, не содержащими кислорода. Простейшей и наиболее распространенной для малых установок конструкцией этого рода являются малые горизонтальные реторты (фиг. 4).

Емкость таких реторт колеблется от 1,5 до 4  $m^3$ . Кустари на Ветлуге, а также некоторые небольшие заводы, пользуются так назыв. казанами, емкостью 1,6  $m^3$ , которые отличаются от реторт, изображенных на фиг. 4,

большой легкостью и примитивностью деталей и, кроме того, применением воздушного охлаждения в виде системы деревянных выдолбленных труб. Работа на подобных ретортах идет следующим образом. После удаления остатков угля от предыдущей гонки

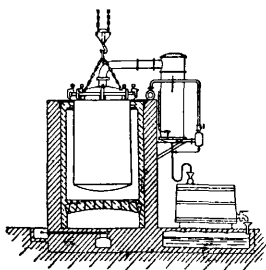


Фиг. 4.

работе быстро забрасывают реторту вручную дровами, отчасти даже влезая в реторту, чтобы плотнее уложить задний ряд дров, затем плотно закрывают переднюю крышку реторты, промазывая ее глиной и затягивая клиньями, винтами и т. п., после чего закрывают переднюю стенку печи заслонкой и разводят в топке сильный огонь. По мере прогрева реторты конденсируемые продукты разложения Д., пройдя через холо-

дильник, отводятся по трубам в сборники и подсмольной воды и смолы—деревянные чаны достаточной емкости, тогда как несгущаемый древесный газ, пройдя через находящийся наверху холодильника промывной бачок, поступает в сборную газовую магистраль, соединенную с топками реторт, где и сжигается, уменьшая т. о. расход топлива. По истечении 12—24 часов, в зависимости от размера реторт, степени сухости Д. и интенсивности прогрева, процесс заканчивается. Дав реторте несколько остыть, быстро выгружают уголь в тушильники, т. е. небольшие железные ящики с крышками на глиняной замазке, где уголь и остывает в течение 12—24 ч., после чего он может быть выгружен без опасности его воспламенения на воздухе. Конструктивная простота подобных реторт и их доступность являются их главным преимуществом, почему они и получили значительное распространение в небольших спирто-порошковых предприятиях, перерабатывающих 20÷40 м<sup>3</sup> Д. в сутки. Но малая производительность этих реторт (от 2 до 4 м<sup>3</sup> в сутки), большая потребность в рабочей силе (на одного человека приходится от 1,5 до 2,0 м<sup>3</sup> в сутки), потеря значительного количества (10÷15%) ценного древесного угля, который частично сгорает и крошится при спешной выгрузке в горячем состоянии,—все эти недостатки исключают возможность применения указанных реторт в крупном производстве.

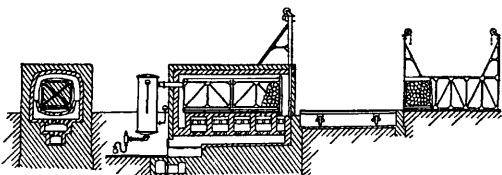
Более совершенными являются т. н. выемные реторты, б. ч. вертикальные, получившие особенное распространение во Франции (фиг. 5). При поднятии реторт из печи отводное колено, ведущее в холодильник, разъединяется; реторта переносится краном на специальную вагонетку, охлаждается на открытом воздухе, после чего особым механизмом устанавливается горизонтально для облегчения выгрузки угля и загрузки Д.



Фиг. 5.

По окончании загрузки реторта вновь устанавливается в печь и соединяется с отводом. Преимущество этих реторт заключается в увеличении производительности, в экономии топлива, более гигиенических условиях работы и лучших выходах угля, к-рый, благодаря достаточному охлаждению, теряет способность загораться при выгрузке. К недостаткам нужно отнести необходимость иметь двойной комплект реторт и дорогое подъемное устройство, не говоря уже о расходе механической энергии на подъем тяжелых реторт с загрузкой 3—8 м<sup>3</sup> Д. Процесс перегонки в таких ретортах продолжается 12—24 ч., при суточной производительности 6—10 м<sup>3</sup> Д. Идея выдвигаемых реторт была усовершенствована в начале текущего века в том отношении, что перемещаемыми элементами сделались не реторты с полной их загрузкой, а отдельные вагонетки, помещаемые в замурованную железную реторту и связанные рельсовым

путем со складами дерева и готового угля. Эти аппараты, называемые вагонными ретортами, получили широкое распространение в С. Ш. А. Емкость таких реторт составляет 20÷50 м<sup>3</sup> (2—5 вагонеток вместимостью 7—10 м<sup>3</sup> каждая), при чем длина реторт иногда доходит до 15 м. Продолжительность обугливания—24÷36 ч. Очень часто подобные реторты снабжаются еще сушилками для Д., для чего утилизируются отработанные дымовые газы. На фиг. 6 представлена вагонная реторта системы Мейера, на 2 вагонетки. Реторта имеет четырехугольное сечение с выпуклыми сторонами, что обеспечивает ей большую жесткость при хорошем использовании ее объема. Напротив реторты, на открытом воздухе, расположен железный тушильник, имеющий тот же габарит, что и реторта, и снабженный с обеих сторон чугунными дверцами; вдоль ряда реторт и тушильников располагается движущаяся по рельсам платформа с уложенными на ней путями для передвижения вагонеток.

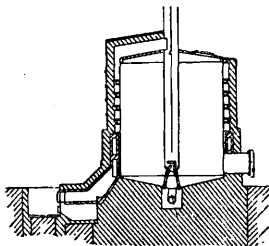


Фиг. 6.

Операции здесь идут следующим образом: по окончании процесса в реторте к ней подводят подвижную платформу, освобождают соответствующий тушильник от вагонеток с остывшим углем и, открыв дверцы печи и реторты, быстро переводят вагонетки с горячим углем в тушильник и закрывают плотно дверцы последнего. К освободившейся реторте подвозят свежий состав вагонеток с Д. Весь этот процесс загрузки и выгрузки требует не более 30 мин. при 4-5 рабочих, благодаря чему потребность в рабочей силе значительно уменьшается: на 1 чел. приходится от 10 до 20 м<sup>3</sup> Д. в сутки, при производительности самих реторт 30—40 м<sup>3</sup> Д. К этому нужно добавить еще хорошее качество древесного угля и незначительность потерь последнего при выгрузке из тушильников.

Неподвижные вертикальные реторты, также весьма распространенные, имеют иное устройство. Железная реторта, замурованная в печную кладку, загружается Д. через верхний люк внавалку, выгрузка угля производится через нижний люк, обычно вручную. Реторты небольшой емкости, 10—20 м<sup>3</sup>, при производительности 8—10 м<sup>3</sup> в сутки, обычно обогреваются не только с боков, но и снизу, имея выход паров наверху; реторты же большой емкости, 300—400 м<sup>3</sup>, обогреваются б. ч. только с боков, имея выход продуктов перегонки снизу. На фиг. 7 изображена реторта последнего типа—т. н. карбо-печь, распространенная преимущественно в Швеции. Дымовые газы, до выхода в дымовую трубу, проходят через центральную железную трубу, отдавая тепло на прогрев средней части загрузки. В эту же центральную трубу отводятся и выделяющиеся при перегонке

неконденсируемые газы, при чем для их сжигания одновременно вводится в нижнюю часть центральной трубы и свежий воздух. Т. к. вывод продуктов перегонки совершается снизу, то в реторте происходит циркуляция образующихся газов и паров, к-рые на этом пути отдают теплоту, чем обеспечивается экономия топлива. Все операции при работе с такой печью продолжаются от 2 до 3 недель. Преимуществом таких печей является простота и относительная дешевизна при значительной производительности (15—25 м<sup>3</sup> Д. в сутки); к недостаткам их относятся: потеря от 25 до 30% операционного времени на остывание угля перед выгрузкой и значительная единовременная потребность в рабочей силе при загрузке и выгрузке (впрочем, последнее неудобство устраняется при наличии ряда печей, находящихся в разных фазах разложения Д.).



Фиг. 7.

Все описанные типы аппаратов являются наиболее распространенными в тех случаях, когда наряду с получением хорошего угля утилизируются и летучие продукты перегонки, так как максимальный выход последних обеспечивается здесь плотными металлическими стенками, служащими вместе с тем и передатчиками тепла внутрь загрузки. С другой стороны, все эти аппараты требуют значительного расхода топлива. Считая от теплопроизводительности перегоняемого дерева, расход топлива составляет: для малых горизонтальных реторт—от 35 до 40%; для выемных вертикальных реторт (при двойной комплектке)—25÷30%; для карбо-печей—25÷30%; для вагонных реторт—15÷20%. При всех этих расчетах принято, что древесный газ сжигается в топках.

Помимо описанных аппаратов, преимущественно применяемых при промышленном получении уксусной к-ты и древесного спирта, необходимо отметить еще один тип установок, разработанный, главным образом, в Швеции и в СССР: так называемые калориферные и циркуляционные печи. И те и другие, в первую очередь, преследуют задачи углежжения, но их конструкция, при известных условиях, позволяет использовать с достаточной выгодой и летучие продукты перегонки.

Калориферные печи известны в настоящее время в нескольких конструкциях: шведские печи Грёндаля, Вансбро, уральские—Клячина. При значительных отличиях в конструктивных деталях все они построены по одному и тому же принципу, а именно: последовательные стадии разложения дерева—сушка, обугливание и остывание—производятся в самостоятельных камерах (в печи типа Вансбро две первых операции иногда совмещаются), изолированных друг от друга дверями или заслонками, но связанных рельсовым путем, по к-рому непрерывная цепь вагонеток с Д. проходит через последовательно расположенные ка-

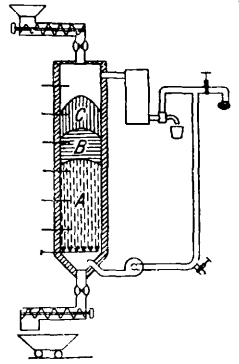
меры, так что печи могут работать непрерывно. Камеры представляют собой кирпичные каналы, внутри к-рых расположены калориферы, обогреваемые дымовыми газами из топок или же генераторов. Наиболее горячие газы поступают в камеру, где для разложения Д. требуется максимум тепла, а отсюда, уже охлажденные, они переходят в камеру для сушки Д. и затем уже вытекают в дымовую трубу. Для сбора летучих продуктов перегонки, в тех случаях, когда это является коммерчески выгодным, камеры разложения соединяют с холодильниками, в которых и происходит конденсация паров подсмольной воды и смолы, тогда как древесный газ отводится в топки.

Циркуляционные печи (Аминова, Магнусона, Бергштрема) основаны на другом принципе, а именно: для разложения Д. применяется непрерывно циркулирующий при помощи вентилятора поток генераторного или древесного газа, при чем газ, отдав свое тепло дереву, вновь подогревается до начальной t° около 400° либо в кирпичных регенераторах, либо чугунными калориферами. По пути к подогревателю газ, вышедший из печи, проходит еще через систему холодильников, выделяя конденсат, который при известных условиях м. б. переработан на древесные порошки и спирт. Так как во время перегонки постоянно образуются свежие количества древесного газа, то избыток его все время отводится в топку, где и сжигается, сокращая потребление топлива. Производительность калориферных и циркуляционных печей колеблется в пределах 80÷120 м<sup>3</sup> Д. в сутки, при расходе топлива ок. 15% от перегливаемого Д. Эти конструкции, приспособленные преимущественно для целей углежжения, тем не менее позволяют получать и летучие продукты разложения. Данные о работе аминовской печи на березе показывают выходы: сырой уксусной к-ты—16,3 кг и сырого древесного спирта—4 кг на 1 м<sup>3</sup>, что составляет 70—80% от выходов в железных ретортах.

Д., используемое для сухой перегонки, как общее правило, применяется в форме дровяного леса определенных размеров, обусловливаемых типом перегонного аппарата, но т. к. нек-рые отрасли промышленности доставляют значительные массы древесных отходов, почти не имеющих цены, то идея утилизации подобных отходов сухой перегонкой уже давно служила предметом многочисленных конструктивных проектов в указанном направлении. Нужно заметить, что в С. Ш. А., к-рые до последнего времени являлись на мировом рынке основными производителями продуктов сухой перегонки Д., давно уже существует тенденция отбирать из Д. все, что может идти на строительный и вообще деловой материал, и только остаток или отбросы от такого предварительного использования подвергать сухой перегонке, т. к. отбросы стоят дешевле, легче подвергаются высушиванию и допускают широкую механизацию в процессе переработки. Однако, трудность использования древесных отходов путем сухой перегонки растет вместе со степенью их измельчения. Такие отбросы, как планки, рейки, чурки,

крупные сучья и прочий б. или м. крупный материал, остающийся при заготовке и распиловке леса, не вызывая никаких технич. затруднений при переугливания их в описанных выше аппаратах, тем не менее не всегда оправдывают такую перегонку экономически. Во-первых, использование емкости аппаратов, вследствие пониженной плотности древесины отбросов, значительно меньше, а во-вторых, в случае переугливания отбросов из хвойных пород, приходится рассчитывать лишь на уголь, т. к. выработка уксусной к-ты, метанола и скипидара из таких пород является невыгодной даже в случае дровяного леса; исключением служат отбросы лиственного Д., напр., при фанерном производстве или при выработке бумажной клепки. В случае же более мелких отбросов, каковы, напр., корье экстракционных видов, мелкая щепа, стружки, косточки от плодов и особенно опилки, помимо затруднений технич. характера, возникают и экономические, и прежде всего—трудность сбыта и утилизации такого мелкого угля, хотя за последнее время в этом отношении появились нек-рые перспективы в виде активированного угля и пылевидного топлива. Технические затруднения также заключаются в необходимости иметь специальную, довольно сложную и мало производительную аппаратуру, т. к. реторты и печи обычного типа являются непригодными для перегонки отбросов. При перегонке Д. в крупных кусках последние допускают свободную циркуляцию газов и паров и не задерживают ни передачи тепла от нагретых стенок ни выхода этих газов и паров из аппарата. Напротив, при сильно измельченных отбросах, особенно при опилках, выделяющиеся во время перегонки смолы, распределяясь на большой поверхности отбросов, быстро загустевают и цементируют их в плотную массу, задерживая циркуляцию, а следовательно, и теплоотдачу внутри аппарата; в силу этого разложение таких отбросов ограничивается только тонким слоем около передающей тепло поверхности. Полного разрешения задачи сухой перегонки древесных отбросов до настоящего времени еще нет. Брикетирование, часто предлагавшееся, не оправдало себя, так как угольные брикеты оказались непрочными и начинают рассыпаться уже во время обугливания. Попытки применять механическое давление во время процесса или добавлять различные цементирующие вещества не увенчались особым успехом. Предложены также способы, которые основаны на разложении древесных отбросов в тонком слое. Наиболее простым из этих способов является способ многоярусных вагонеток, которые вводятся в описанные выше вагонные реторты, при чем отбросы распределяются на полках слоем соответствующей толщины. Несмотря на свою простоту, подобное устройство оказалось экономически невыгодным в силу его малой производительности. Имеются еще предложения обугливать отбросы в шахтных печах, снабженных по оси жалюзийобразной насадкой из конич. воронок, благодаря чему движущийся в шахте сверху вниз материал как бы расслаивается; но этот спо-

соб является пригодным лишь при условии б. или м. крупных и имеющих достаточный вес древесных отбросов, которые беспрепятственно спускались бы вдоль шахты. Наконец, наиболее многочисленными являются установки с механич. передвижением отбросов в аппарате при помощи червяков, вращающихся барабанов, движущихся легт и т. п.; но и эти устройства, за немногими исключениями, не получили широкого применения. Наиболее интересным по своей идее и успешно осуществленным в крупных размерах на практике является способ Стаффорда, приспособленный для использования древесных отбросов, главным образом для щепы, размером ок.  $2 \times 4 \times 6$  см. Общая схема реторты Стаффорда изображена на фиг. 8. Верхняя часть хорошо изолированной реторты снабжена прибором для питания ее щепой; нижняя имеет такое же устройство для выгрузки угля; продукты разложения дерева из верхней части реторты поступают в холодильник, откуда часть несгораемых газов может засасываться вентилятором в нижнюю часть реторты. Идея этого способа заключается в том, что предварительно высушенное при  $120-140^\circ$



Фиг. 8.

Д., с содержанием влаги лишь 1—2%, поступает в верхнюю зону С, где  $t^\circ$  близка к  $t^\circ$  высушенного Д. и лишь постепенно повышается по мере опускания Д. Когда Д. доходит до зоны В, где господствует  $t^\circ$  экзотермич. реакции— $270-320^\circ$ , оно разлагается за счет тепла, выделяемого этой реакцией; при дальнейшем движении обугленной щепы в зоне А  $t^\circ$  постепенно понижается до  $150-200^\circ$  за счет охлаждения поступающими из холодильника несгораемыми газами; при этой  $t^\circ$  уголь и выгружается из реторты в специальные тушилники. В конечном результате этот остроумный процесс, утилизируя различное малоценное тепло на высушивание Д. и совсем не требуя тепла на разложение его, дает подсмольную воду на 50% более концентрированную, нежели при обычных способах разложения; при соответственном же регулировании процесса можно достигнуть еще и увеличения выхода уксусной к-ты на 20—25%. К сожалению, способ Стаффорда пока еще не приспособлен для опилок, повидимому, более всего нуждающихся в надежном и экономическом методе их утилизации для сухой перегонки.

Нужно, наконец, отметить еще один источник получения летучих продуктов сухой перегонки Д.,—а именно при очистке древесного генераторного газа перед сжиганием его в печах или взрывных моторах. Имеющиеся в этом отношении опыты указывают на возможность получения в этих условиях до 50—60% того количества уксусной кислоты, древесного спирта и смолы, которое получается непосредственной сухой

перегонкой Д. Примером может служить газогенераторная установка Дейца в Люне-Воксна в Швеции на 1 000 НР, которая потребляет 1,44 кг хвойного Д. на силочас и дает выходы: смолы 4,28%, уксусной кислоты 2,36% и метанола 1,44% от веса Д.

Состав и свойства первичных продуктов сухой перегонки Д. Средний выход древесного газа при перегонке в ретортах и печах сравнительно мало изменяется в зависимости от породы Д., составляя 15—20% от веса сухого вещества Д. Состав такого газа в объемных % (по Бергштрему) при обугливание Д. в вагонных ретортах и карбо-печах следующий: 50—56% CO<sub>2</sub>, 28—30% CO, 11—18% CH<sub>4</sub>, 2—3% C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, 0,5—1% H, с теплопроизводительной способностью 2 200—2 800 Cal на 1 м<sup>3</sup>, при чем вес 1 м<sup>3</sup> газа лежит в пределах 1,50 ÷ 1,60 кг. Теплопроизводительная способность увеличивается при повышении t° перегонки за счет усиленного образования углеводородов и водорода; по данным Юона, древесный газ, имеющий в начале сухой перегонки теплопроизводительную способность 1 100 Cal, повышает ее до 4 780 Cal при достижении t° в 500°.

Обычно в заводских условиях древесный газ используется как топливо под ретортами или паровыми котлами. Между тем, по расчетам Кляра, древесный газ, даже меньшей теплопроизводительной способности, а именно 1 313 Cal на 1 м<sup>3</sup>, при расчете на 100 кг Д., способен давать 3,75 НР в 1 ч. при утилизации его в моторах, т. е., примерно, в два раза более, нежели при сжигании его под паровыми котлами.

Отстойная смола, к-рую правильнее было бы называть отстойным дегтем, пока еще представляет в большинстве случаев отброс производства, потребляемый на наших и на загранич. заводах преимущественно как топливо. Теплопроизводительная способность отстойной смолы 7 000—8 000 Cal. Относительно отстойной смолы, получаемой при перегонке осмола или смолья-подсопки—см. Смолы. Что же касается отстойной смолы не-просмоленного хвойного Д., то эта смола отличается по составу от отстойной смолы листовых пород лишь некоторым процентом продуктов разложения терпентина, содержащегося обычно в хвойном Д.; практически же она имеет не большую ценность, нежели смола листовых пород, и получается лишь при углежжении, так как для выработки уксусной к-ты и метанола хвойные породы, как общее правило, не применяются. Поэтому в дальнейшем все данные относятся только к отстойной смоле листовых пород. Состав отстойной смолы по разгонке мало отличается в различных породах (береза, бук, осина). Как предельные цифры можно указать: кислой воды 15 ÷ 20%, легких масел (до 120°) 5 ÷ 10%, тяжелых масел (120—270°) 10 ÷ 20%, мягкого пека 40 ÷ 60%. Удельный вес та-

кой смолы колеблется от 1,01 до 1,12. Чем выше темп-ра, которой подверглось Д., тем больше в смоле тяжелых масел и пека, и тем больше ее уд. вес. Кислая вода, получаемая при такой перегонке, содержит примерно тот же процент к-ты и метанола, как и под-смольная вода, полученная совместно со смолой, но характер к-ты в большинстве случаев иной, т. к. в ней находится до 30—40% высших гомологов уксусной к-ты—пропионовой, масляной, валериановой и т. п. Легкие масла с уд. в. 0,93 ÷ 0,98 представляют собой сложную смесь альдегидов, кетонов, к-т, спиртов, сложных эфиров, углеводородов насыщенного и ненасыщенного типа, преимущественно жирного ряда. Тяжелые масла с удельным весом 1,03 ÷ 1,06, помимо соединений, аналогичных предыдущим, содержат еще (5 ÷ 10% от веса смолы) особую группу веществ фенольного характера, кипящую в пределах 200 ÷ 220°, растворяющуюся в щелоках, к-рая носит название креозота. Состав креозота из различных древесных пород изучен довольно подробно, при чем в нем найдены главным обр. фенолы и их метильные эфиры, из к-рых наибольшую ценность представляет гваякол; особенно значительное (40 ÷ 60%) содержание гваякола имеет креозот из бука. Пек, получающийся как остаток при перегонке смолы и представляющий собой сложную смесь высокомолекулярных соединений, исследован очень мало с химической стороны. Его уд. вес колеблется в пределах 1,16 ÷ 1,20, твердость зависит от степени уварки. В тех немногих случаях, когда отстойную смолу переваривают на пек, последний идет лишь как суррогат взамен ценного пека из основной смолы. Общий характер отстойной смолы и получаемого из нее пека со стороны их химич. состава дает табл. 8, составленная на основании работ Маркуссона и Пикара.

Из применений смолы, более ценных, чем простое сжигание, необходимо отметить следующие. Легкие масла путем их рафинирования уже давно применяют как растворители, а тяжелые перерабатывают для получения медицинского креозота; нек-рые фракции смолы с успехом могут служить для

Табл. 8.— Химич. состав отстойной смолы и пека (по Маркуссону и Пикару) в %.

Сорт смолы или пека	Неомыляемые вещества	Ангирин. оксикислот	Оксикислоты		Смоляни. к-ты	Жири. к-ты	Фенолы
			нераств. в эфире	раствор. в эфире			
Березовая смола . .	18,0	9,5	33,3	19,0	7,7	3,2	9,3
Сосновая » . . .	53,5	—	14		17	6,0	9,5
Березовый пек . . .	6,0	—	77,0		—	1,5	1,5
Сосновый » . . . .	19,7	—	31,8		35,2	2,8	8,0

целей флотации, и в этом отношении опыт Соед. Штатов Америки вполне доказал их пригодность; тяжелые фракции смолы при известной обработке могут давать смазочные масла; пек может идти на дешевые лаки типа асфальтовых; как сама смола, так и отдельные ее фракции при конденсации с формальдегидом дают специальные пластичные

массы и, в частности, особый материал для изоляторов; легкие фракции смолы с успехом употребляются как дезинсекторы и для мытья овец; затем известны применения смолы для изготовления кровельного толя, получения искусственного асфальта и мн. др.

Подсмольная вода, в зависимости от породы Д, и степени его влажности, имеет уд. в. 1,020÷1,050, представляя собою раствор целого ряда веществ того же химическ. характера, что и в отстойной смоле. Подвергая подсмольную воду перегонке, получают дистиллат, называемый перегнанной подсмольной водой, куда переходит почти вся вода, сырая уксусная к-та и весь сырой древесный спирт; в остатке же получают нелетучие вещества подсмольной воды, называемые растворимой, или кубовой, смолой. Средний состав перегнанной подсмольной воды из бука и сосны, по Кляру, приведен в табл. 9.

Табл. 9. — Состав перегнанной подсмольной воды (по Кляру) в %.

Составные части	Из бука	Из сосны
Вода . . . . .	81	91,0
Сырой древесный спирт . . . . .	3	1,5
Сырая уксусная к-та . . . . .	7—9	3,5
Растворимая смола . . . . .	7 и бол.	4,0

Состав кубовой смолы не менее сложен, чем отстойной, но отличается от нее отсутствием летучих веществ, а также наличием продуктов уплотнения, преимущественно альдегиднофенольных смол, к-рые образовались в ней во время перегонки подсмольной воды. При разгонке кубовая смола дает: 5—15% уксусной к-ты, 20—40% воды и 50—70% хрупкого пека. Кубовая смола находит применение только как топливо, давая 5 000—6 000 Cal на 1 кг. Промышленная переработка подсмольной воды до самого последнего времени, почти без исключения, производилась методом перевода уксусной кислоты в кальциевую соль, благодаря чему уксусной к-те обеспечивалась нелетучесть, и она могла быть отделена от древесного спирта простой перегонкой. Различные варианты этого метода преследуют или получение более чистого порошка, или сокращение расхода топлива, или же то и другое вместе. Дальнейшее же выделение уксусной к-ты из порошка, путем разложения его минеральными к-тами, и очистка к-ты составляет задачу уксуснокислотных з-дов; равным образом и сырой древесный спирт б. ч. поступает на специальные ректификационные заводы, где из него вырабатывается метанол. Простейшим приемом переработки подсмольной воды является получение так назыв. черного порошка, который изготовляется в СССР мелкими кустарями. Для этой цели отстоявшуюся от смолы подсмольную воду нейтрализуют едкой или гашеной известью и раствор подвергают перегонке в железных кубах, снабженных простейшими дефлегмационными приспособлениями (большей частью тарелками Писториуса) и медными змеевиками. В результате такой перегонки получают сначала 10—20%-ный раствор спирта-сырца, к-рый

закрепляется затем вторично до крепости 40—50% (кустарный спирт-сырец). Остаток раствора уксуснокальциевой соли после отгонки древесного спирта вместе с содержащейся в подсмольной воде нерастворимой смолой спускают в выпарные железные корбки, обогреваемые голым огнем, и упаривают на открытом воздухе до получения густой кашеобразной массы кристаллов уксуснокальциевой соли, которая для окончательного высушивания помещается в специальную сушилку в печной кладке, после чего получается темная комковатая масса — черный порошок. На переработку подсмольной воды описанным выше образом, считая на 1 м<sup>3</sup> переганяемой березы, кустарями расходуется 8÷11 кг извести и 0,4÷0,5 м<sup>3</sup> древесного топлива, при чем в результате получается черного порошка 23÷28 кг и сырого древесного спирта 40—50%-ной крепости 2,7÷3,3 кг (считая на 100%-ный). Уксусный порошок характеризуется процентным содержанием безводной уксуснокальциевой соли (СН<sub>3</sub>СОО)<sub>2</sub>Са. Содержание последней в черном древесном порошке колеблется в пределах 55÷65%, в зависимости от тщательности отстоя подсмольной воды от смолы. Состав двух образцов черного порошка, после удаления гигроскопич. воды высушиванием при 105°, приведен в табл. 10.

Табл. 10. — Состав черного порошка в %.

Составные части	1-й образец	2-й образец
Безв. уксуснокальц. соль . . . . .	60,12	64,30
Вода кристаллизационная . . . . .	6,83	7,31
Нерастворимые примеси . . . . .	13,50	7,93
Смолистые вещества . . . . .	19,55	20,46

Значительное содержание смолистых примесей в черном порошке, вредящих дальнейшей переработке его на уксусную к-ту или ацетон, вызвало необходимость предварительного отделения этих примесей. С этой целью подсмольную воду подвергают предварительной перегонке, а затем нейтрализуют и упаривают, как описано выше, в результате чего и получают более чистый продукт, называемый серым порошком. Крепость такого порошка, т. е. содержание в нем уксуснокальциевой соли, колеблется в пределах 75÷82%. Примерный состав двух образцов серого порошка, после удаления гигроскопич. воды, приведен в табл. 11.

Табл. 11. — Состав серого порошка в %.

Составные части	1-й образец	2-й образец
Безв. уксуснокальц. соль . . . . .	78,16	81,08
Вода кристаллизационная . . . . .	8,90	9,23
Нерастворимые примеси . . . . .	3,44	2,60
Смолистые вещества . . . . .	9,50	7,09

В виду того что выработка серого порошка обычно производится на более усовершенствованных з-дах, располагающих хорошиими колонными аппаратами, имеется возможность получать при этом и спирт-сырец в более концентрированном и очищенном виде.

В С.Ш. А. древесный спирт-сырец выпускается крепостью 75÷80% (по весу), при чем при закреплении его удаляются также т. н. спиртовые масла, благодаря чему при разбавлении водой такой спирт не дает мути. Подобный спирт-сырец на наших з-дах называется у к р е п л е н н ы м. Ниже в табл. 12 приведены анализы трех типичных образцов древесного спирта-сырца.

Табл. 12.—Состав древесного спирта-сырца в %.

Составные части	Ку-стар-ный	Укрепл-енный	Аме-рикан-ский
Метанол . . . . .	32,6	60,3	53,0
Ацетон . . . . .	6,4	10,1	13,0
Метилацетат . . . . .	0,3	1,8	
Альдегиды, кетоны, ал-лил-ов. алкоголь и пр.	} 56,6	} 27,8	} 7,5
Вода . . . . .			
Спиртовые масла . . . . .	4,1		28,5

Заводский выход древесного порошка и спирта при перегонке березы в железных ретортах на наших и шведских заводах колеблется для серого порошка (80—82%) в пределах 21÷27 кг, а для спирта-сырца 4,2÷5,5 кг (считая на 100%-ный) на 1 м<sup>3</sup>, тогда как американские заводы, работая на смеси березы, бука, клена и других твердых пород, дают выходы серого порошка в пределах 23÷27 кг и спирта-сырца 7,2÷8,0 кг. Хвойные породы при использовании дистиллятов в специальных углевывкигательных нечах в Швеции дают не более 40—50% от выходов из березы. При этом качество порошка из хвойных вообще ниже, так как содержание в нем гомологов уксусной кислоты (преимущественно муравьиной) составляет 6—10%, а иногда и до 20%, тогда как для порошка из лиственных пород содержание гомологов не превышает 2—5%. Предварительная перегонка подсмольной воды, которая дает возможность получать более чистый серый порошок, вместе с тем требует и дополнительного расхода топлива на эту перегонку. Наши заводы, работающие по этому способу, расходуют на все операции переработки подсмольной воды 0,8÷1,0 м<sup>3</sup> дров на 1 м<sup>3</sup> перегоняемого Д., что представляет значительную величину. Значительным улучшением в смысле уменьшения расхода топлива является так наз. т р е х к у б о в а я с и с т е м а, очень часто применяемая на небольших з-дах. Кислые пары из куба, в котором производится предварительная перегонка подсмольной воды, проходят последовательно через два других куба-насытителя, залитых известковым молоком; в первое время отгонки они могут проходить через холодильник для сбора древесного спирта, а после того как весь спирт отгонится, пары из насытител выпускаются прямо на воздух. При таком способе работы удается экономить 20÷25% топлива, так как при этом, наряду с перегонкой подсмольной воды, происходит и частичная упарка раствора порошка в насытителех благодаря выпуску паров на воздух. Дальнейшая упарка полученных из насытител растворов

серого порошка производится паром в так называемых упарочных чашах до концентрации раствора в 40—50%, после чего получившуюся кашеобразную массу кристаллов переносят в сушилку, которая в простейшем случае представляет собою чугунные или кирпичные плиты, обогреваемые отработанными дымовыми газами из реторт; здесь при постоянном перемешивании порошок окончательно высушивается. Антигигиенические условия такого высушивания и значительный расход рабочей силы вызвали применение механических сушилок; в одной из таких сушилок, а именно системы Гийяра, бесконечная проволочная сетка движется по принципу противотока в атмосфере горячих газов, которые и высушивают захваченный ячейками сетки влажный порошок, автоматически налипающий на сетку на одном конце сушилки и стряхиваемый на другом конце. Дальнейшее усовершенствование переработки подсмольной воды в смысле экономии топлива было осуществлено устройством многокорпусной выпарки, специально приспособленной для кислых и смолистых жидкостей. Такая установка дает расход топлива, в пересчете на дерево, до 0,25—0,35 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> перегоняемого Д.

Задача уменьшения расхода топлива и вообще упрощения переработки подсмольной воды разрабатывалась также и в другом направлении, а именно путем получения ее в очищенном виде непосредственно из реторт, что и достигается применением смол-о т д е л и т е л е й. Сущность последних заключается в том, что мельчайшие частички смолы, несущиеся в форме тумана в потоке ретортного газа, улавливают до конденсации паров подсмольной воды, в результате чего последняя очень мало отличается от перегнанной подсмольной воды. Существует несколько способов такого отделения смольных примесей, из которых простейшими являются способы, основанные на поглощении этих примесей самой же конденсирующейся смолой. Так, напр., смолоотделитель Мейера представляет собою небольшую колонну, имеющую в себе 4÷6 промывных тарелок, на которых располагается оседающая при выходе из реторты смола. При прохождении ретортных паров сквозь эту смолу последняя, в силу своей вязкости, задерживает смолян. туман, пропускает лишь пары обессмоленной воды. При обработке последней обычными приемами наряду с древесным спиртом получается серый порошок. крепостью 72÷78%, при чем вместо отстойной и кубовой смол из смолоотделителя выделяется лишь один сорт смолы, по составу своему отвечающий среднему для обеих смол. Дальнейшее усовершенствование этого способа заключается в непосредственной нейтрализации таких обессмоленных паров путем пропускания их через растворы гашеной извести или мела. Одним из простейших способов непосредственного насыщения является способ Пура, в котором идущие из реторт и обессмоленные кислые пары подсмольной воды проходят последовательно через 2 промывных башни, в которых при помощи насосов распыливается известковое молоко. Совместное применение



смолоотделителей, метода непосредственно насыщения и многокорпусной выпарки растворов порошка дает возможность снизить общий расход топлива на переработку подсмольной воды, в пересчете на дерево, до 0,15—0,25 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> перегоняемого Д.

В последнее время серьезными конкурентами сухой перегонки Д. явились синтетич. методы выработки уксусной к-ты и метанола, а также получение ацетона брожением. Тем не менее в современных условиях СССР, при значительной еще дороговизне электрич. энергии и водорода, синтетическ. выработка метанола, а тем более—уксусной к-ты, пока еще не может серьезно угрожать сухой перегонке Д., особенно если летучие продукты последней получать в качестве побочных при углекислении или газификации Д. В этом отношении значительную помощь должны оказать новейшие методы выделения уксусной кислоты из подсмольной воды без перевода к-ты в древесный порошок. Непосредственная фракционированная перегонка подсмольной воды при концентрации ниже 20% уксусной кислоты становится невыгодной в виду значительного расхода пара. Поэтому весьма важное значение получают способы непосредственного выделения уксусной кислоты из слабых (8—10%) растворов. Из этих способов заслуживают внимания следующие. 1) Экстракция кислоты легко летучими растворителями (способ Брюстера), например, серным эфиром, метилацетатом, хлороформом и т. п. веществами, нерастворимыми в воде, но извлекающими из слабых растворов уксусную к-ту. 2) Поглощение кислоты т я ж е л о к и п я щ и м и растворителями, нерастворимыми в воде (способ Сюйда), напр., креозотом, тяжелыми маслами отстойной смолы. 3) Введение т р е т ь е г о нерастворимого в воде, но растворяющего кислоту компонента, например, бензола, кетоновых масел, присутствие которых (по закону несмешивающихся жидкостей) облегчает удаление воды при отгонке ее в колонном аппарате. 4) Перевод к-ты в к и с л о у у к с у с н о к а л и е в у ю соль, кристаллизующуюся без воды и разлагающуюся при нагревании на безводную уксусную к-ту и среднюю уксуснокалиевую соль, идущую обратно в производство для поглощения кислоты из слабых растворов. 5) Перевод к-ты в л е г к о к и п я щ и й э ф и р, напр., метили или этилацетат, к-рый после отгонки от воды разлагается на безводную к-ту и спирт, идущий обратно на этерификацию. Все эти способы дают значительную экономию пара по сравнению с обычными методами (в 2—3 раза); так, способ Брюстера дает возможность получать уксусную к-ту на 20—25% дешевле, нежели через древесный порошок.

**Экономика.** Главнейшим производителем древесного порошка и древесного спирта до самого последнего времени являлись С. Ш. А., где в эту промышленность вложено до 100 млн. долл. Во время войны 1914—18 гг. ежегодно переугливалось 3—4 млн. м<sup>3</sup> дерева и вырабатывалось до 80 000 т древесного порошка и 27 000 т древесного спирта. За последние же годы это производство значительно сократилось: в 1925 г. было выработано лишь 20 360 т древесного порош-

ка и 7 040 т древесного спирта. До 1914 г. второе место по выработке продуктов сухой перегонки дерева принадлежало Германии и Австрии, которые вместе перерабатывали до 1 млн. м<sup>3</sup> дерева, получая около 25 000 т порошка и ок. 8 500 т спирта; в настоящее время значительная часть этой выработки перешла к Чехо-Словакии. Следующими по размерам производства странами являлись: Канада, вырабатывавшая ок. 8 500 т порошка и 2 700 т спирта, а также Россия, производившая ок. 3 000 т серого и 5 500 т черного порошка при 1 200 т спирта, при чем вся эта выработка почти полностью покрывала внутреннее потребление. В настоящее же время в СССР вырабатывается ок. 8 100 т черного и 1 600 т серого порошка при 1 200 т спирта. Далее следуют: Швеция, вырабатывающая ок. 1 500 т серого порошка и 400 т спирта (гл. обр. из хвойных пород на углевыжигательных установках), Япония, Франция, Британская Индия и Аргентина. Т. о., общую цифру Д., используемого на сухую перегонку, можно считать в настоящее время в 3—4 млн. м<sup>3</sup>, из к-рых на долю СССР падает от 10 до 12%.

Значительные лесные богатства СССР создают у нас особенно благоприятные условия для развития этого дела. Если оставить в стороне использование отбросов лесопильн. производства (исключительно хвойных), как еще не вполне разрешенную задачу, то наиболее действительными путями, которыми могло бы быть достигнуто у нас развитие производства уксусной к-ты и метанола, являются следующие. 1) На металлургических заводах Урала и Центр.-пром. области за последние годы переугливается более 10 млн. м<sup>3</sup> в печах Шварца или куцах; для использования летучих продуктов этого углекисления уже намечены к постройке два завода американского типа, общей мощностью 300 000 м<sup>3</sup> лиственной древесины. 2) На стекловаренных и металлургич. з-дах СССР ежегодно газифицируется в генераторах до 6 млн. м<sup>3</sup> древесины, откуда могли бы быть получены значительные количества уксусной к-ты и метанола при рациональном использовании газа. 3) Широкое применение газогенераторных двигателей, помимо дешевой механической энергии, также могло бы доставить значительные количества летучих продуктов перегонки.

*Лит.:* Б у г г е Г., Новейшие способы углекисления лиственных и хвойных пород, Л., 1926; В у н б у р у Н. М., The Destructive Distillation of Wood, London, 1925; H a w l e y L. F., Wood Distillation, New York, 1923; K l a r M., Technologie d. Holzverkohlung, 2 Aufl., В., 1923. **А. Деревягин.**

**ДЕРЕВО. Электроизоляционный материал.** Д. в электропромышленности применяется давно; в настоящее же время ни у нас, ни в западных странах, ни в Америке нет еще технических условий на дерево как изоляционный материал, и самые свойства его, особенно в обработанном и облагороженном виде изучены весьма слабо.

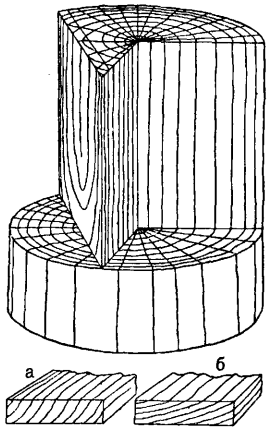
В Америке, где применение дерева как изоляционного материала особенно распространено, наиболее часто идет в дело сахарный клен. Будучи парафинирован под вакуумом, он характеризуется след. данными:

удельное объемное сопротивление  $3 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{см}$ , уд. поверхностное сопротивление  $6 \cdot 10^8 \Omega \cdot \text{см}$ ; диэлектр. коэфф. (при 60 000 пер/сек.) 4,1; электрическ. крепость (при 15 мм толщины) 4,5 кВ/мм. У клена, проваренного в трансформаторном масле, электрическая крепость (при толщине 25 мм) 3,0 кВ/мм. Пропитка древесины, с целью консервации, хлорист. цинком весьма понижает ее уд. электр. сопротивление. С возрастанием  $t^\circ$  уд. электр. сопротивление Д. падает; о ходе этого падения можно судить по данным Дитриха для буковой древесины (табл. 1):

Табл. 1.— Зависимость электр. сопротивления буковой древесины от  $t^\circ$ .

Температура . . . . .	20°	49°	84°	106,5°
Уд. объем. сопр. в $\Omega \cdot \text{см}$ .	500 · 10 <sup>9</sup>	150 · 10 <sup>9</sup>	27 · 10 <sup>9</sup>	4 · 10 <sup>9</sup>

Основная характеристика древесины, вытекающая из ее своеобразного волокнистого строения и обуславливающая ее высокие механич. качества, при малом уд. в., в электрическом отношении сама по себе ставит препятствие к электротехнич. применению Д. (гигроскопичность), но вместе с тем благоприятствует облагораживанию Д. (путем специальных пропиток). Однако, поглощение влаги древесиной как не обработанную, так и облагороженную, не всегда вредно в электрическом отношении: небольшое содержание влажности может даже повышать электрическую крепость древесины в направлениях нормальных к имеющимся в ней капиллярным ходам. Эти сосуды древесной ткани образуют, как известно, две системы: одну—параллельную оси и идущую по поверхности коаксиальных цилиндров (годовые слои) и другую—радиальную (сердцевинные лучи). Соответственно с этой анизотропией строения, электр. свойства по разным направлениям оказываются в древесине весьма различными. Типичны направления: параллельное оси, т. е. вдоль волокон (продольное), вдоль сердцевинных лучей (радиальное) и направление, касательное к годовым слоям (тангенциальное), т. е. перпендикулярное к сердцевинным лучам и к волокнам (см. фиг.). Практически, т. е. при выпиливании из ствола досок, направление тангенциальное м. б. лишь на небольших участках, и потому сердцевинные лучи составляют с плоскостями продольного распила углы промежуточные между 0 и 90°. Опыт показал, что в электр. отношении, при углах наклона меньших 20—25°, сердцевинные лучи начинают уже оказывать действие, приблизительно параллельных. В дальнейшем поперечный распил будет обозначаться буквой П, продольный В (т. е. по волокнам), при чем Вн будет обозна-



чать распил продольный нормальный (фиг., а, когда угол сердцевинных лучей с плоскостью распила превосходит 25°) и Вп—продольный распил параллельный (фиг., б, когда этот угол меньше 25°).

Д. в известном направлении может обладать электр. характеристиками, в 3—4 раза превосходящими те же характеристики в другом направлении. Так, уд. электр. сопротивление пихты в направлении нормальном к волокнам равно  $1 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{см}$ , тогда как в параллельном оно составляет  $3,7 \cdot 10^{16} \Omega \cdot \text{см}$  (Маццотти). Анизотроп. строением древесины обусловлено также различие диэлектр. коэфф. по разным направлениям (табл. 2).

Табл. 2.— Диэлектр. коэфф. древесины красного бука и дуба при длине волны  $\lambda = \infty$ , по данным Г. Штарке.

Условия опыта \ Древесина	Древесина воздушносухая		Древесина абсолютносухая	
	волокнам	⊥ волокнам	волокнам	⊥ волокнам
Красный бук . . . . .	4,83	7,73	2,51	3,63
Дуб . . . . .	4,22	6,84	2,46	3,64

В направлении нормальном к волокнам диэлектрический коэффициент больше, чем в направлении параллельном; при этом содержание влажности в древесине ведет к увеличению диэлектрического коэффициента по обоим направлениям.

М. М. Михайлов и И. А. Майгельдинов (1928 г.) исследовали изменения электр. крепости, объемного и поверхностного электр. сопротивления у древесины пяти наиболее ходовых пород в зависимости от влажности как в непропитанном виде, так и после того как они были предварительно подвергнуты специальной пропитке—парафином без применения вакуума, парафином с применением вакуума, олифой и трансформаторным маслом. В табл. 3, 4, 5 и 6 сопоставлены полученные при этих испытаниях результаты. Зависимость поверхностного и объемного сопротивления для направлений Вп и Вн порознь в указываемом исследовании не могла быть выяснена, т. к. для измерения применялись американские концентрические электроды. Пропитка парафином под вакуумом ведет к большему поглощению древесиной парафина, чем при проварке, но результаты дает несколько худшие (большая гигроскопичность и меньшая электрическая крепость). При продольном направлении распиловки электрическая крепость парафинированного и проолифленного Д. приблизительно одинакова, а при поперечном направлении распиловки проолифленное дерево обладает большею электрической крепостью, чем парафинированное. Напротив, объемное сопротивление парафинированного дерева больше, чем проолифленного. Пропитка дерева трансформаторным маслом дает ему значительную электрическую крепость, понижающуюся, однако, если в бак с маслом, содержащим промасленные деревянные приспособления, попадает влага. Поэтому части эти надлежит

Табл. 3.—Электрические свойства непропитанной древесины.

Порода древесины	Направление распила	Воздушносухая				После трехнедельного пребывания в воздухе 95—98% влажности при 16—18°			
		электрич. крепость в kV/см	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	содержание влаги в %	электрич. крепость в kV/см	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	содержание влаги в %
Серый бук . . . . .	Вп	52	} 1,4·10 <sup>10</sup>	} 7,9·10 <sup>10</sup>	8,3	} 10,4	} 1,1·10 <sup>8</sup>	} 1,7·10 <sup>8</sup>	} 16,1
» » . . . . .	Вн	41,5							
» » . . . . .	П	14	} 2,7·10 <sup>9</sup>	} 9,4·10 <sup>10</sup>	8,2	} 7	} 3,1·10 <sup>7</sup>	} 1,9·10 <sup>8</sup>	} —
Белый бук . . . . .	Вп	57							
Береза . . . . .	Вн	59,8	} 8,6·10 <sup>11</sup>	} 2,8·10 <sup>12</sup>	7,9	} 21	} 4,5·10 <sup>8</sup>	} 1,7·10 <sup>8</sup>	} 15
» » . . . . .	П	15,2							
Ольха . . . . .	Вп	60,5	} 1,6·10 <sup>12</sup>	} 4,7·10 <sup>12</sup>	7,5	} 26,3	} 1,5·10 <sup>8</sup>	} 5,2·10 <sup>8</sup>	} 14,3
» » . . . . .	Вн	56,4							
Дуб . . . . .	Вп	47,0	} 1·10 <sup>10</sup>	} 3,9·10 <sup>11</sup>	9,3	} —	} —	} —	} —
» » . . . . .	Вн	39,1							

Табл. 4.—Электрические свойства древесины [пропитанной в течение 11—12 часов парафином (с t<sub>пл.</sub> 52,8°), t° к-рого повышалась в течение 3 часов от 70 до 135°, после чего дерево проваривалось до прекращения выделения пузырьков и охлаждалось до 65°].

Порода древесины	Направление распила	Содержание поглощенного парафина в % от первоначального веса древесины	Вполне сухая			После трехнедельного пребывания в воздухе 95—98% влажности при 16—18°			
			электрич. крепость в kV/см	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхностн. электрич. сопротивл. при кольцевых электродах в $\Omega$	электрич. крепость в kV/см	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	Содержание влаги в %
Серый бук . . . . .	Вп	} 52	58	} 7·10 <sup>13</sup>	} 1,5·10 <sup>14</sup>	61,3	} 2,6·10 <sup>11</sup>	} 4,7·10 <sup>8</sup>	} 3,1
» » . . . . .	Вн		52			—			
» » . . . . .	П	} 54,3	24,4	} 7,5·10 <sup>12</sup>	} 5·10 <sup>13</sup>	13	} 3,1·10 <sup>8</sup>	} 2,6·10 <sup>8</sup>	} 1,91
Белый бук . . . . .	Вп		70			13			
» » . . . . .	Вн	} 31,6	40	} 7·10 <sup>12</sup>	} 3·10 <sup>14</sup>	48	} 1,2·10 <sup>12</sup>	} 9,3·10 <sup>8</sup>	} 1,71
Береза . . . . .	Вп		75,5			73			
» » . . . . .	Вн	} 81	64	} 7·10 <sup>12</sup>	} 3·10 <sup>14</sup>	—	} 1,5·10 <sup>12</sup>	} 1,1·10 <sup>10</sup>	} —
» » . . . . .	П		71			6,7·10 <sup>13</sup>			
Ольха . . . . .	Вп	} 85,4	72,6	} 7·10 <sup>12</sup>	} 3·10 <sup>14</sup>	85,8	} 2,3·10 <sup>12</sup>	} 2,7·10 <sup>10</sup>	} 0,93
Дуб . . . . .	Вп		72			—			
» » . . . . .	Вн	} 51,5	49	} —	} —	72	} —	} —	} 2,13
» » . . . . .	П		—			—			

Табл. 5.—Электрические свойства древесины [просушенной в вакууме 24 мм при 105° и затем пропитанной парафином (с  $t_{пл.}$  52,8°) при 120° в течение 2 ч. под вакуумом, после чего она находилась в парафине при 2 атм].

Порода древесины	Направление распила	Содержание поглощенного парафина в % от первоначального веса древесины	Вполне сухая			После трехнедельного пребывания в воздухе 95—98% влажности при 16—18°			
			электрич. крепость в kV/cm	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	электрич. крепость в kV/cm	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	Содержание влаги в %
Серый бук . . . . .	Вн	60	52,3	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	51	2,2·10 <sup>11</sup>	2,9·10 <sup>9</sup>	3,9
» . . . . .	Вп	—	—	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	72,2	7,6·10 <sup>9</sup>	2,4·10 <sup>9</sup>	3,7
» . . . . .	П	75	24	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	11,6	4,5·10 <sup>11</sup>	3,5·10 <sup>9</sup>	5,8
Белый бук . . . . .	Вн	} 33,6	42,2	> 7·10 <sup>13</sup>	3·10 <sup>14</sup>	52	60,5	3,5·10 <sup>9</sup>	5,0
» . . . . .	Вп		—	—	> 7·10 <sup>13</sup>	3·10 <sup>14</sup>	60,5	75	3,9
» . . . . .	Вн		—	—	> 7·10 <sup>13</sup>	3·10 <sup>14</sup>	75	68	3,5
Береза . . . . .	Вп	} 83,8	65	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	6,2·10 <sup>11</sup>	6,0·10 <sup>9</sup>	3,5	
» . . . . .	Вн		—	—	> 7·10 <sup>13</sup>	3·10 <sup>14</sup>	12,2	1,0·10 <sup>9</sup>	6,3
» . . . . .	П		76,6	22,7	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	76,6	8,6·10 <sup>11</sup>	2,9
Ольха . . . . .	Вп	} 93,2	74,8	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	—	—	—	—
» . . . . .	Вн		—	—	> 7·10 <sup>13</sup>	> 3·10 <sup>14</sup>	—	—	—
» . . . . .	Вп		—	—	75	83	4,3·10 <sup>11</sup>	5,1·10 <sup>9</sup>	2,9
Дуб . . . . .	Вн	—	49	7·10 <sup>13</sup>	1,2·10 <sup>14</sup>	58	—	3,3	

Табл. 6.—Электрические свойства древесины [пропитанной олифой при 1°, подымавшейся в течение 2 ч. от 70 до 130° и державшейся затем при 130° в течение 8 ч., остывавшей в олифе до 60° в течение 2 ч. и затем выдержанной в печи, 1° к-рой в течение 12 ч. поднималась от 60°].

Порода древесины	Направление распила	Содержание поглощенной олифы в % от первоначального веса древесины	Вполне сухая			После трехнедельного пребывания в воздухе 95—98% влажности при 16—18°			
			электрич. крепость в kV/cm	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	электрич. крепость в kV/cm	уд. объемное электрич. сопротивление в $\Omega$ -см	поверхн. электрич. сопротивление при кольцевых электродах в $\Omega$	Содержание влаги в %
Серый бук . . . . .	Вп	} 60	66,3	3,1·10 <sup>13</sup>	6,4·10 <sup>13</sup>	68	8,6·10 <sup>14</sup>	9,2·10 <sup>9</sup>	4,0
» . . . . .	Вн		—	54	—	—	49,4	—	5,4
» . . . . .	П	68	34	4,1·10 <sup>11</sup>	4,3·10 <sup>12</sup>	12,8	2,2·10 <sup>9</sup>	6,8·10 <sup>9</sup>	5,6
Белый бук . . . . .	Вп	} 34	71,5	2,1·10 <sup>12</sup>	5,3·10 <sup>12</sup>	70	7,1·10 <sup>12</sup>	1,1·10 <sup>10</sup>	5,4
» . . . . .	Вн		—	50,5	—	—	48	—	6,2
» . . . . .	Вп		—	68	8,8·10 <sup>12</sup>	3,6·10 <sup>13</sup>	76	3,8·10 <sup>10</sup>	1,6·10 <sup>10</sup>
Береза . . . . .	Вн	} 71	—	6,9·10 <sup>10</sup>	7,4·10 <sup>11</sup>	62,3	3,4·10 <sup>9</sup>	2,6·10 <sup>9</sup>	5,1
» . . . . .	П		86	33	6,2·10 <sup>12</sup>	3,7·10 <sup>12</sup>	16,2	4,8·10 <sup>10</sup>	6,05
» . . . . .	Вп		89,3	70	—	—	74,5	—	4,15
Ольха . . . . .	Вп	—	76,2	—	—	—	—	—	
Дуб . . . . .	Вн	—	64,5	—	—	—	—	—	

проолифливать. Опыты показали, что шестидневное действие масла с 5—10% воды произвело нек-рое снижение электрич. крепости лишь у образцов типа П. Зависимость количества поглощенной в сыром воздухе влаги показывает, что наибольшую влагостойкость Д. дает парафинировка без вакуума для образцов П и в некоторых случаях для образцов В, а также проварка в олифе. Д. при пропитке получает значительную стойкость к прохождению по его поверхности тихого разряда, в отличие от бакелизованного картона, на к-ром тихий разряд с течением времени переходит в дуговой.

Другой способ пропитки, дающий древесине весьма высокие качества, состоит в пропитке ее (в деревянных баках) раствором бакелита или карболита под вакуумом, после чего растворитель удаляется испарением, а смола подвергается переходу из стадии А в стадию С (см. *Бакелиты*). Повышение  $t^\circ$ , сопровождающее процесс полимеризации, ведет к искусствен. выдержке Д., а выделяющиеся при этом формальдегид и фенол (или крезол) способствуют его консервации. Кроме того, древесина этим процессом просушивается и освобождается от соков. Т. о., бакелизация (или карбонизация) древесины совмещает в себе различные стороны ее облагораживания. Обработанное дерево приобретает пониженную влагоемкость и гигроскопичность; повышаются все его механич. свойства (прочность на изгиб, на скручивание и на разрезывание—примерно вдвое, а на сжатие—втрое). Сильно повышаются и электрические свойства, а также стойкость против кислот (м. б. повышена также стойкость против щелочей). Обработанная древесина легко принимает хорошую и сохраняющуюся полировку и может быть легко лакируема. Наконец, следует отметить ее хорошую защиту от разрушающих факторов и большую однородность и определенность ее физико-химических свойств.

**Применения.** В связи с весьма недостаточной исследованностью Д. как изоляционного материала и способов его обработки объем его применений еще не установился. В Германии правила безопасности допускают применение Д. в технике высокого напряжения только под маслом, и притом пропитанного особыми составами (напр., парафином или изоляционным лаком). Рекомендуется пропитка Д. под давлением, после предварительной просушки под вакуумом при  $t^\circ$  60—70°. Однако, и пропитанное дерево, согласно этим правилам, должно применяться с осторожностью в виду его гигроскопичности. Д. признается здесь, гл. обр., материалом для изоляции второй ступени, напр., при наличии фарфоровой обкладки. Америк. практика, напротив, склонна к широкому применению Д., пропитывая хорошо выдержанное и просушенное горячим способом (при 100—110°) Д. маслами, естественными и синтетич. смолами, различными составами, в нек-рых случаях также консервирующими и противовоспламенятельными средствами; самая пропитка ведется под вакуумом. Чаще Д. проваривают в течение 12—18 ч. и более в льняном масле. В качестве изоляционного материала применяется твердая древесина.

Многочисленные применения бакелизованного дерева относятся к области как электричества, так и друг. отраслей промышленности. Штыри изоляторов высокого напряжения (например, на 18 kV) обладают большою прочностью в продольном направлении и в случае повреждения фарфорового изолятора сами продолжают нести его службу; у таких изоляторов высокого напряжения перед фарфоровыми есть преимущество—более высокое поверхностное сопротивление при сырой погоде; из такого Д. изготовляют оси коллекторов, изолирующие табуреты, защитные экраны для будок высокого напряжения и т. д. Все эти изделия особенно применимы, по своей дешевизне и нехрупкости, в сельских электрических установках, поскольку они значительно понижают издержки на установку и на поддержание линии, а также утечки энергии в землю. Кроме того, бакелизованное Д. нашло себе широкое применение при производстве подшипников, осей, матриц для пластических материалов, в построении гидравлическ. турбин, аэропланов, гидроаэропланов, судов, различных частей ткацких и прядильных машин, в красочной промышленности, в химической—для баков, в строительной—для паркетов и обшивок помещений сырых или с кислотной атмосферой, в производстве винных бочек и различной аппаратуры пивного производства, в фанерном производстве и т. д. В настоящее время уже имеется в Нанси общество Le Bois Bakéllisé с капиталом в 1 500 000 фр.

*Лит.:* Михайлов М. М. и Майгельдинов И. А., Электрич. свойства нек-рых пород дерева, «Вестник теоретич. и эксперимент. электротехники», М., 1928, 10, стр. 375—384; Curtis H. L., Insulating Properties of Solid Dielectrics, «Bureau of Standards, Bull.», Wash., 1915, t. 4, 5, p. 359; Monkhouse A., Electrical Insulating Materials, L., 1926, p. 125—131; Dietrich, «Phys. Ztschr.», Lpz., 1910, B. 11, p. 187; Müller E., «ETZ», 1892, B. 13, p. 72; Eborlin L. a. Burgees, Impregnating Wood with Paraffin, «J. Eng. Chem.», 1927, 19 May, 1; Texier D., Un nouveau procédé de traitement d'amélioration de bois, «La technique moderne», P., 1929, 1 Janvier, t. 21, 1, p. 21—23; Wernicke K., Holz als Isolationsmaterial, «Elektr. Kraftbetriebe u. Bahnen», Mch., 1911, Jg. 9, p. 181; Hendricks A. B., High-Tension Testing of Insulating Materials, «Trans. of the Amer. Institute of Electr. Engineers», 1911, t. 30, p. 187—213; «Bureau of Standards, Scientific Papers», Wash., 1915, 234; «Electrical World», N. Y., 1911, t. 57, p. 328; Starke H., «Wiedemann's Annalen», B. 60, p. 629—641; B. 61, p. 804 (дизэлектрич. коэфф. дерева); Mazzotti D., «Rendiconti d. Accad. R. dei Lincei», Cl. fis., Roma, 1897, Sett. П. Флоренский.

**ДЕРЕВО ИСКУССТВЕННОЕ, название групп** пластических масс, имеющих назначение имитировать различные сорта дерева. Смысл имитации—получение пресованной и штампованной предметов, производство которых из натурального дерева обычным путем—выпиливанием или вырезанием—требует значительных затрат труда и времени. Чаще всего Д. и. применяется для изготовления: орнаментов для мебели, отделок для потолка и фриз, рам для картин и зеркал, багета, паркета, курительных трубок, шкатулок и т. п. вещей, реже—в электротехнике для выделки мелких электроустановочных и радиоустановочных изделий. К Д. и. предъявляют те же требования, что и к натуральному выдержанному дереву: изделия из него д. б. тверды, неломки и нехрупки, должны хорошо полироваться и лакироваться, не коробиться от времени и окрашиваться в характерные,

свойственные различ. породам дерева тона. Все многочисленные известные по патентной литературе рецепты изготовления Д. и. следует разбить на три группы: 1) массы из дерева, измененного химич. или механич. способом; 2) массы из дерева в виде опилок, муки или волокон, в комбинации с животными или растительными склеивающими веществами (клеем, кровяным фибрином, альбумином, казеином) и 3) массы из дерева и искусственных смол. Совершенно особое место занимают массы из дерева и минеральных связующих веществ (цемента), к-рые в Германии носят название *Steinholz*. Последние нельзя причислить к Д. и., ибо прямое назначение их—не имитация дерева, а использование различных древесных отбросов (см. *Древесно-цементные массы*).

Первая группа Д. и. объединяет продукты, к-рые по своему химич. характеру стоят ближе всего к натуральному дереву. Наиболее интересны из них своеобразные пластическ. массы, образующиеся в результате неполного термич. разложения (п и р о л и з а) дерева без доступа кислорода воздуха. Они впервые были получены Безанром и Ленуаром в 1891 г. как лабораторный препарат прогреванием дерева в герметически закрытом сосуде при высокой  $t^{\circ}$  («*bois fondu*») [1]. В настоящее время существует несколько технически разработанных способов. Отметим следующие: 1) Куски дерева сначала прогревают в автоклаве в вакууме при  $140^{\circ}$  в продолжение 3 часов. Продукты разложения пропускают через холодильник и собирают для утилизации (для получения метилового спирта, ацетона, уксусной кислоты и т. д.). Полуплавленный волокнистый остаток переносят в другой автоклав и нагревают 2 часа при  $800-900^{\circ}$  в атмосфере азота (азот нагнетается под давлением  $2 \text{ atm}$ ). 2) Куски дерева прогревают в автоклаве под высоким давлением до распадаения лигнинцеллюлозы на лигнин и целлюлозу. Получившуюся однородную спекшуюся массу затем тщательно размешивают и прессуют под давлением в  $100-450 \text{ atm}$  в нагретых до  $100^{\circ}$  матрицах (способ бр. Пфлеймер). В обоих случаях дерево превращается в весьма твердую, однородную и механически прочную массу (лигностон). Из нее делают, путем горячей штамповки и прессовки, зубчатые колеса, веретена, челноки ткацкие, гребни, пуговицы и т. п. вещи [2]. К этой же группе следует отнести и продукты из древесной массы, размолотой на коллоидной мельнице Плаусона [3] и спрессованной без прибавления цементирующих веществ или вместе с ними. Массу смешивают с опилками или древесной мукой (из смолистого дерева) и смесь прессуют под большим давлением в нагретых матрицах. Получаемые таким образом предметы отличаются легкостью, прочностью и большим электр. сопротивлением.

Из второй группы Д. и. заслуживают внимания следующие рецепты: 1) При  $100^{\circ}$  приготавливают густой раствор столярного клея (на водяной бане), к нему прибавляют  $10-20\%$  (от веса сухого клея) глицерина и при размешивании—мелкой древесной муки до образования густого теста. Это тесто при  $100^{\circ}$  перетирают вальцами и прес-

суют под большим давлением в нагретых матрицах. 2) Берут густой раствор столярного клея, приготовленного при  $100^{\circ}$  (10 вес. частей сухого клея); к нему прибавляют при размешивании 4 в. ч. желтой окиси свинца, 8 в. ч. свинцовых белил, 1 в. ч. гипса и  $10-12$  в. ч. мелкой древесной муки. Смесь при нагревании перетирают на вальцах и прессуют под большим давлением в горячих матрицах. 3) Древесную муку (из смолистого дерева) тщательно размешивают с кровью и водой, в зависимости от назначения массы, и высушивают при  $50-60^{\circ}$ . Сухую массу перетирают на вальцах в мелкий порошок и прессуют под большим давлением в матрицах, нагретых до  $160-170^{\circ}$  («*bois durci*»; способ Латри). 4) Смешивают 2 в. ч. древесной муки и 1 в. ч. древесной золы с таким количеством крови, чтобы получилось густое тесто. После перетирания на вальцах тесто прессуют и высушивают при невысокой  $t^{\circ}$  (способ Шнейдера) [4]. 5) Растворяют продолжительным нагреванием в слабой щелочной воде 100 вес. ч. творога. К раствору прибавляют 25 в. ч. гашеной извести в порошке (пушонка) и столько же древесной муки, чтобы получилось густое тесто. Тесто месят, перетирают на вальцах и прессуют под большим давлением. 6) Сгустки свернутой крови хорошо отжимают от сыворотки, высушивают и перетирают в мелкий порошок. Этот порошок смешивают с древесной мукой, костяной мукой и прессуют под большим давлением в горячих матрицах (способ Пальмера). Качество масс, отнесенных ко второй группе, в значительной мере зависит от технич. деталей изготовления, к-рые обычно не приводятся в патентных рецептах. Во всяком случае многие из этих масс отличаются прочностью, хорошо полируются и обрабатываются и успешно конкурируют с натуральным деревом [5, 6, 7]. Как изоляционный материал они все ниже дерева и ниже масс первой группы вследствие гигроскопичности склеивающих веществ растительного и животного происхождения (казеина, крови, альбумина).

Третья группа объединяет массы из отбросов дерева (в виде опилок, муки, волокон), цементированных искусствен. смолами; последними м. б. продукты конденсации формальдегида (с фенолами, кетонами, нафталином), уксусного альдегида, акролеина и т. д. [8]. От масс 2-й группы они отличаются отсутствием гигроскопичности и поэтому находят применение в электротехнике как изоляционный материал, для выделки таких предметов, как кнопки электрич. звонков, штепсели, розетки, вилки. Из существующих многочисленных рецептов с химич. точки зрения наиболее интересны следующие, предложенные Плаусоном [9]: 1) 100 вес. ч. древесной муки смешивают с 58 вес. ч. ацетона и 100 в. ч. 30%-ного формалина. Через смесь при быстром размешивании пропускают ток газообразного аммиака под давлением  $1-3 \text{ atm}$  в продолжение  $10-15$  мин. Смесь затем нагревают в вакууме для удаления избытков аммиака и воды. Остаток прессуют под давлением  $250 \text{ atm}$  в горячих матрицах. 2) Смешивают 30 в. ч. ацетона-каучукового клея, 30 в. ч. ацетона, 100 в. ч. 40%-ного формалина и  $150-250$  в. ч. древесной муки.

В качестве катализатора к смеси прибавляют 10%-ный водный или спиртовой раствор каустической соды. Реакция проходит в  $1\frac{1}{2}$  часа. Продукт промывают водой, а избыток воды и аммиака удаляют выпариванием в вакууме. Остаток прессуют под давлением 250—300 atm в нагретых матрицах.

Лит.: <sup>1)</sup> F r i t s c h J., Fabrication des matières plastiques, p. 40—62, P., 1926; <sup>2)</sup> B l ü c h e r H., Plastische Massen, p. 100—108, Lpz., 1924; <sup>3)</sup> M o n k h o u s e A., Electrical Insulating Materials, p. 968, L., 1926; <sup>4)</sup> «Kunststoffe», München, 1915, p. 72; <sup>5)</sup> F i s c h e r E., Holzersatzmassen, ibidem, 1917, p. 213, 230, 244; <sup>6)</sup> «Revue général des matières plastiques», P., 1925, t. 1, 1—4; <sup>7)</sup> H ö f e r, Fabrikation künstlicher plastischer Massen, Wien—Leipzig, 1921; <sup>8)</sup> В а е к е л а n d, «I. Eng. Chem.», 1916, v. 8, p. 570; <sup>9)</sup> А м. П. 1397144/21, Г. П. 37960/22. **Б. Мансоров.**

**ДЕРЕВО ПРОБКОВОЕ**, в общем смысле— все виды растений, доставляющие пробку; однако, практически в некоторых случаях применения исключительно важное место

Родиной пробкового дуба считают Испанию и ю.-з. часть побережья Средиземного моря—Алжир и Марокко, но м. б. коренное месторождение следует ограничивать одной только сев. Африкой (Флюккигер). Культура пробкового дуба ведется в Португалии, на островах Балеарских, Сардинии, Корсике, Сицилии, в Италии, Истрии и Далмации. В обеих последних областях преобладает *Q. pseudosuber*, а по берегам океана, во Франции и Португалии, произрастает *Q. occidentalis*. Имеются также культуры пробкового дуба в Греции, на о-ве Мадере, в юж. штатах С. Америки и в Австралии. В СССР пробковый дуб в диком виде не встречается, но, как показали опыты 1900—28 гг., может произрастать на Южном берегу Крыма и в некоторых местах Закавказья, напр., около Сухума и Кутаиса. В табл. 1 указаны главные места культуры пробкового дуба.

Табл. 1.—Распространение культуры пробкового дуба и мировое производство пробки.

Страны	Провинции и области	Площадь культуры в га	Производство пробки до 1914 г. в т	
			пробковое сырье	готовые изделия, пробковое сырье и обрезки
Испания	Каталония (возле Хероны), Лаюнкверра Тоска; Андалузия—к северу от Севильи; Эстремадура и Астурия . . . . .	300 000	3 936	54 000
Португалия	Бена, Эвора, Порталегре, Альгарве, Лиссабон, Сантарем и Кастелло Вранко	500 000	45 839	75 853
Франция	Руссильон, Прованс, Гасконь, на острове Корсике возле Порто-Веккио и Моначчи . . . . .	150 000	8 955	12 131
Алжир	В департаментах Оран и Алжир; наилучшие насаждения в Константине, вдоль пустынь Бужи, Джиджелли, Эльмилиа, Тагер Колю, Филиппвиль, вплоть до Бона . . . . .	508 000	36 775	36 775
Тунис	На границе Алжира и в гористой местности Кумири . . . . .	116 000	4 589	ок. 4 589
Марокко	Между Танжером и Рабатом, в Эр Риф, вплоть до Мюльона . . . . .	1 000 060	—	—
Италия	Гл. обр., на о-вах Сицилии и Сардинии	80 000	3 698	5 251
СССР (1928 г.)	Опыты насаждения (1928 г.) в Никитском саду (Крым), Отрадном (в 10 км от Гагр) и на Баюпской даче (близ Кутаиса) Намечены на ближайшие 10 лет насаждения: на Южном берегу Крыма в Абхазии в Грузии в Азербайджане	— 1 000 1 000 15 000 8 000	4 — — — —	— — — — —

в пробковой промышленности принадлежит различным видам пробкового дуба из семейства Fagaceae (буковых), из группы вечзеленых дубов. Такое значение имеют: 1) *Quercus suber* L.—пробковый дуб (Алжир, Испания, Марокко); 2) *Q. occidentalis* Gauc, представляющий, повидимому, разновидность *Q. suber* (var. *Latifolia*); 3) *Q. pseudosuber* Santi (может быть гибрид *Q. suber* и *Q. cerris*—Средняя Италия, Прованс, Истрия и Далмация); 4) *Q. numidica* Trab., представляющий гибрид *Q. suber* и *Q. afares*, близкий к *Q. pseudosuber* (Алжир); 5) *Q. fontanesii* Trab., помесь *Q. suber* и *Q. cerris* (Алжир); 6) *Q. ilex* L. (средиземноморские страны). Из всех этих видов преобладает и притом дает наилучшую пробку *Q. suber*, тогда как пробка от *Q. pseudosuber* худшего качества.

Наилучшего качества пробковая кора получается в Каталонии, количественно же по добыче первое место занимает Алжир. Распространение пробкового дуба доходит до 45° с. ш., верхняя граница распространения лежит ок. 1000—1300 м над ур. моря. Артигас-и-Тейридор установил зависимость строения пробковой коры от места происхождения в том смысле, что пробка более плотной структуры получается в гористых местностях. Пробковый дуб хорошо произрастает на почвах из силурийского шифера и гранита, кварца и песчаника, известковых же и болотистых почв боится. Пробковый дуб достигает высоты 20—30 м и возраста свыше 200 л. Ствол его невысок, имеет от 2 до 5 м в обхвате, бурого или буровато-красного цвета; молодая кора—гладкая, серовато-зеленая;

Табл. 2.—Естественные заменители пробки.

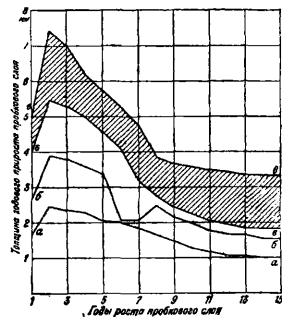
Семейство	Вид	Местность	Применяемая часть дерева	Применение	Уд. вес	Характер коры или древесины
Pinaceae—хвойные	<i>Pinus Mercusii</i> Jungh	Индия	Кора	Применяется в качестве пробки	—	—
Pinaceae—хвойные	<i>Pinus silvestris</i> L. и другие виды сосны	Европа	Кора	В размолотом виде, для пресовки искусственных пробок	—	—
Salicaceae—ивовые	Разные виды ивы и тополя	Европа	Древесина	Во время войны 1914—18 гг. их мягкая древесина шла на пробки	—	—
Moraceae—тутовые	<i>Musanga Smithii</i> R.—пробковое дерево, Бозенге, бокомбо, африканское флотовое дерево, ассан, икомба—не тождественно с <i>Bosenge balamba</i>	Тропич. Зап. Африка от Сиерра Леоне до нижнего Конго, а к западу до Момбутту и Итури	Древесина	Заменитель пробки, идет на поплавки, для обшивки, на дешевую мебель, домашнюю утварь, игрушки и на производство бумаги	1,295	Очень легкая, весьма мягкая, легко колется, хорошо обрабатывается всеми способами, хорошо сопротивляется гниению
Anonaceae	<i>Anona palustris</i>	Ю. Америка	Древесина корня	Т. н. пробковая древесина	—	—
Anonaceae	<i>Anona palustris</i>	Ю. Америка	Древесина ствола и корня	Т. н. пробковая древесина, сравнительно мало употребительная	—	—
Leguminosae—бобовые	<i>Aeschynomene elaphroxylon</i> Taub.—амбач, амбаш, бимба	Тропич. Африка (Судан, Дамарланд, Мозамбик) и Мадагаскар	Древесина	Постройка челноков и лодок, колыбелей, стульев, поплавков для более тяжелой древесины	—	Необыкновенно мягкая, волокнистая и долговечная
Leguminosae—бобовые	Виды <i>Erythrina</i> , особенно <i>Erythrina acanthocarpa</i> <i>Erythrina caffra</i> —нафрское дерево, умзинзи <i>Erythrina crista galli</i> L.—сейбо, курницефра, цуикан <i>Erythrina indica</i> Lamb.—напгра, дадан, индийское коралловое дерево	Тропики Ю.-вост. Напландия, до Натали Бразилия, Аргентина Ост-Индия, до Австралии	Древесина » » »	Дает так наз. мраморную пробку (Marble cork) — Идет на игрушки, лопатки, черенки ножей —	— 0,228 — —	— Подобна древесине <i>Bombax malabaricum</i> Мягкая, хорошо и легко полируется —
Leguminosae—бобовые	<i>Pterocarpus suberosus</i> Poir., виды лакрицы, также <i>Glycyrrhiza glabra</i>	Ю. Америка, Европа (Балканский полуостров)	Особенно древесина корня	—	—	—
Leguminosae—	<i>Edmone mirabilis</i>	—	—	—	—	—



Burseraceae	Commiphora africana Engl.	Абиссиния	Древесина	Сравнительно мало употребительна	—	—
Tiliaceae—липовые	Tilia grandifolia Ehrh.—крупнолистная, или летняя, липа (и другие виды липы)	Европа—от сев. Испании до юж. России	Древесина	—	0,320—0,590	—
Malvaceae—мальвовые	Hibiscus tiliaceus L. (также H. similis Bl., H. elatus D. C.)—антилское пробковое дерево, мойо, майагуа, магом, бола	Антильские острова, Ост-Индия и тропич. Америка	Древесина	Идет на понтоны, рыбацьи поплавки, челноки, спасательные круги, на оправу Индиг, тепло- и холодоизоляцию, в авиации, для упаковки мебели, и т. д.	0,559—0,607	Твердая, глбная, долговечная, легкообрабатываемая
Bombacaceae—баобабовые	Ochroma lagopus Schwartz (также Bombax pyramidale Cav.)—заячье дерево, вест-индское пробковое дерево, бальза, гуано	Сев. части тропич. Ю. Америки, Антильские острова, Центр. Америка	Древесина	Очень ценный материал, идет на долбленые туземные лодки и пироги, плавательные пояса, буи и минные буи, холодо- и теплоизоляцию, в авиации, для упаковки мебели, металла, фонографов и т. д.	0,070—0,117	Прочность коры вдвое меньше, чем древесины, а плавательн. способность втрое больше, чем пробки; состоит из почти чистой целлюлозы, очень мягка, легка и упруга
Bombacaceae—баобабовые	Adansonia digitata	Африка	—	—	—	—
Bombacaceae—баобабовые	Bombax malabaricum D. C. (также Bombax ceiba L.)—индийское хлопковое дерево, симбал, ссмал, малабулайя, «голландский сыр»	От Британской Индии до сев. части Австралии	Древесина	Упаковочные и в частности чайные ящики, поплавки, сундуки и пр.	0,40	В свежем состоянии белая, на воздухе темнеет; не имеет ядра и годичных колец, поры большие
Bombacaceae—баобабовые	Ceiba pentandra Gärtn. (Eriodendron anfractuosum P. D. C.)—хлопковое дерево, бума, бумэ, двом, канте	Тропики обоих полушарий	Древесина	Идет на простую дешевую мебель, на щитки, как заменитель тополя и ели, на бумагу, и т. д.	—	Очень мягкая и легкая, легко режется, колется и обрабатывается, легко связывается врубной и склеивается
Nyassaceae	Nyassa silvatica и другие виды Nyassa	С. Америка	—	—	—	—
Myrtales—миртовые	Melaleuca leucadendron	Ю. Азия	Древесина и кора	Заменители пробки	—	—
Aprocinaceae—апоциновые	Alstonia scholaris Br.—хатван, хатим, пала, дита	Более влажная область Ост-Индии, Малайского берега, Филиппинских и Молуккских островов, Н. Гвинея, Австралии	Древесина	Идет на ящики, мебель, подошвы, музыкальные инструменты, рыбацьи поплавки, сундуки	0,449	Мягкая, гладкая, волокнистая
Leitneriaceae	Leitneria floridiana Chapm.—миссурийское пробковое дерево	—	Древесина	Сравнительно мало употребительна	—	—
Sonneratiaceae	Sonneratia pagatpat Blanco	—	Древесина	Сравнительно мало употребительна	—	—

ветви искривлены, не покрыты листьями и направлены вверх. Время цветения: в Испании—от апреля до июня включительно, а в Алжире—от января до мая включительно. Листья невелики, кожисты, несколько овальные и напоминают по форме листья нашего дуба. Верхняя поверхность листа гладкая, темнозеленая, а нижняя—светлее и покрыта серо-белым пушком. Жолуди вызревают в октябре. Они сидят поодиночке или парно на коротких толстых ножках.

Пробковый дуб разводят гл. образом жемчужниками, которые высаживают тотчас после созревания, т. е. в октябре или ноябре. При затруднительности сделать посадку в надлежащее время жолуди хранят до весны в сухом и прохладном месте пересыпанными песком и высевают в феврале. 1 гл содержит 19 000 желудей; на 1 га высевают ок. 10 гл желудей, при расстоянии в 35 см ряд от ряда.

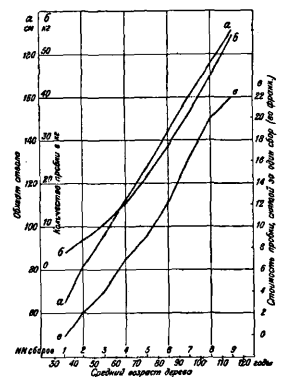


Фиг. 1.

В первое же лето питомник очищают от сорняков и поливают; на второй год производят рассадку растений, после подготовки (перекопки) почвы на 90 см глубины, с таким расчетом, чтобы каждому деревцу предоставить по 4,3 м<sup>2</sup> площади. При культуре пробкового дуба подрезывание и очистка ветвей

ведется таким образом, чтобы получить высокий и чистый от веток ствол. Со второго-третьего года ствол начинает покрываться слоем пробки, выделяемой камбием. Ежегодный прирост пробковой коры, по данным Ламе (Lamey), представлен на фиг. 1 кривыми, где линия *a* относится к тонкой пробке, *b*—к обычной и *в*—к толстой (заштрихованная область указывает пределы прироста). Однако, вследствие быстрого роста поперечника ствола, эти первые слои разрываются, и поэтому первичный слой пробки, так называемой мужской, отличается низкими технич. качествами. Чтобы дать возможность образоваться более ровному и добротному женскому слою, мужской удаляют. Это делают между 8-м и 20-м годами жизни дерева, как только высота его достигнет приблизительно 1,5 м, а ствол 20—30 см в обхвате. Снятие мужского слоя требует осторожности, чтобы не повредить камбия; выбирают теплое время года, с половины июля по конец августа, при чем избегают дней, когда дует сухой знойный ветер, повреждающий обнаженную заболонь—материнский слой, весьма чувствительный к атмосферным воздействиям. Сперва делают надрез по длине ствола острым топориком, а затем—поперечные надрезы через каждый м, начиная от уровня земли; полученные отрезки коры отделяют от ствола при помощи клинчев или заострен. конца рукоятки топорика. Иногда удаление мужского слоя производится выжиганием. После удаления мужской первичной пробки,

через 8—10 лет на материнской пробке образуется слой однородной и ровной женской пробки. Этот слой в течение первых лет необходимо надрезать тремя-четырьмя продольными разрезами, от начала кроны до основания дерева. Сбор пробки начинается, когда толщина ее достигает 23—27 мм (11 линий), что приблизительно соответствует 11 слоям или «линиям» в пробковом слое. Так как этой толщины пробковый слой достигает постепенно, начиная от нижних частей ствола к верхним, то кору снимают сначала с нижних частей, а затем с верхних. Снятие пробкового слоя производится при помощи трех-четырех продольных разрезов коры ножом, сделанных так, чтобы не повредить камбия. Кроме того, делают два кольцевых надреза: один на высоте 35—53 см над уровнем земли, а другой—в том месте, где слой пробки не достигает положенной толщины. Затем осторожно ударяют по коре тупым орудием и снимают ее в виде полуцилиндрич. кусков. Длина их бывает обычно до 140 см, ширина до 65 см и толщина до 3,5 см. Сдранную кору сортируют, при чем в лучшие сорта отбирают куски с мелкими порами и притом с небольшим числом их. После счистки поверхностного слоя кору отделяют: во Франции ее распаривают в горячей воде, скоблят, просушивают под наложенными на нее для выпрямления камнями и прессуют; в Испании палат перед огнем, после чего обугленный слой соскабливают. Вследствие такой разницы в обработке французская пробка получается светлее испанской. Отдельные пробковые пластины связывают железными или же альфовыми (см. *Альфа*) перевязками в тюки по 70—80 кг, в таком виде они поступают в продажу. Пробковые пластины худшего качества идут на рыболовные поплавки или перерабатываются в пробковую муку или опилки. Обрезки и негодн. пробку пережигают и употребляют на изготовление краски—пробковой черной (испанская черная). Эта операция имеет также целью уничтожить вредителей пробков. дуба, которые ютятся в коре: личинок *Formica rufa rufa* L., *Coroebus bifasciatus*, *Cerambyx cerdo* L., *S. cundatus*, *Bombix dispar*, *Agrius* (разных видов) и *Tortrix viridana*. Обнаженное на стволе место снова зарастает пробкой только через 8—11—15 лет, на ветвях же зарастание происходит еще медленнее. Чем выше от земли пробковый слой, тем пробка эластичнее. Очистка пробки ведется либо вручную, что дает лучшие результаты и меньшую потерю материала, либо машинным способом, имеющим преимущество в отношении экономии времени и расходов. Качество пробки улучшается с возрастом дерева, и между 50



Фиг. 2.

лучше от земли пробковый слой, тем пробка эластичнее. Очистка пробки ведется либо вручную, что дает лучшие результаты и меньшую потерю материала, либо машинным способом, имеющим преимущество в отношении экономии времени и расходов. Качество пробки улучшается с возрастом дерева, и между 50

и 150 годами оно дает кору наиболее ценную. У деревьев возраста свыше 150 лет время возобновления пробкового слоя доходит до 14—16 лет, а после 200 лет жизни дерева пробка делается уже технически непригодной, так что ствол идет на древесину. На фиг. 2 сопоставлены кривые (по данным Ламе) производительности пробкового дуба в зависимости от возраста. Кривая *a* показывает обхват дерева (в см), кривая *b*—количество снятой пробки (в кг), а кривая *в*—стоимость снятой за один сбор пробки в франках. Однако в некоторых случаях сбор пробки бывает гораздо значительнее. Так, напр., одно дерево возле Нотр-Дам-де-Мор в 1882 г. дало 600 кг пробки. За все время промышленной эксплуатации, от 35-го по 120-й год, пробковый дуб допускает примерно 9 сборов и дает всего 221,5 кг пробки, на сумму 97,00 франков. С 1 га снимают ежегодно около 200 кг пробки. Мировое производство пробки показано в табл. 1. В Россию ежегодно ввозилось (по данным 1902 г.) свыше 4 800 т пробковой коры, идущей на выделку пробок, и свыше 246 т готовых пробок. Главными центрами торговли пробкой и пробкообрабатывающей промышленности до 1914 г. были Бордо, Бремен, Берлин, Вена, а в России—Рига. (О свойствах и применениях пробки см. *Пробка*.) Древесина пробкового дуба плотная, тяжелая; она идет на поделки, выделку угля и т. д.

Ценные технич. свойства пробки из коры пробкового дуба были известны с глубокой древности, и до сих пор, несмотря на многие предложения, попытки заменить пробку другим материалом, более доступным, не дали вполне удовлетворительных результатов. Из естественных продуктов этого рода указывалась кора различн. деревьев (напр., *Ulmus suberosus*), сердцевина подсолнечника, кукурузы и бузины, а также древесина некоторых тропич. древесных пород, обладающая большой мягкостью и малым уд. весом и по физическ. свойствам близкая к пробке. Сводка данных о различных естественных заменителях пробки дана в табл. 2.

Торговый оборот Германии по заменителям пробки, известным под общим названием «пробковой древесины», характеризуется следующими данными:

	Ввезено в Германию	Транзит через Германию
1925 г. . . . .	26 195,8 т	697,7 т
1926 г. . . . .	24 695,6 т	889,5 т

В 1921 г. древесины балзы ввезено в Германию 10 т, а в С.Ш.А. в 1920 г.—5 500 т.

*Лит.*: Иоэль с о м Н. Д., Пробковый дуб, пер. с французского, Тифлис, 1894; Шавров Н. Н., Пробковый дуб и возможность разведения его в Закавказье, Тифлис, 1887; е го же, Пробковый дуб, Полн. энцикл. русск. сел. хозяйства, т. 7, стр. 978—981, СПб, 1902; е го же, О возможности культуры пробкового дуба в Закавказье, «Труды о-ва сел. хозяйства», Тифлис, 1889, 9; е го же, Культура пробкового дуба в СССР, «Изв. ЦИК СССР и ВШК», М., 1928, 218 (3452), стр. 3; L a m e y A., Le chêne-liège, Paris, 1892; S e m l e r H., Die tropische Agrikultur, В. 1—4, Wismar, 1886—93; R e h m e r W. u. K o n s t a n t y V., Kork, Die Rohstoffe d. Pflanzenreichs, hrsg. v. J. Wiesner, 4 Aufl., В. 2, р. 1785—1800, Lpz., 1928 (указана лит.); R e h m e r W., Hölzer, ibid., р. 1123—1646; R o u s s e t A., Culture et exploitation des arbres, P., 1882; H ö h n e l F., Über d. Kork u. verkornte Gewebe überhaupt, W., 1878; K l a u b e r A., Die Monographie d. Korkes, В., 1920; S t ö s s e l H., Die Korkproduktion, ihre Verteilung auf d. Welt-

markt u. d. deutsche Korkindustrie, В., 1922 (указана лит.); M ü l l e r E. A., Über d. Korkische, «Abhandlungen d. Geograph. Gesellschaft in Wien», W., 1900, В. 2, 7, p. 239; F r e u n d H., Beiträge zur Kenntnis d. Korkersatzes, «Ch. Ztbl.», 1919, В. 2, p. 217; W e h s a r g R., Korkschrotersatz, ibid., 1920, В. 2, p. 784; M e l h a r d t C., Korkersatz aus Pflanzenfasern, ibid., 1920, В. 4, p. 446; F r e u n d H., Unsere Ersatzstoffe in der Kriegszeit, «Pharmaz. Zeitung», В., 1919, В. 64, p. 223; F r e u n d H., Über Korkersatz, «Pharmaz. Zentralhalle», Dresden, 1919, В. 60, p. 183—187; U t z F., Über Kork und Korkersatz, «Kunststoffe, Mch.», 1919, В. 9, p. 157.

П. Флоренский.

**ДЕРЕВОБЕТОН**, строительный материал вполне аналогичный железобетону, в к-ром железная арматура заменена деревянными брусками. В железобетоне главное значение имеет сцепление железа с бетоном, обуславливающее общность деформаций. В деревобетоне также происходит сцепление между бетоном и деревом как вследствие непосредственного прилипания цементного раствора к поверхности дерева, так и вследствие впитывания раствора в поры дерева. Вместе с тем сцепление увеличивается благодаря значительному трению, возникающему при стремлении арматуры перемещаться внутри бетона, так как деревянные бруски берут нестроганными, непосредственно из-под пилы. Увеличению сцепления способствует, наконец, и усадка бетона при схватывании и твердении. Дерево не должно быть свежим. Первые конструкции из Д. были патентованы в Швейцарии в 1896 году. Испытания этого материала были произведены Рикардини в Италии и Кессе в Англии. В опытах Рикардини балочка пролетом в 3 м, армированная еловыми брусками 3×3 см, испытанная через 26 дней после изготовления сосредоточенным грузом, приложенным в середине пролета, дала трещину при грузе в 2 494 кг. Такая же балка через 7 месяцев после изготовления разрушилась от груза в 7 818 кг. Кессе произвел сравнительные опыты с бетонными, железобетонными и деревобетонными балочками 11,5×11,5×140 см. При этом бетонные выдержали нагрузку в 190 кг, железобетонные—от 450 до 675 кг и деревобетонные—1 500 кг. Следует, все-таки, отметить, что для испытываемых балочек Кессе брал дерево очень твердой породы, и, кроме того, балочки были снабжены железными хомутами.

Для расчета деревобетонных конструкций пользуются теми же формулами, что и для железобетона. Допускаемое напряжение бетона на сжатие—от 30 до 40 кг/см<sup>2</sup>, а дерева на растяжение—60 кг/см<sup>2</sup>. Отношение модулей упругости дерева и бетона  $E_d : E_b$  от 0,5 до 0,8. Для расчета лучше брать 0,5. Весьма целесообразно исследовать растягивающие напряжения в бетоне и не допускать более 20 кг/см<sup>2</sup>. Это более обеспечивает от образования трещин в растянутой части балки, и, следовательно, дерево лучше сохраняется в бетоне. При расчете обязательно должен быть учтен собственный вес конструкции; здесь он имеет большее значение, чем для железобетона.

При производстве работ из Д. надлежит принимать следующие меры: дерево должно быть нестроганное; до укладки оно д. б. выдержано в воде, иначе оно будет впитывать воду из цементного раствора, что поведет к уменьшению прочности раствора и его

сцепления с деревом; кроме того, дерево, разбухая, может разорвать свежий, еще не окрепший бетон. Нижний предохранительный слой бетона под арматурой следует делать толще, чем в железобетоне; бруски арматуры иногда приходится закреплять, чтобы они при бетоне с большим содержанием воды не всплывали, а плотно лежали на нижнем слое. К достоинствам Д. следует отнести его относительную, по сравнению с железобетоном, дешевизну, при достаточной прочности, и легкость заготовки и укладки арматуры. Д. особенно выгоден при небольших полезных нагрузках, напр., для сельских построек, служб и т. п. Экономия по сравнению с железобетоном может достигнуть 30% и более. В отношении огнестойкости Д. ниже железобетона; при накоплении его возможны продольные трещины. К недостаткам Д. относятся: 1) неопределенность состояния дерева внутри бетона, 2) возможность расслоений и трещин при высыхании дерева, 3) порча дерева в случае образования трещин в бетоне, 4) возможность нарушения сцепления дерева с бетоном при изменении температуры вследствие большой разницы их коэффициентов термического расширения (для дерева он в 3—5 раз меньше, чем для бетона), а также от продольной усушки дерева, и 5) уменьшение прочности дерева при значительном содержании влаги. Техника Д. еще не вышла из стадии опытов, и о применении его в сколько-нибудь значительных размерах сведений не имеется. От Д. следует отличать ксилобетон, иногда также называемый деревобетоном.

Лит.: Молгачев П. Деревобетон. «Цемент, камень и железо», СПб. 1912, 1, стр. 12; Ротерт В. Деревобетон, там же, 5, стр. 118. А. Певцов.

**ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ**, инструменты, применяемые в различных производствах, для ручной и машинной обработки дерева.

Инструменты для ручной обработки дерева. Для раскалывания дерева вдоль волокон применяются колун—большой топор и клин—кусок железа с заостренным концом. Клинья часто делают также из твердого дерева. Обыкновенный плотничный топор, весом до 2 кг, является универсальным инструментом в руках плотника, служащим, кроме раскалывания, для рубки и обтески дерева, для отборки четвертей, зазов и т. д. *Пилы* (см.) служат для разделения дерева на части путем пиления. Для строгания дерева применяются различные струги и рубанки. Для долбления и гнзед и пр. применяются *долота* (см.) и *стамески* (см. *Столярное дело*) плоские и полукруглые, различной ширины. Для сверления круглых отверстий в дереве применяются *сверла* (см.). *Разенковка* применяется для рассверливания конических уширений для головок шурупов. Для вращения сверл при работе служат колесики или *дрель* (см.), или же в конце сверла делается отверстие, в которое вставляется рукоятка. К скоблящим инструментам относятся: *цикля*, состоящая из стальной пластинки, острие которой получается путем образования заусен-

на на рабочей кромке, и служащая для окончательного выглаживания поверхностей, обстроганных рубанками, рашпили и подпилки (см. *Напильники*).

Инструменты для машинной обработки дерева. Пилы в деревообделочных станках применяются: прямые, круглые, ленточные, цилиндрические и вогнутые. В *строгальных станках* (см.) режущим инструментом являются ножевые валы и *фрезера* (см.). Сверла на сверлильных станках применяются гл., образом, винтовые, ложечные и центровые. Для обработки прямоугольных гнезд применяются долота и бесконечная фрезерная цепь (см. *Долбление*).

Кроме указанных, вспомогательную роль в деревообделочных производствах играют инструменты измерительные, разметочные и проверочные, как то: линейки, масштабы, циркули, кронциркули, наугольники, рейсмасы, уровни и т. д.; точильные инструменты: точильные камни и оселки и пр.

Лит.: См. *Столярное дело*.

А. Золотарев.

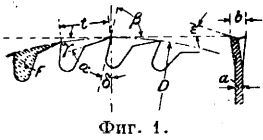
**ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА**, отрасли промышленности, занимающиеся механической обработкой дерева с целью получения готовых продуктов или заготовок, перерабатываемых затем в специальных производствах. В число Д. п. входят: лесопильное (см. *Лесопильное дело*), столярно-строительное и мебельное (см. *Столярное дело* и *Гнутые дерева*), ящичное (см. *Тара*), гонтовое (см. *Гонт*), *фанерное производство* (см.), бочарное (см. *Бондарный завод*), экипажное и колесное (см. *Экипажное дело*), паркетное (см. *Паркет*), древесно-массное (см. *Древесная масса*), изготовление древесной шерсти (см. *Древесная шерсть*), спичечных коробок и соломки (см. *Спичечное производство*), катушечно-челночное производство (см.), колодочное (см. *Колодки* и *Копировальные станки*). Кроме того, сюда же относятся чисто кустарные производства, как, например, мочальное, посудное, щепного товара, корзинное.

**ДЕРЕВООБДЕЛОЧНЫЕ СТАНКИ** служат для обработки дерева и в большинстве случаев осуществляют процессы резания. Резание может совершаться: 1) в торец дерева. т. е. в плоскости, перпендикулярной к направлению волокон, 2) в плоскости волокон параллельно их направлению и 3) в плоскости волокон перпендикулярно их направлению. См. *Резание (дерева)*.

Д. с. по роду обработки дерева м. б. распределены на следующие основные группы: лесопильные, строгальные, фрезерные, токарные, фанерно-резальные и круглолушительные, сверлильные, долбежные, щепальные, древокольные и шлифовальные.

Пила—многолезцовый инструмент; при равномерной подаче каждый зуб снимает стружку толщиной  $a = t \frac{s}{v}$ , где  $t$ —деление пилы в мм,  $s$  и  $v$ —скорости подачи и резания в м/мин. Значительное влияние на сопротивление резанию, а следовательно, и на потребление мощности пильным станком, оказывают не только геометрическая форма зубьев, но и скорости резания и подачи. Из многочисленных опытов выяснилось, что зу-

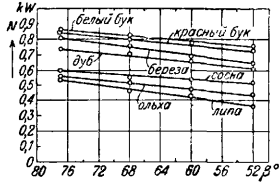
бья с прямолинейными очертаниями режущих кромок не уступают по производительности таковым с криволинейными зубьями. Наивыгоднейшее значение угла  $\gamma$  (фиг. 1) для всех пород дерева лежит около  $15^\circ$ ; угол  $\beta$  при этом надо сделать настолько малым, насколько это допустит прочность зубьев, т. к. с уменьшением его падает потребление мощности  $N$  (фиг. 2); в том же направлении действует и заострение  $\epsilon$  зубьев (фиг. 1). Наивыгоднейшее значение угла  $\alpha$  ок.  $40-45^\circ$ . Практически, начиная с некоего значения этих углов, к-рое должно определяться путем опыта, выгода, получаемая от уменьшения расхода энергии, уравновешивается необходимостью более частой точки пил и их более скорым износом. Разводка  $s = b - a$  (фиг. 1) до известной величины (для сухого дерева  $\sim 1$  мм, для сырого немного больше) уменьшает расход мощности пилой, ослабляя трение полотнца пилы о бока пропила; при дальнейшем увеличении разводки мощность начинает снова расти в виду увеличения ширины пропила. Площадь выреза зуба  $F$  и шаг  $t$  оказывают весьма заметное влияние на потребление энергии, так как с их увеличением облегчается сход стружки с острия зубца. Предел увеличения этих последних величин определяется тем, что распил становится все более и более шероховатым, что не всегда желательно. Значительное уменьшение расхода мощности было достигнуто удалением некоего числа зубьев по окружности пилы (напр., через 3 зуба удаляли 1); причина этого явления еще пока не выяснена с точностью. Мощность, расходуемая на подачу, падает линейно с увеличением быстроты резания, а потребление мощности на резание растет с увеличением скорости подачи, но несколько медленнее, чем увеличение площади распила, достигаемого этим. Таким образом, общий коэффициент полезного действия повышается при распиловке с большими скоростями резания и подачи. Пилы разделяются на круглые, ленточные и имеющие переменное-возвратное движение.



Фиг. 1.

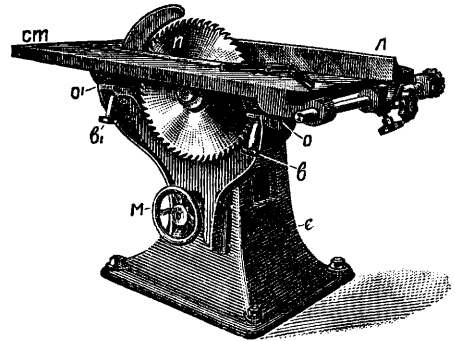
Лесопильные станки — см. Лесопильное дело.

Круглая пила, применяемая для опиловки и распиловки круглого леса, для распиловки досок, для прошивания пазов и четвертей и вообще для разнообразных столярных работ, состоит из станины  $e$  (фиг. 3), стола  $ст$ , в прорез к-рого проходит стальная пила  $n$ , закрепленная на горизонтальном валу гайкою  $g$  и двумя железными или чугунными шайбами  $ш$  (фиг. 4) с тонкой свинцовой прокладкой. Распиливаемое дерево помещается на столе и продвигается вручную по направляющей линейке  $л$  (фиг. 3). Предельная толщина распиливаемого дерева зависит от диаметра пилы:  $h \leq R - r$ , где



Фиг. 2.

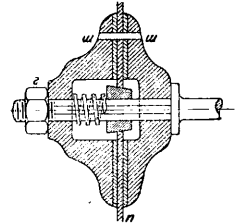
$R$  — радиус пилы и  $r$  — радиус шайбы; наивыгоднейшая величина превышения диска пилы над распиливаемым брусом  $\approx 5$  мм. Высота  $h$  пропила может быть изменяема вертикальным передвижением опор вала пилы или вертикальным передвижением стола;



Фиг. 3.

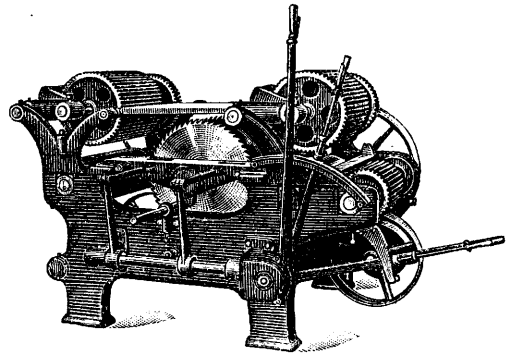
последнее достигается вращением маховичка  $м$ . Для удобства распиловки наклонных поверхностей стол может вращаться около горизонтальной оси, для чего служат опоры  $о, о'$  и зажимные винты  $в, в_1$ .

Для опиловки кромок досок применяют сдвоенные круглые пилы с автоматич. подачей (фиг. 5); скорость резания  $60$  м/сек, а подача  $40-75$  м/мин. Перестановка расстояния между пилами производится с помощью ручного рычага, что позволяет устанавливать каждый раз наиболее выгодную ширину и таким образом доводит до минимума количество отбросов. Многократные круглые пилы, часто снабженные механической подачей, применяются также при поперечной распиловке долготы на мелкие дрова.



Фиг. 4.

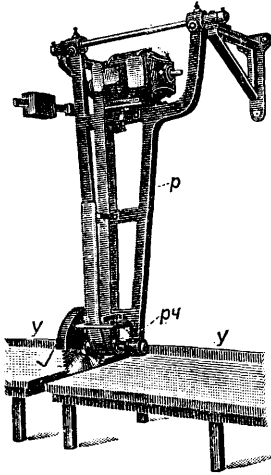
Для поперечного распила применяют маятниковую круглую пилу, вал к-рой укреплен на качающейся раме  $p$  (фиг. 6). Здесь распиливаемое дерево остается неподвижным,



Фиг. 5.

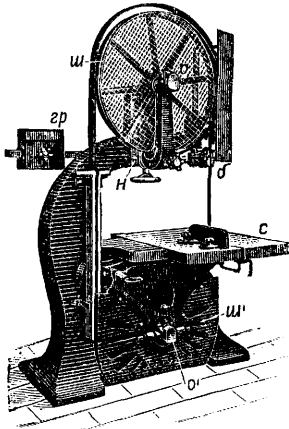
упираясь в два угольника  $у$ , пила же, к-рой рабочий управляет при помощи ручки  $рч$ , перемещается по мере пропила вместе с рамой.

Диаметр круглых пил, в зависимости от рода работ, делается до 1,5 м, окружная скорость достигает 45—65 м/сек. Для распиловки краевой на доски круглые пилы хотя и применяются, но они невыгодны, так как толщина круглой пилы превышает в два раза толщину полотенца пил вертикальной лесопилки, что ведет к большой потере материала и относительно большой затрате движущей силы. Потребные для работы круглых пил мощности, в зависимости от модели (диам. пилы), колеблются от ~ 2 HP (300 мм) до ~ 14 HP (1 200 мм).



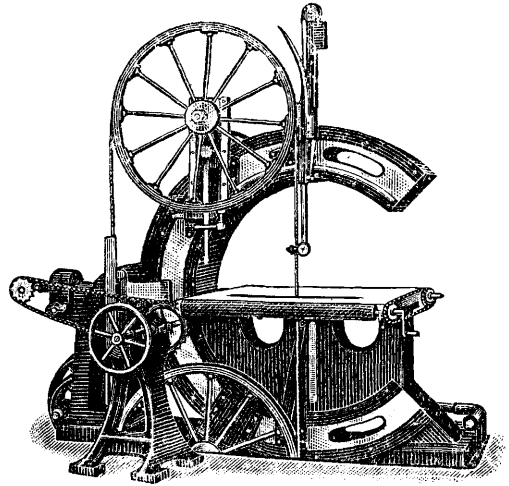
Фиг. 6.

Ленточная пила применяется как для распиловки краевой на доски, так и для разнообразных столярных работ и представляет собою бесконечную ленту, которая охватывает два шкива  $ш$  и  $ш'$  (фиг. 7). Вращением одного из шкивов ленточной пиле сообщается движение со скоростью в 20—40 м/сек. Диам. шкивов выполняется в ~ 1 000 раз больше, чем толщина полотенца; при этом соотношении напряжение ленты от ее изгиба все же достигает 25 кг/мм<sup>2</sup>; к этому числу надо прибавить напряжение растяжения 5—6 кг/мм<sup>2</sup> (доходящее иногда до 20 кг/мм<sup>2</sup>). Для большей эластичности и для увеличения сцепления с пилой рабочую поверхность шкивов покрывают кожей. Опоры  $о$  оси верхнего шкива м. б. перемещаемы в вертикальн. направляющих  $н$ ; требуемое натяжение ленточной пилы достигается грузом  $гр$  или натяжением опорных пружин. Распиливаемое дерево помещается на столе  $с$ . Наклон стола м. б. изменяем до 30°, что необходимо при опиловке наклонных поверхностей. Под столом и над столом устанавливаются деревянные направляющие  $б$  для полотенца пилы. Толщина пилы для столярных работ  $\approx$  1 мм, ширина—от 10 до 40 мм. Потребные мощности—в зависимости от максимальной толщины распиливаемого бруса от ~ 2 HP (375 мм) до ~ 3,5 HP (600 мм). В деревянном судостроении, вагоностроении и производстве сельскохозяйственных машин приходится часто опиливать тяжелые



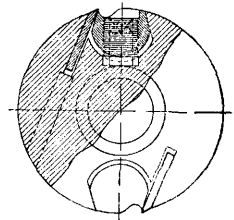
Фиг. 7.

бруска под различными углами, при чем последние постепенно изменяются по всей длине бруса. Эта работа весьма облегчается применением ленточной пилы, изображенной на фиг. 8. Вся станина этой пилы вместе с обоими шкивами может принимать различные наклоны относительно неподвижного стола, при чем изменение наклона может производиться во время работы пилы.



Фиг. 8.

Строгальный станок гл. обр. служит для продольного строгания. Он снабжается двумя или четырьмя резами, укрепленными на ножковом валу. Окружная скорость реза—до 40 м/сек, число оборотов ножевого вала от 1 500 до 6 000 в мин., скорость подачи от 0,5 до 2 м/сек. Угол резания  $\alpha$  при 4 резах приходится выполнять более 45°, т. к. резец должен выступать над головкой; в большинстве случаев  $\alpha = 55—60^\circ$  и  $\beta = 15—20^\circ$ . В последнее время широкое распространение получили круглые головки (фиг. 9), значительно менее опасные в работе, т. к. расстояние между режущей гранью ножа и цилиндрич. поверхностью головки настолько незначительно, что случаи тяжелых ранений почти невозможны. Каждый резец строгального станка срезает стружку по цилиндрической поверхности, но так как хорда срезанной цилиндрической поверхности при 4 резах нормально не превышает 0,5 мм, то выстроганная поверхность получается достаточно ровной. Длина реза  $b$  должна быть несколько больше ширины обрабатываемой поверхности. Толщина снимаемого слоя зависит от установки плоскости стола по отношению к ножковому валу  $в$  (фиг. 10). Стол  $с$  может быть перемещаем по наклонным направляющим  $н$ ,  $н'$  вращением махового колеса  $м$ . Передняя и задняя части стола перемещаются независимо друг от друга. Высота передней части стола, по к-рой перемещается еще не остроганная поверхность доски, устанавливается

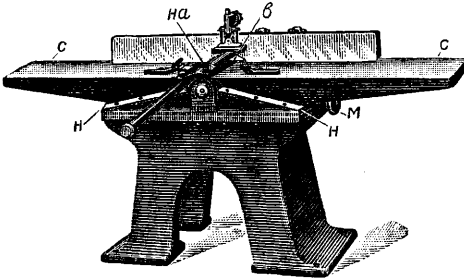


Фиг. 9.

бруска под различными углами, при чем последние постепенно изменяются по всей длине бруса. Эта работа весьма облегчается применением ленточной пилы, изображенной на фиг. 8. Вся станина этой пилы вместе с обоими шкивами может принимать различные наклоны относительно неподвижного стола, при чем изменение наклона может производиться во время работы пилы.

ниже задней части стола на толщину снимаемой стружки. Специальное предохранительное приспособление *на* закрывает ножевой вал. Стол снабжается направляющей линейкой.

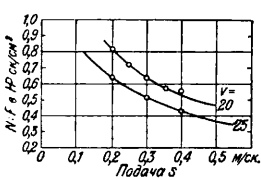
На строгальном станке помимо строгания можно производить работы по выборке шпунтов, пазов, калевки и другие аналогичные



Фиг. 10.

работы; в этом случае плоский резец с прямойлинейной гранью заменяется резцом соответствующего профиля. Подача—или от руки или автоматическая, питающими валиками. Потребная мощность при одном ножевом вале (в зависимости от длины ножа) приблизительно 2—4 НР.

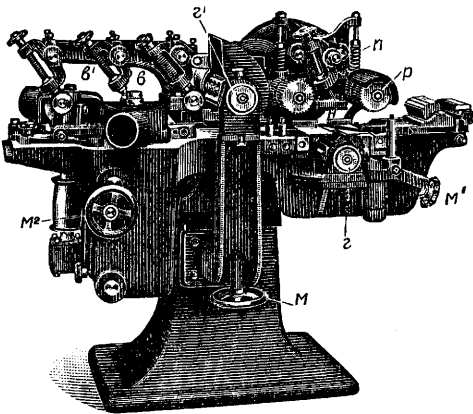
Мощность, потребляемая строгальным станком для снятия определенного объема



Фиг. 11.

древесины в минуту, зависит главн. обр. от величин скоростей резания и подачи. Опытами установлено, что расход работы, затрачиваемой на снятие 1 см<sup>3</sup> дерева, уменьшается вместе с увеличением

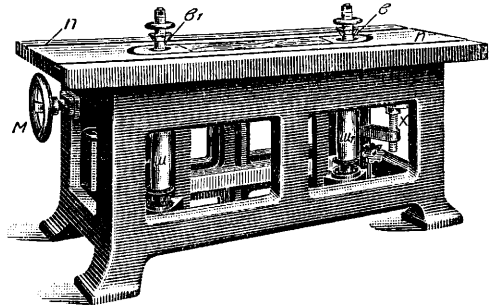
скоростей резания и подачи, т. е. расход этот тем меньше, чем крупнее снимаемая стружка. Граница ставится допустимой для данной обработки степенью шероховатости



Фиг. 12.

поверхности. На фиг. 11 представлены кривые расхода работы в НР сек. на 1 см<sup>2</sup> площади поперечного сечения стружки шириной 16 см при различных значениях скоростей резания и подачи.

Для увеличения производительности строгальные станки выполняются с двумя горизонтальными *г, г'* и двумя вертикальными *в, в'* ножевыми валами (фиг. 12) для одновременного строгания всех четырех сторон доски. Высота верхнего горизонтального ножевого вала *г'* по отношению к плоскости стола устанавливается, в соответствии с толщиной обрабатываемой доски и толщиной снимаемой стружки, вращением маховичка *м*, насаженного на конец ходового винта стола. Для получения требуемой толщины слоя, снимаемого нижним ножевым валом *г*, передняя часть стола перед валом *г* может быть перемещаемая по наклонным направляющим вращением маховичка *м'*. Расстояние между осями вертикальных ножевых валов *в, в'* устанавливается, в зависимости от ширины обрабатываемой доски, вращением маховичка *м''*. Питание—автоматическое; оно осуществляется двумя питающими рифлеными валиками *р*. Необходимый для захвата дерева нажим регулируется натяжением пружин *п*. Для предотвращения приподымания доски над нижним ножевым валом *г* устанавливается нажим *н*. Питающие валики получают движение от ступенчатых ременных шкивов; величина питания может быть



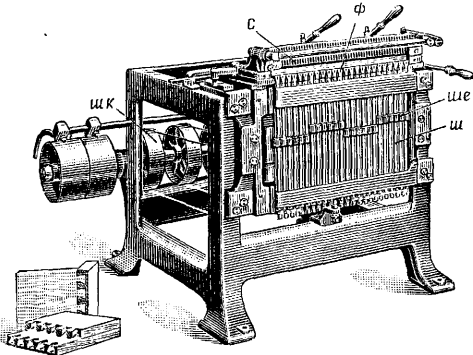
Фиг. 13.

изменяема и доходить до 12 м/мин. Некоторые станки снабжаются еще и дополнительным неподвижным плоским ножом для получения совершенно ровной выстроганной поверхности. Станки с четырьмя ножевыми валами также м. б. применяемы для выполнения фасонного профиля. Потребные мощности, в зависимости от ширины и толщины обрабатываемых досок и от числа ножевых валов,—от 7 до 10 НР.

Фрезерный станок служит для образования фигурных поверхностей, напр. карнизов, филенок, а также для производства разнообразных шипов, шпунтов, пазов и других аналогичных работ. По расположению фрезерного вала различают горизонтальные и вертикальные фрезерные станки. На фиг. 13 изображен фрезерный станок с двумя вертикальными фрезерными валами *в, в'*, на конич. концах которых насаживаются фрезеры. Зубья фрезера имеют форму, соответствующую требуемому профилю; угол резания рабочей кромки фрезера делают  $\approx 45^\circ$  (см. Фрезер). Фрезерные валы имеют вращение от ремня, охватывающего шкивы *ш, ш'*. Расстояние между валами по горизонтали м. б. изменяемо вращением маховичка *м*; вдоль своей оси валы могут перемещаться

при помощи ходового винта  $x$ . Стол станка имеет направляющие пазы  $n$  для правильного продвижения обрабатываемого дерева.

Шипорезный станок (фиг. 14) для нарезания шипов одновременно по всей ширине доски имеет фрезеры  $\phi$ , укрепленные на

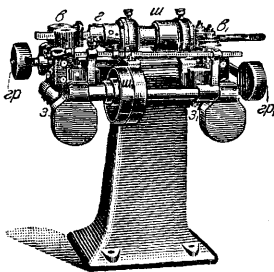


Фиг. 14.

вертикальных шпинделях  $ш$ , разделенных на группы; шпиндели одной группы связаны между собою шестернями  $ше$  и приводятся во вращение от отдельного шкива  $шк$ , сидящего на общем рабочем валу. Обрабатываемая доска зажимается в салазки  $с$  горизонтально или вертикально, в зависимости от того, нарезаются ли шипы или гнезда. Размер фрезеров зависит от толщины обрабатываемых досок; для каждой толщины доски требуется соответствующий фрезер. Потребная (в зависимости от ширины досок) мощность равна приблизительно  $2,5 \text{ HP}$  (до  $225 \text{ мм}$ ) ÷  $4 \text{ HP}$  (до  $600 \text{ мм}$  ширина досок).

Копировальный фрезерный станок — см. Копировальные станки.

Станок для изготовления круглых стержней и палок (фиг. 15) по роду работ принадлежит к группе станков, в которых резание происходит в плоскости волокон, перпендикулярно к их направлению. Нарезанные (обыкновенно призматические) бруски дерева 2 рифлеными питающими валиками  $в$  подаются в полый шпиндель, который имеет ножевую головку  $г$ . Шпиндель вращается в шариковых подшипниках от



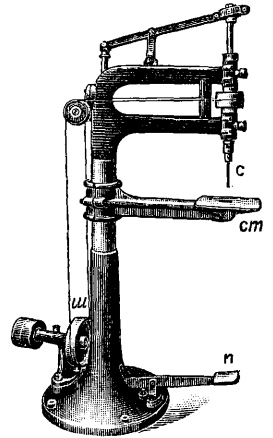
Фиг. 15.

ремня, охватывающего шкив  $ш$ . Обработанное дерево, имеющее чистую цилиндрическую поверхность, захватывается двумя желобчатыми валиками  $в_1$ . Нажим валиков  $в, в_1$  осуществляется грузами  $гр$  и  $гр_1$ . Валики  $в, в_1$ , будучи соединены зубчатой передачей  $з$  и  $з_1$  с питающим валом станка, приводятся во вращение от ременного шкива  $ш_1$ . Расстояние между осями питающих валиков  $в$ , как и между осями желобчатых валиков автоматически устанавливается грузами  $гр$  и  $гр_1$ . Скорость питания до  $30 \text{ м/мин}$ . Для каждого размера (диаметра) обрабатываемого цилиндрического стержня требует-

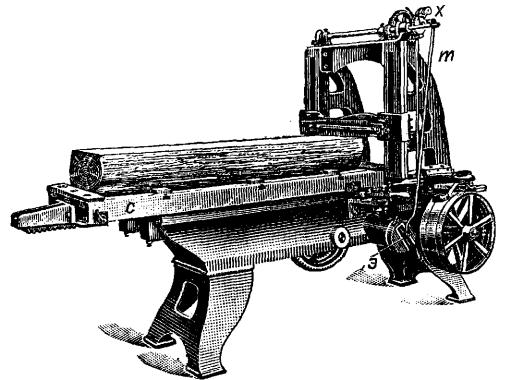
ся отдельная ножевая головка. Число об/м. ножевой головки до 6 000. Потребная мощность, в зависимости от диаметра обрабатываемого дерева (до  $80 \text{ мм}$ ), ~  $6 \text{ HP}$ .

Фанерорезальные и фанерно-луцильные станки — см. Фанерное производство.

Сверлильные станки строят горизонтальные и вертикальные (фиг. 16). Шпиндель с закрепленным в нем сверлом  $с$  вращается от шкива  $ш$ ; поступательное движение шпинделя производится обычно или от руки или нажатием ножной педали  $n$ . Дерево помещается на столе  $ст$ . Сверление является сложным резанием, совершающимся по различным направлениям относительно волокон дерева, так как резание происходит одновременно как в плоскости, перпендикулярной к оси сверла, так и по боковой цилиндрической поверхности отверстия. Следовательно, сверло д. б. приспособлено для двойного резания одновременно — в плоскости волокон и в торец (см. Сверла). Средняя скорость по окружности сверла — от 1 до  $2 \text{ м/сек}$ . Наибольший диаметр машинного сверления не превышает  $100 \text{ мм}$ , нормально же он не больше  $50 \text{ мм}$ . Число об/м. сверла — от 1 000 до 2 000. Кроме описанного сверлильного станка, строят иногда сверлильные станки, в которых сверло кроме вращательного и осевого поступательного имеет еще боковое поступательное движение. На таких сверлильных станках можно высверливать продолговатые отверстия или гнезда; в этом случае



Фиг. 16.



Фиг. 17.

сверла центров не имеют, так как центр затруднял бы боковое перемещение.

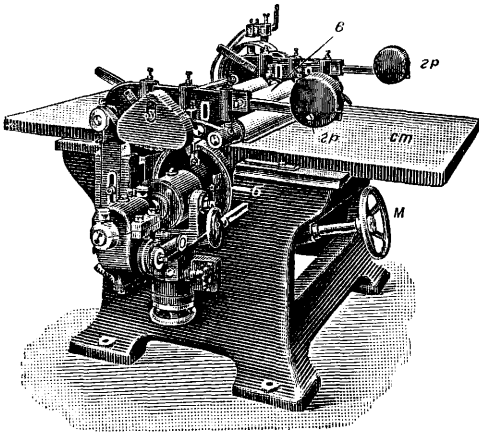
Долбежный станок — см. Долбление. Щепальный станок для драги (фиг. 17) служит для производства штукатурной, коробочной и другой драги, толщиной  $\frac{1}{2} \div 5 \text{ мм}$ , шириной от  $16 \text{ мм}$  и дли-



ной до 1 500 мм. Стол с станка дает возможность укреплять на нем брусья диаметром до 500 мм. В ножовке укреплен плоский цепальный нож, перед к-рым расположены особые делительные ножи. Расстояния между делительными ножами устанавливаются по ширине драни. После каждого хода стола ножовик помощью эксцентриковой тяги *т* и храпового колеса *х* опускается соответственно толщине драни. Изменение эксцентриситета *э* влечет за собой изменение величины опускания ножовика. Для привода станка требуется мощность ~ 3 л.с.

*Дровокольный станок* (см.) служит для колки дров.

Шлифовальные станки производят шлифовку дерева наждачной бумагой, натянутой на вращающийся диск или барабан. Строятся также шлифовальные машины, в к-рых шлифовальная масса нанесена на бесконечную ленту. На фиг. 18 изображен шлифовальный станок с барабаном *б*,



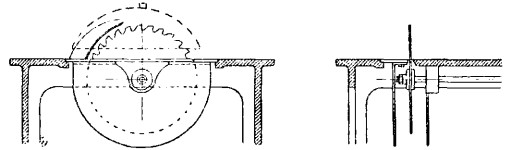
Фиг. 18.

на к-рый натянута наждачная бумага. Обрабатываемое дерево помещается на столе *ст*, шириной 1,65—2 м; подача осуществляется тремя подающими валиками *в*, обтянутыми резиной. Нажим валиков осуществляется грузами *зр*. Вращением маховичка *м* подающие валики могут быть перемещаемы вертикально, в зависимости от толщины дерева. Шлифовальный барабан совершает ~ 600 об/м. Для перемены наждачной бумаги стол раздвигается и дает доступ к барабану. Станок требует для работы 3—4 л.с.

*Лит.*: Малышев В. А. и Гавриленко А. П., *Технология дерева*, М.—П., 1923; Денфер П. В., *Машины для обработки дерева*, т. 1, вып. 1, СПб, 1905, вып. 2, Рига, 1907; Акимов В., *Технология дерева*, М., 1926; его же, *Технология дерева с столярным, токарным, плотничным, модельным и литейным производством*, М., 1926; Песочкин Н., *Нескопильное дело, со всеми вспомогат. к нему производствами*, Л., 1923—25; De m u t h T., *Mechanische Technologie der Metalle u. des Holzes*, Wien, 1924; Trautvetter K., *Die Werkzeugmaschinen f. Holzbearbeitung*, В., 1926; «Holzbearbeitungsmaschine», Heidelberg; «Woodworkers», N. Y. **Б. Шпринг.**

**Техника безопасности.** Причинами повышенной опасности деревообделочных машин являются большие скорости и острота рабочих инструментов, преобладание ручной подачи при исполнении основных операций, особенности структуры обрабатываемого ма-

териала (сучки, зацепины, задирины и прочие неровности), нарушающие равномерность подачи. В виду этого необходимо обращать особое внимание на снабжение этих

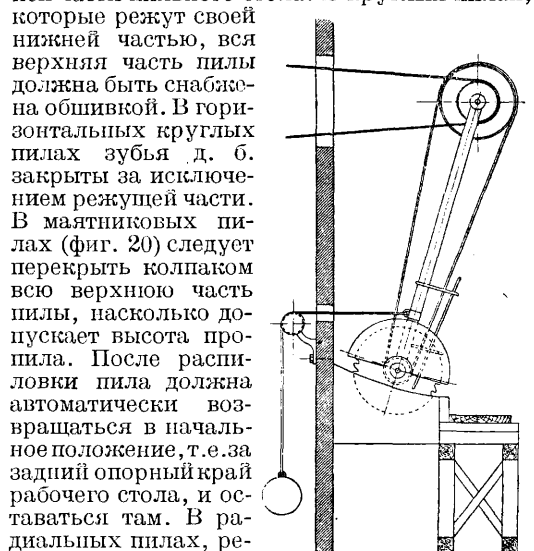


Фиг. 19.

машин рациональными предохранительными устройствами.

Помимо общих требований техники безопасности (см. *Техника безопасности и защитные приспособления*), защитные приспособления на Д. с. должны удовлетворять следующим условиям.

**Пилы.** При круглых пилах с ручной подачей станки следует снабжать клином (перекрытие задней части пилы), верхним ограждением и обшивкой под столом (фиг. 19). Острый край клина *д. б.* удален от зубьев пилы не более как на 10 мм, а его верхушка *д. б.* не более чем на 20 мм ниже самого высокого очертания зубьев пилы; толщина клина должна быть тоньше развода зубьев не более чем на 1—2 мм. Верхнее ограждение *д. б.* изготовлено из прочного листового железа или из круглого железа с прочной предохранительной сеткой и не должно препятствовать рабочему следить за пропилом. Нижние ограждения под столом *д. б.* так установлены, чтобы нельзя было прикасаться к пиле во время хода. Расстояние обшивок друг от друга не *д. б.* больше 10 см, и обшивки должны опускаться по крайней мере на 5 см ниже зубьев пилы. Вместо одной боковой обшивки допускается сплошная обшивка всей нижней части пильного стола. В круглых пилах,



Фиг. 20.

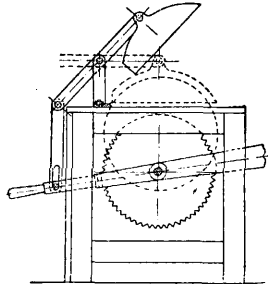
нижней частью, вся верхняя часть пилы должна быть снабжена обшивкой. В горизонтальных круглых пилах зубья *д. б.* закрыты за исключением режущей части. В маятниковых пилах (фиг. 20) следует перекрыть колпаком всю верхнюю часть пилы, насколько допускает высота пропила. После распиловки пила должна автоматически возвращаться в начальное положение, т. е. за задний опорный край рабочего стола, и оставаться там. В радиальных пилах, режущих сверху вниз, пила во время бездей-

ствия *д. б.* совершенно закрыта колпаком, к-рый во время распиловки ложится на распиливаемый лес. В радиальных пилах, режущих снизу вверх, следует обшить со всех

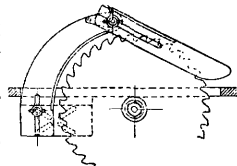
сторон нижнюю часть стола вокруг пильной рамы. Во время распиливания пила д. б. перекрывает сверху (фиг. 21). Высота стола не д. б. меньше 75 см.

Конструктивное выполнение верхнего ограждения круглой пилы изображено на фиг. 22. В том случае, когда работает лишь передняя часть пилы (например, поперечный распил тонких кругляков), то задняя часть ее перекрывается неподвижным коллаком, а ограждение передней части делается автоматически поднимающимся при подаче леса (фиг. 23).

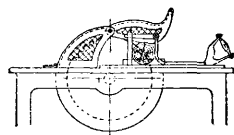
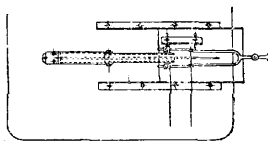
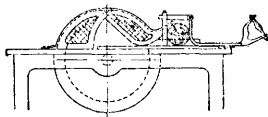
Опасность ленточных пил заключается в значительной скорости движения не только пильного полотнца, но и вращающихся пильных шкивов, а в особенности же в возможности разрыва пильного полотнца. Поэтому для предупреждения несчастий следует перекрывать не только оба пильных шкива, но и прямолинейно движущиеся части пильного полотнца, при чем нережущую часть—на всем протяжении, а режущую—до того места, где оно входит в распиливаемое дерево. Обшивка обоих пильных шкивов (фиг. 7) состоит из легких деревянных щитов или же из рамки с проволоочною сеткою. Вместо неподвижных предохранительных щитов, пильные шкивы можно оградить жестяным листом, прикрепленным к спицам. Далее, крайне необходимым является устройство над верхним пильным шкивом железной предохранительной полосы, удерживающей в случае разрыва пильного полотнца его части и предупреждающей т. о. не только причинение увечья рабочим, но и дальнейшую порчу самого полотнца. Тормоз также можно причислить к необходимым предохранительным приспособлениям. Следует, наконец, иметь в виду, что на ленточных пилах с ручною подачею при распиловке высоких дощечек, направляемых по линейке, причиною увечий часто служит опрокидывание доски или падение ее, вследствие чего рабочий, подхватывая ее, может попасть рукою под зубцы пилы. Для предупреждения подобного рода случаев следует устроить надежные направляющие (фиг. 24).



Фиг. 21.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

бочий, подхватывая ее, может попасть рукою под зубцы пилы. Для предупреждения подобного рода случаев следует устроить надежные направляющие (фиг. 24).

Строгальные станки. По правилам НКТ СССР в строгальных станках допускаются лишь круглые валы. Ограждение рабочей щели выполняют в виде неподвижного щитка или же в виде щитков, автоматически возвращающихся в первоначальное положение под действием пружины или груза (фиг. 25). Для поддержания коротких и тонких дощечек употребляется специальная колодка, предохраняющая руку от повреждения в случае выбивания обрабатываемого предмета из рук.

Фрезерные и шпоночные станки. Быстро вращающиеся инструменты (у шпинделя 6 000 об/мин. и выше) могут вылететь при плохом укреплении; кроме того, их может коснуться рука рабочего во время подачи или вследствие толчка. Для ограждения инструментов употребляются сетчатые колпаки, кольца, щитки, ободки (фиг. 26). Верхний конец шпинделя при тяжелых работах должен поддерживаться особой деталью. Необходимо следить за надежным и прочным укреплением режущих инструментов, а также за хорошей балансировкой вращающихся частей.

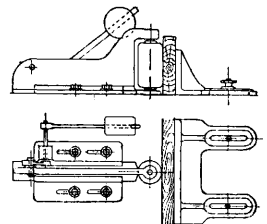
Сверлильные и долбежные станки должны иметь ограждения инструментов; патроны не должны иметь выступающих винтов и других частей. В заключение следует отметить необходимость устройства местной вентиляции с отсасыванием опилок и стружек непосредственно от режущих инструментов деревообрабатывающих станков и подачи их по трубам в котельную.

Лит.: Денфер П. В., Машины для обработки дерева, т. 1, вып. 2, Рига, 1907; Пресс А., Механическая обработка дерева, М., 1927; Шевалев Н., Техника безопасности, М., 1925; Ривш О., Техника безопасности, Л., 1924; «Охрана труда», Москва: «Гигиена труда», М.; «Предприятие», М.; Schilling G., Unfallverhütungstechnik, В., 1910; Syrup F., Handbuch d. Arbeiterschutzes und d. Betriebssicherheit, В. 3, Berlin, 1928; Association des industriels de France contre les accidents du travail. Instruction sur les scieries mécaniques, Paris, 1924; Fencing and other Safety Precautions for Woodworking Machinery, Home Office, Safety Pamphlet, 8, London, 1923; Internationales Arbeitsamt. Die Verhütung v. Unfällen an Holzbearbeitungsmaschinen, Genf, 1925.

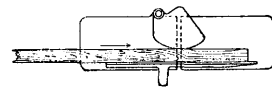
П. Новиков.

### ДЕРЕВЯННОЕ МАСЛО, см. Гартное масло. ДЕРЕВЯННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ. Дерево,

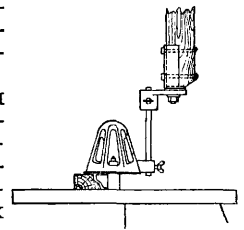
в силу своей огнеопасности и недолговечности, имеет весьма ограниченное применение в качестве судостроительного материала. За единичными исключениями все морские и речные суда с механическими двигателями строятся в настоящее время со стальным корпусом. Так как допускаемые напряжения дерева на растяжение, сжатие, изгиб и в осо-



Фиг. 24.



Фиг. 25.

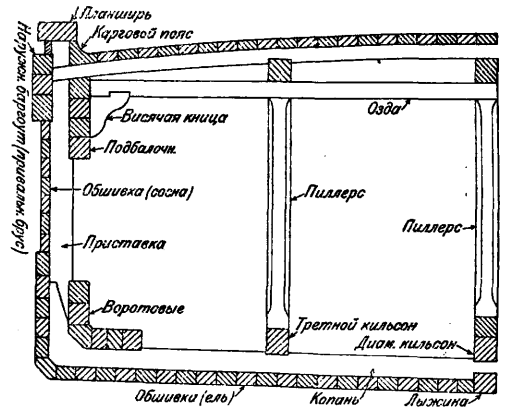


Фиг. 26.

бенности на скалывание и срез в десятки раз меньше напряжений стали, то постройка значительных (до 5 000 т полного водоизмещения) деревянных судов рациональна только для речного плавания. Тоннаж морских судов, подвергающихся во время волнения воздействию больших внешних усилий, приходится ограничивать еще меньшими пределами (до 1 200—1 500 т, в очень редких случаях—до 2 000—3 000 т).

Несмотря, однако, на такую ограниченную роль деревянных судов в современном судоходстве, они не только по конструкции, но и по размерам отличаются большим разнообразием, в зависимости от условий плавания и работы. При плавании на волнении морские суда с парусным оборудованием должны обладать большой остойчивостью при малых и больших углах крена и т. н. мореходностью, т. е. способностью всплывать на волну и не подвергаться заливанью встречными и боковыми волнами. Все эти условия определяют общий тип морского судна как судна высокобортного, с соответствующими заостренными очертаниями носа и кормы, закругленными очертаниями по миделю, сравнительно очень прочной и солидной конструкции, вооруженного соответствующими рангоутом и такелажем. Наоборот, речное плавание на спокойной воде не требует от судна ни особой прочности внутренних креплений, ни особой остойчивости, ни способности передвигаться своими собственными средствами. Зато от такого судна требуется малая грузовая осадка и большая грузоподъемность. Вследствие этого деревянные речные судно является типом судна низкобортного, мелко сидящего, с плоским днищем и тупыми очертаниями носа и кормы, рассчитанными только на то слабое сопротивление воды, которое встречает

ными условиями их плавания и работы. Так, условия плавания по большим озерам, устьям и рейдам больших рек и вдоль морского побережья создали типы судов озерного, рейдового и прибрежного плавания. Удовлетворяя основным требованиям морского судоходства, т. е. обладая достаточной

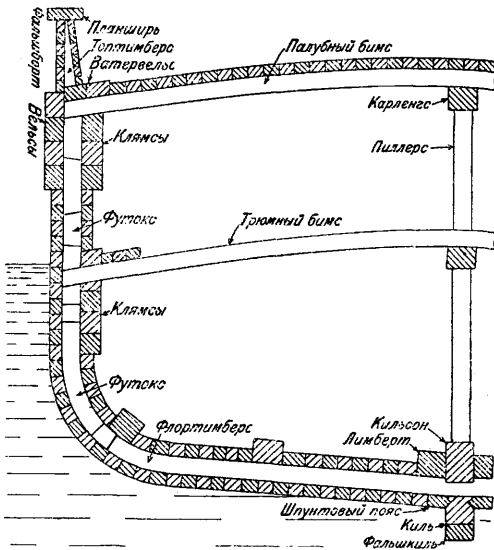


Фиг. 2.

прочностью и мореходностью, суда этих типов отличаются небольшими размерами (от 10 до 100 т полного водоизмещения) и исключительно косым парусным вооружением— у малых судов при одной мачте, у больших при двух, даже иногда при трех. Суда специального назначения (напр., рыбацкие) при этом снабжаются специальными приспособлениями для промысла (напр., живорыбными садками—«прорезами» и т. д.). Более отдаленное каботажное и, в особенности, океанское плавание выработали специальный тип деревянных каботажных и океанских судов. Эти суда отличаются большими размерами (каботажные—от 100 до 400 т водоизмещения, океанские—от 250 до 1 500 т и даже выше), прочной конструкцией, полнопалубностью и более совершенным рангоутом и такелажем. На некоторых судах очень часто ставят вспомогательный двигатель (б. ч. внутреннего сгорания) для движения судна с небольшой скоростью во время штилевой погоды, а также для маневрирования в портах и узких фарватерах.

Кроме этих чисто грузовых судов, особенно в практике заграничного (америк., англ., голл. и немец.) морского судоходства, встречаются типы судов специального назначения: клиперы, промысловые суда и прочие. Эти суда отличаются правильностью и изяществом линий образования своего корпуса, прочностью постройки и громадной парусностью, благодаря которой, напр., «чайные клиперы» американской постройки при благоприятном ветре переходят океан со скоростью до 18 узлов. Суда этой категории являются наиболее совершенными в технич. отношении, но и наиболее дорогими.

По типу наружных очертаний корпуса подавляющее большинство деревянных судов относится к типу судов, р е ж у щ и х в о д у. Этот тип характеризуется заостренными оконечностями, которые у морских судов делаются с наружным развалом носовых и кормовых шпангоутов выше грузовой



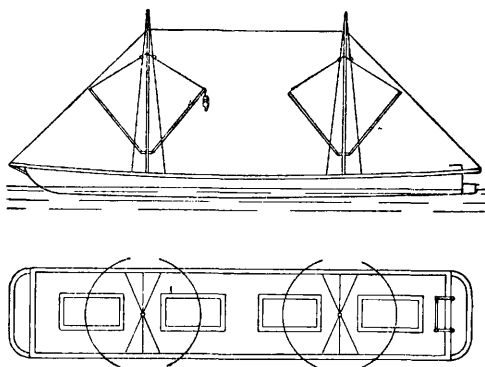
Фиг. 1.

судно при буксировке его с небольшой скоростью. В этом отношении морские и речные суда резко отличаются друг от друга (фиг. 1 и 2). Дальнейшие различия в устройстве деревянных судов обуславливаются различ-

ватерлинии и очень часто с навесным форштевнем и кормой (кормовым подзором), что позволяет судну легче подниматься на встречные и набегающие сзади волны. Для уменьшения сопротивления воды при движении под парусами и для большей остойчивости цилиндрич. часть судна делается очень короткой, а иногда совершенно отсутствует; днище снабжается небольшим подъемом от диаметральной плоскости к бортам и большими скуловыми подворотами; борта—иногда прямые, иногда выпуклые кнаружи, с маленьким завалом внутрь судна на высоте главной палубы. Последняя почти всегда делается седловатой, т. е. с подъемом от миделя к носу и корме, для увеличения надводного борта в оконечностях судна. Большинство малых и средних и некие большие деревянные суда снабжаются наружными килями, в виде основного выступающего наружу бруса, идущего по диаметральной плоскости вдоль всего судна, от штевня до штевня. Быстроходные суда, несущие большую парусность (типа яхт), снабжаются большими и тяжелыми балластными килями; промысловые суда и клиперы получают по б. ч. внутренний балласт, увеличивающий их остойчивость. Плоскодонные небольшие и даже средние по размеру парусные суда очень часто снабжаются выдвигаемыми килями в виде плоского, обыкновенно железного, листа, опускаемого в воду через специально устроенный для этого прорез в днище судна или подвешиваемого с боков (шверцы); назначение этого киля — уменьшение дрейфа судна, т. е. сноса его в сторону от намеченного курса боковым напором ветра. Что же касается остойчивости, то, как показывают опыт и расчеты, такие кили даже уменьшают ее и потому должны быть убираемы во всех опасных случаях.

Тип режущих воду судов речного плаванья гораздо проще. Наружные очертания складываются из длинной цилиндрич. части с совершенно прямыми и параллельными друг другу бортами, плоским днищем, без всяких выступающих наружных частей, с очень маленькими скуловыми подворотами, и из заостренных, с очень малым носовым и кормовым подбором оконечностей. У судов барочного типа эти очертания делаются еще более грубыми и несовершенными. У судов типа полулодок, тихвинок, фонтанок и пр. образование носовой части делается ложкообразным, с расчетом не только резать и раздвигать воду, но и подбирать ее под днище. Такие суда с нек-рой натяжкой можно считать переходными к типу судов, подбравших под себя воду. Последний тип с успехом применяется при постройке грузовых судов т. н. санного типа на америк. реках (Огайо и Миссисипи). Основная особенность очертаний этих судов (фиг. 3) заключается в том, что заострение их носовой части производится не по ватерлиниям, а по батоксам. При этом, благодаря сравнительно небольшой высоте борта, угол направления напора воды на обшивку судна получается очень заостренным, без ущерба для грузоподъемности судна. Такое судно надвигается на воду свешивающимися частями носа и стремится подобрать ее под свое днище. При

этом в носовой части днище имеет небольшую поперечную вогнутость, которая по направлению к корме постепенно уменьшается и у самой кормы выравнивается в одну плоскость. Вследствие этого вода, подобрашая носом судна, находит облегченный ход под



Фиг. 3.

днищем, двигается под ним, благодаря сжатую струй, с небольшим ускорением против окружающей воды и выходит под кормой судна прямыми струями, непосредственно действующими на руль. Такие суда легче на ходу и поворотливее судов существующих в СССР типов; по своей конструкции они не сложнее наших, а благодаря прямоугольным очертаниям палубы и трюмных помещений удобнее в эксплуатационном отношении. У небольших деревянных (как и у стальных) судов специального назначения (гопочных лодок, гидроглиссеров, посыльных судов и т. п.) иногда применяются очертания корпуса так называемых всплывающих или гидропланых судов (см. Глиссер).

Речные деревянные суда можно подразделить на четыре главные категории: однолетние суда, суда барочного типа, суда баржевого типа и специальные типы.

Однолетние суда предназначены для службы лишь в течение одной навигации или даже одного рейса на таких наших реках, на к-рых существует грузовое движение лишь в одну сторону. Стоимость постройки таких судов настолько мала, что возвращение их порошком коммерчески невыгодно, и они на конечном пункте своего рейса идут в лом. Они являются не столько судном, сколько пловучей тарой транспортируемого груза; от них требуется, чтобы они были наиболее дешевы и наиболее вместительны. Поэтому они отличаются очень грубыми очертаниями, в виде прямоугольного ящика, с очень малым заострением носа и кормы; такие суда очень упористы, тяжелы и неповоротливы на ходу. По своей конструкции они характеризуются неполной и слабой общей системой крепления, грубой топорной работой по выделке замков и соединений отдельных штук материала и почти полным отсутствием железных гвоздей, болтов и скоб. Поэтому они также называются некрепленными, и их непрочность такова, что малейшая авария—легкое столкновение, посадка на мель, иногда даже волнение мимоидущего парохода—вызывает их гибель.

Суда барочного типа (или барочно-го крепления) по своим наружным очертаниям, конструкции и устройству близко подходят к предыдущим, с той разницей, что они плавают на реках с грузовым движением в обе стороны. При таких условиях ликвидировать судно после одного рейса становится невыгодным, тем более, что в большинстве случаев оно плавает по небольшим рекам, на короткие расстояния и перевозит дешевые грузы (камень, кирпич, дрова, сено и т. п.), могущие выдерживать лишь очень низкие тарифные ставки. Вследствие этого, суда эти строятся не на 1, а на 3—4 года и даже на 5 лет и отличаются более солидной и прочной системой своего крепления. Во всем остальном они остаются теми же грубыми, неуклюжими и несовершенными в технич. отношении судами, что и однолетние суда.

Суда баржевого типа (или баржевого крепления) плавают на больших реках и главнейших наших водных системах, на большие расстояния, транзитным движением, в составе каравана, буксируемого механической тягой. Они прочны, выносливы и служат до 10, 12, 15 и даже 18 лет; кроме того, они отличаются более заостренными и вообще более правильными и рациональными образованиями своего корпуса.

К последней группе речных судов можно отнести все те, преимущественно небольшие по размерам и грузоподъемности, суда, которые имеют узко специальное назначение, напр.: для перевозки людей с берега на берег (поромы), для перевозки специального груза (рыбницы и прорези для перевозки живой рыбы), для обслуживания местных потребностей речных портов (трешкоуты и третники), для плавания под парусами по большим рекам, озерам и рейдам речных устьев (асланки и дубы) и т. д.

По основному признаку расположения балок главного направления, все без исключения деревянные суда относятся к категории судов с поперечной системой набора. Предлагаемая в нашей технич. литературе в последнее время так называемая клетчатая система набора еще не испытана на практике. Система крепления деревянного судна состоит из жесткой, обладающей очень большим сопротивлением и на растяжение и на сжатие, оболочкой (обшивка днища, бортов и палубы) и связывающего части этой оболочки в одно целое внутреннего набора, лишь отчасти подкрепляющего первую. Расчеты прочности деревянных судов показывают, что от 55 до 80% внешних усилий (например, от продольного изгиба) воспринимаются днищевой и бортовой внутренней и наружной обшивками и настилкой палубы.

Основная система крепления морских деревянных судов состоит из кильса—основного бруса, иногда ординарного, иногда двурядного или даже трехрядного (фиг. 1), идущего вдоль всего судна в его диаметральной плоскости. По нижней грани кильса к нему иногда пришиваются на ершах особый брус—фальшкиль, имеющий назначение воспринимать первые удары судна при постановке на мель и камни. Кильс оканчивается иногда наклонными, иногда вертикальными фор- и ахтерштевнями—составными или ординарными брусками фасонного поперечного сечения, которые замыкают переднюю и заднюю оконечности судна. В промежутке между штевнями поверх кильса устанавливают шпангоуты—поперечные ребра, образующие основу для изогнутой поверхности наружной обшивки судна. Сообразно профилю,

который должно иметь судно в данном месте, шпангоут состоит из нижней части, идущей по днищу судна,—флортимберса,—и ординарных или двойных бортовых наделов шпангоутов (футоксы). Верхние футоксы носят название топтимберсов. Верхние концы шпангоутов связывают поперечными брусками—бимсами, которые служат основанием для верхней палубы. У судов с глубиной трюма выше известного предела обязательна установка трюмных бимсов на высоте около  $\frac{2}{3}$  глубины трюма от киля. У больших судов по этим бимсам иногда настилают вторую палубу. По флортимберсам шпангоутов, внутри судна, по его диаметральной плоскости, устанавливают продольный брус—кильсон, который, в зависимости от величины судна, делают ординарным, двурядным или даже трехрядным. Кроме того, положение шпангоутов в продольном направлении обеспечивается утолщенными поясами внутренней обшивки (лимберты, кильсы). Наружные грани шпангоутов закрепляются при помощи железных полос—ридерсов, поверх которых по шпангоутам устанавливается наружная обшивка. Пояса этой обшивки, непосредственно прилегающие к обеим сторонам кильса—шпунтовые пояса, примыкают к нему при помощи продольного пазы. На скуловых подворотах и по бортам на высоте верхней палубы несколько поясов наружной обшивки делают утолщенными (вельсы). Верхние концы топтимберсов через 3—4 шпангоута пропускают сквозь палубу; на торцы их насаживают горизонтальный брус—планширь, а бока обшивают досками. Таким образом, получается сплошная стенка—фальшборт, идущая по всей длине судна и увеличивающая высоту его сухого (надводного) борта. Для скрепления верхних граней палубных бимсов, по этим граням врезают заподлицо продольные железные полосы, идущие вдоль палубных люков,—люковые связи, а поверх этих связей, по бимсам, поясами, параллельными диаметральной плоскости, настилают палубу. Крайние бортовые пояса последней делают утолщенными (ватервельс). Свободный пролет бимсов между бортами делится на части одним, двумя или тремя карленгсами—продольными брусками, которые подпираются стойками—пиллерсами.

Основная система крепления речного деревянного судна значительно проще и легче. Вместо кильса по диаметральной плоскости таких судов устанавливают лыжный пояс, или лыжину—утолщенный пояс днищевой обшивки (фиг. 2). По концам этого пояса устанавливают штевни. Днище выстилают совершенно плоскими, параллельными диаметральной плоскости поясами днищевых планок. По днищу, поперек судна, устанавливают коняни—днищевые части шпангоутов, выделанные из копаных бревен, т. е. не срубленных деревьев, а вырытых из земли с частью главного корня. По бортам к корню коняни нарезается приставка, или тюлька, к голове коняни—накурок, или конюрная приставка. Тюлька и накурок образуют бортовые ветви шпангоутов. По коняням, в диаметральной плоскости судна, устанавливают ординарный, двурядный или даже трехрядный (смотря по величине судна) диаметральный кильсон, или кенсель, идущий по всей длине судна, от штевня до штевня. В промежутках между бортами и диаметральной кильсоном ставят третные, а иногда (у больших судов) еще и боковые кильсоны такой же конструкции. В углах коняней и бортовых приставок внутри судна устанавливают бортовые поясы, укрепляющие скулу судна и увеличивающие прочность шпангоутов в том месте, где они ослаблены стыками коняней и приставок. По приставкам, на высоте палубных бимсов, внутри судна, устанавливают подтепны, или подбалочные поясы. На эти поясы упираются озды—несколько штук (5—6) прямых распорных между бортами брусев. Эти последние крепятся к подбалочным при помощи висячих корюжных книц или накурков. Бимсы из гнутых брусев опираются своими концами на подбалочные и скрепляются с бортами при помощи ожимы—железной оконечной полосы, положенной на верхнюю грань бимса и пропущенной по наружной поверхности бортовой обшивки. Обшивку судна по днищу и по бортам до высоты грузовой ватерлинии очень часто делают из елового леса, который не так намокает и не тяжелеет при службе под водой. Верхние пояса бортовой обшивки на ширину подбалочных поясов у больших судов делают утолщенными; они образуют то усиление бортовой обшивки, которое у морских судов носит название ширстрекса, а у речных (совершенно неправильно)—наружного баргоута. Концы каждой третьей или четвертой приставки выпускают выше палубы и нарезают на шпиг. На эти шпиги пасаживают брус, планширь, идущий вдоль борта, от штевня до штевня. Вдольную к планширю примыкает тоже идущий вдоль кромки палубы, от штевня до штевня, карговый пояс—брус желобчатого сечения, исполняющий роль ватервельса, так как

на него в оконечностях судна нарезают палубные доски точно так же, как их нарезают и на ватервельс. Палубу настилают параллельными диаметральной плоскости поясами палубной настилки. Свободный пролет бимсов делится на части конями — продольными брусьями, устанавливаемыми внутри судна, как раз над кильсонами. Кони и кильсоны связывают между собой или стойками — пиллерсами, которые по своей конструкции бывают ординарными, схватными и коронными, или фермой диаметральных, третних и боковых вспомогательных креплений, о которых будет сказано ниже. Над конями ставят иногда утолщенный пояс палубной настилки — надконник.

**Вооружение парусных деревянных судов** — см. *Паруса, Такелаж*.

**Рули.** У морских судов, благодаря хорошей поворотливости, большой осадке и сравнительно большой скорости движения судов этой категории, рули имеют небольшие размеры. У малых судов рули приводятся в движение вручную при помощи рычага — румпеля; у больших судов, чаще всего, при помощи ручного же штурвала — лебедки, рабочий барабан которой обвивает штуртрос, подведенный концами к рычажному или секторному румпелю. Очень редко на больших деревянных судах ставят паровые или электрические штурвалы, действующие от вспомогательных паровых или электрических судовых установок.

На речных судах, благодаря вообще плохой их поворотливости и тихому ходу, рули отличаются своей величиной и громоздкостью. Длина рулевого пера таких судов достигает половины ширины судна по миделю. Вследствие этого, например, руль волжской баржи представляет собою целое сооружение весом в несколько *t* и приводится в движение усилиями двух-трех человек при помощи огромного румпеля (губы) — бревна длиной около 10—12 м, вручную или при помощи особых руль-талей.

**Внутреннее устройство корпуса** деревянных судов (за исключением судов специального назначения — яхт, промысловых судов и т. п.), как судов почти исключительно грузовых, не отличается значительным разнообразием. Устройство жилых помещений в корпусе деревянных судов не рекомендуется, потому что такие помещения бывают неизбежно сырыми и их воздух пропитывается вредными трюмными испарениями. По правилам, действующим в СССР, жилые помещения деревянных судов д. б. вынесены на верхнюю палубу. Поэтому у морских судов эти помещения располагают в полубаке — носовом возвышении корпуса, где оно имеется, и в палубных рубках. На речных судах эти палубные рубки до сих пор носят старинное название «казенки».

Для Д. с. употребляются, главн. образом, следующие породы дерева: ост-индский тик, дуб, кедр, бук, американская (орегонская) сосна, обыкновенная красная горная сосна, горная ель, пихта, лиственница, береза и горный вяз. В СССР для Д. с. идут исключительно сосна, ель и очень редко лиственница. Лучшим материалом считается тик, продолжительность службы к-рого в частях судовой системы достигает 16 лет; наилучшим материалом являются нек-рые породы желтой сосны, продолжительность службы к-рых составляет лишь 4—6 лет. Для увеличения продолжительности службы дерева применяется «соление» судов, т. е. пропитка солью

всех наглухо соприкасающихся поверхностей деревянных частей. В послед. время разрабатываются приемы и способы пропитки частей судового набора различными противогнилостными составами. Недолговечности деревянных судов много способствует разрушительное влияние на дерево железн. ржавчины, особенно для тех пород дерева, которые (например, дуб) в своих соках содержат кислоты, вызывающие усиленное окисление железа. Поэтому более совершенные и дорогие деревянные суда строятся на медном (вернее — бронзовом) креплении, т. е. при помощи медных гвоздей и болтов. Для предохранения наружной обшивки деревянных судов, плавающих в теплых морях, от морского червя и обрастания водорослями подводная часть таких судов покрывается тонкой медной обшивкой.

**Проектирование систем крепления** всех вообще деревянных судов производится, главн. обр., на основании подробных таблиц, составленных регистрами разных стран по указаниям опыта. Аналитический же расчет по правилам строительной механики применяется очень редко. Для речных судов такой расчет затрудняется еще и тем обстоятельством, что в строительной механике до сих пор еще не разработаны для этих судов даже общие нормы нагрузки судовой системы (как это делается для нагрузок морского судна при условии постановки его на гребень или подшву трюхойдальной волны). Между тем, даже приближенные аналитич. расчеты прочности систем крепления деревянных судов дают очень много. Они, прежде всего, указывают, что принятые (и даже иногда рекомендуемые регистрами) размеры замков и соединений деревянного материала недостаточны. И, действительно, эти замки и соединения являются самым слабым местом судовой системы и они-то именно и подвергаются расстройству в первую очередь; по этой причине деревянные суда, и без того недолговечные, преждевременно приходят в негодность вследствие неплотности. Математический анализ показывает также, что, благодаря отсутствию непосредственной связи по продольным пазам досок бортовой обшивки, передача касательных напряжений от изгиба борта при общем изгибе судна невозможна. Вследствие этого при расчете момента инерции бортов деревянных судов этот момент приходится определять не по формуле:

$$I_{xx} = \frac{a(n \cdot h)^3}{12} + a \cdot n \cdot h (d - y)^2,$$

а по формуле:

$$I_{xx} = \frac{n \cdot a \cdot h^3}{12} + \sum_{y_i=1}^{y_i=n} a \cdot h (d - y_i)^2,$$

где *a* и *h* — поперечные размеры обшивочных поясов, *n* — число последних, *d* — ордината положения нейтрального слоя, *y* и *y<sub>i</sub>* — ординаты центров тяжести сечения всего борта и сечения отдельных обшивочных поясов. Из рассмотрения этих формул ясно, что в качестве продольного крепления борт нормального деревянного судна обладает сравнительно слабой сопротивляемостью. Вследствие этого, в тех случаях, когда от судна

требуется повышенная прочность, необходима диагональная обшивка, к-рая изредка и применяется у нек-рых небольших морских судов, но никогда не встречается в речном

Табл. 1. — Соотношения главных размеров деревянных морских, рейдовых и озерных судов.

Наименование типа судна	Соотношение L:B	Соотношение B:H	Соотношение L:H
Грузовые суда озерного, рейдового и прибрежного плавания . . . . .	4,5—5,0	1,75—2,0	8,0—10,0
Лоцманские парусные суда . . . . .	3,6—4,2	1,8—2,0	5,8—8,0
Рыболовные парусные суда . . . . .	4,3—4,5	1,65—1,75	7,3—7,5
Мореходные килевые яхты . . . . .	5,2—5,5	1,1—1,5	5,7—7,5
Грузовые суда каботажного плавания . . . . .	4,2—5,0	2,2—2,5	8,5—9,2
Грузовые суда океанского плавания . . . . .	4,8—5,4	2,3—2,5	9,5—10,5
Полные барки . . . . .	6,5—8,0	1,4—1,5	10,5—12,0
Быстроходные промышленные суда и клиперы . . . . .	6,5—8,5	1,7—1,5	11,0—13,0

Табл. 2. — Соотношение главных размеров наиболее употребительных типов деревянных речных судов.

Наименование типа судна	Соотношение L:B	Соотношение B:H	Соотношение L:H
Барки маломерные (баржонки) . . . . .	5,0—5,5	2,6—2,7	14,0—14,5
Барки волжские . . . . .	8,2—8,5	3,0—3,2	22,0—25,0
« системные . . . . .	7,5—8,0	2,6—2,8	19,0—22
Берлины днепровские и бугские . . . . .	5,0—5,5	3,0—3,2	15,0—17,0
Полулодки и фонтанки . . . . .	5,5—6,2	2,6—2,8	15,0—17,0
Тихвинки . . . . .	3,0—4,0	2,8—3,0	9,0—11,0
Ульяки . . . . .	5,0—5,2	2,6—2,8	15,0—18,0
Коломенки . . . . .	4,4—5,2	2,9—3,2	14,0—18,0
Мариинки . . . . .	4,4—5,0	3,0—3,2	15,0—18,0
Барки . . . . .	4,5—5,0	2,6—2,8	16,0—17,0
Тесовки . . . . .	4,5—5,0	2,6—2,8	16,0—17,0

судостроения. Наконец, аналитический расчет говорит за то, что установка почти всех бортовых креплений, в том виде, как это практикуется в настоящее время, совершенно не влияет на прочность судна и потому они фактически являются ненужным и вредным балластом. Диаметральные же третные и боковые фермы во многих случаях

Табл. 3. — Характеристические коэффициенты и метacentрическая высота деревянных морских, рейдовых и озерных судов.

Наименование типа судна	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	$\frac{a}{B}$
Грузовые суда озерного, рейдового и прибрежного плавания . . . . .	0,80—0,88	0,80—0,84	0,65—0,70	0,5—0,8
Лоцманские парусные суда . . . . .	0,82—0,85	0,74—0,76	0,62—0,63	1,1—1,6
Мореходные килевые яхты . . . . .	0,79—0,82	0,68—0,72	0,48—0,55	1,2—2,5
Грузовые суда каботажного плавания . . . . .	0,86—0,90	0,80—0,82	0,65—0,70	0,8—1,5
Полные барки . . . . .	0,90—0,91	0,81—0,82	0,68—0,70	1,1—1,5
Быстроходные промышленные суда и клиперы . . . . .	0,85—0,86	0,77—0,80	0,55—0,60	0,6—1,1

повышают продольную прочность судна на 4—8% прочности его основной системы, но

по конструкции закрепления своих частей с частями основной системы все эти фермы

Табл. 4. — Характеристические коэффициенты наиболее употребительных типов деревянных речных судов.

Наименование типа судна	$\alpha$	$\beta$	$\delta$
Барки маломерные (баржонки) . . . . .	0,98—0,99	0,65—0,75	0,68—0,70
Барки волжские . . . . .	0,98—0,99	0,85—0,88	0,83—0,84
« системные . . . . .	0,98—0,99	0,83—0,85	0,81—0,83
Берлины днепровские и бугские . . . . .	0,98—0,99	0,81—0,84	0,78—0,82
Полулодки и фонтанки . . . . .	0,99	0,94—0,95	0,93—0,94
Тихвинки . . . . .	0,99	0,94—0,95	0,93—0,94
Ульяки . . . . .	1,00	0,90—0,91	0,90—0,91
Коломенки . . . . .	1,00	0,90—0,91	0,90—0,91
Мариинки . . . . .	1,00	0,94—0,95	0,92—0,93
Барки . . . . .	1,00	0,94—0,96	0,93—0,95
Тесовки . . . . .	1,00	0,94—0,96	0,93—0,95
Саньки американск. барки . . . . .	0,995	0,97—0,98	0,96—0,97

являются фермами одностороннего действия, т. е. увеличивают прочность судна при изгибе его только в одну сторону. Вследствие

Табл. 5. — Примерные размеры и полное водоизмещение деревянных морских, рейдовых и озерных судов.

Наименование типа судна	Длина между перпендикулярами	Ширина по миделю	Высота борта	Грузовая осадка	Полное водоизмещение в т
	в метрах				
Грузовые суда озерного, рейдового и прибрежного плавания	23,1	5,6	3,8	2,9	202,0
Лоцманские парусные суда . . . . .	18,3	5,8	3,11	2,2	95,0
Рыболовные парусные суда . . . . .	23,25	4,95	3,15	2,4	186,0
Мореходные килевые яхты . . . . .	27,0	5,2	4,95	3,6	150,0
Грузовые суда каботажного плавания	40,5	8,3	4,02	3,4	667,0
Полные барки . . . . .	53,3	10,21	6,52	5,3	2120,0
Быстроходные промышленные суда и клиперы	—	—	—	—	400—900

этого целесообразность установки таких ферм также возбуждает во многих случаях большие сомнения.

Для характеристики главных элементов морских и речных деревянных судов, согласно существующей практике, могут служить табл. 1—6, в которых обозначают: L, B, H—длину, ширину и углубление судна в воде,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ —коэффициенты полноты грузовой ватерлинии, мидельшпангоута и водоизмещения и  $\frac{a}{B}$ —метacentрическую высоту.

Экономич. сторона Д. с. характеризуется дешевизной, т. к. оно не требует сложных з-дов, верфей и может осуществляться на всяком удобном прибрежном

месте, при помощи весьма несложных приспособлений. Но все выгоды дешевизны в значительной мере парализуются педолговечностью судов. Так, деревянные суда, стоимостью в  $\frac{1}{3}$  стоимости эквивалентных им стальных судов, служат примерно в три раза меньше этих последних. Судно барочного типа, стоимостью в  $\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{20}$  стоимости стального, служит 2—3 года вместо 45—50 лет, и т. д. Таким образом, применение деревянных судов, несмотря на их дешевизну, вообще говоря, не представляет больших выгод, а в настоящее время, благодаря истощению

зы, бука, клена и других легко коллющихся твердых пород. Для того, чтобы шпильки легче входили в кожу, на концах их делают косые срезы с одной, двух или же четырех сторон (см. фиг.). В СССР Д. г. изготавливаются исключительно кустарн. способом. Дерево, предназначенное для производства шпилек, предварительно распиливают поперек на диски, толщина которых соответствует длине шпильки. Диски раскалывают на пластинки по толщине шпильки, на которых ножом делают косые срезы,

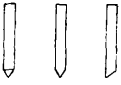


Табл. 6. — Размеры и грузоподъемность наиболее употребительных типов речных деревянных судов.

Наименование типа судна	Длина между перпендик.	Ширина по миделю	Высота борта	Грузовая осадка	Грузоподъемность в т
Баржи маломерные (баржонки)	до 50,0	9,0—10,0	3,5—3,6	2,0	400
Баржи волжские (самые большие)	до 120	12,0—13,0	4,0—4,2	2,2—2,3	2 500
Баржи системные	67,0	9,0	3,2—3,5	1,75	800
Берлины днепровские и бугские . . . . .	45—50	9,0—10,0	3,0—3,4	1,50	550—700
Полулодки и фонтанки . . . . .	45—50	8,0—8,5	3,0	1,5	350—480
Тихвинки . . . . .	20—25	6,0—6,5	2,2	1,2	40—100
Коломенки . . . . .	35—45	8,0—8,5	2,5—2,9	1,2—1,4	200—300
Мариинки . . . . .	40—45	8,0	2,3—2,5	1,2—1,4	300—350
Барки . . . . .	36,0	8,0	2,2	1,2	280—320
Тесовки . . . . .	36,0	8,0	2,2	1,2	280—300
Санные американские баржи . . . . .	—	—	—	—	до 2 500

лесных ресурсов и вздорожанию большего судостроительного материала (и в особенности копаней), эти выгоды окончательно сводятся на-нет. Тем не менее, недостаток строительного капитала и настойчивая текущая потребность в оборудовании водного транспорта подвижным составом еще долго будут служить стимулом для Д. с.

Лит.: Регистр Ллойд британск. и иностр. судов, СПб, 1903; Труды С.-Петерб. отделения Об-ва содействия русск. торговому мореходству. Правила и постановления Северного Веритас, СПб, 1897; Русский регистр. Правила постройки волжских дерев. плавучих судов, СПб, 1914; Пост. комиссия русских об-в по страхов. речных транспортов. Правила постройки и классификации дерев. плавучих судов, плавающих по Мариинскому водн. пути, СПб, 1913; Труды Об-ва для классификации морских, речных и озерных судов, Русский регистр, вып. 1, II, 1916; Альбом чертежей дерев. речных судов, СПб, 1896; Б у ч а ц к и й Л. Х., Типы речных судов и их рациональная конструкция с определением наилучших размеров стоимости трaкции и провозной платы с пудо-версты, СПб, 1895; Н е у с т р о в С. П., Словарь волжских судовых терминов, Н.-Новгород, 1914; Боголюбов Н., История корабля, т. 1, 2, М., 1879; Карапетов В., О сопротивлении движению судов внутр. плавания, СПб, 1902; Б о н ш т е д т, Практич. судостроение, пер. с нем., СПб, 1912; М и д д е н д р о ф Ф., Рангоут и такелаж, пер. с нем., СПб, 1905; З в о н к о в В. В., Эксплоатация водных путей, М., 1927; Ц е х а н о в и ч В., Речное судостроение, ч. 1—Материал и конструкция речных дерев. судов, М., 1928; е г о ж е, О допускаемых напряжениях при расчете прочности дерев. судов, «Водный транспорт», М., 1927, 7; Н е й с о н А., Практич. руководство к постройке лодок, пер. с английского, М., 1904; Ц е х а н о в и ч В., Будильна механика сталевого тa деревляного корабля, Одеса, 1928; Johow Hiltzbuch für d. Schiffbau, 5 Aufl., Berlin, 1928; «Водный транспорт», Москва; «Торговый флот», Л.

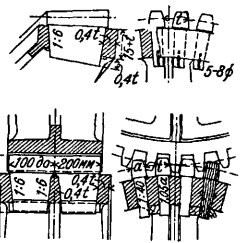
В. Цеханович.

**ДЕРЕВЯННЫЕ ГВОЗДИ**, шпильки, применяемые в сапожном деле для прикрепления подошвы к заготовке, делаются из бере-

соответствующие заостренные шпильки. После этого пластинки складывают по нескольку штук вместе и раскалывают их на шпильки. По другому способу на поверхности диска прострагивается ряд параллельных бороздок треугольного сечения. Если заострение шпильки должно быть сделано с четырех сторон, то прострагиваются еще бороздки в направлении, перпендикулярном к первым. Рубанок с двумя лезвиями — одним для грубой строжки и другим для окончательной отделки бороздки — снабжен направляющим гребнем, скользящим при работе по уже простраганной бороздке. Обработанные таким образом диски раскалываются на пластинки, которые колотятся поперек на шпильки.

**ДЕРЕВЯННЫЕ ЗУБЬЯ** устанавливаются на зубчатых колесах для достижения спокойного и бесшумного хода при больших окружных скоростях. Укрепление корня Д. з. в отлитых выемках чугунного обода производится при помощи деревянных клиньев или железных штифтов (см. фигуру). Для правильной и беспробойной работы необходимы точн. пригонка и достаточная толщина обода колеса. Зацепление обычно эвольвентное, реже — циклоидальное. При расчете шага  $t$  исходят из давления зуба  $P$  или момента  $M$  одного вала и числа зубьев  $z$  сидящего на нем колеса. Толщина зуба, измеренная в делительном круге, равна для подвергаемого обработке чугунного зуба  $1,3 \frac{t}{\pi}$ , для Д. з. —  $1,8 \frac{t}{\pi}$ .

Зубья по установке подвергают обтеске и фрезированию. Направление волокон должно идти от выступа зуба к основанию. Материалом для изготовления Д. з. служит белый бук, тщательно просушенный для прочного укрепления в обode колеса. Д. з. смазывают при работе густой смазкой. На некоторых зубья кипятят в масле, чтобы придать





им большую устойчивость в работе. Расчет ведется как и для колеса с чугунными зубьями. См. *Зубчатые колеса*.

Лит.: Сидоров А. И., Детали машин. Таблицы чертений к 1 и 2 ч. Москва—Ленинград, 1925; Liebers Lexikon d. gesamten Technik, В. 4, р. 85, 94, Berlin—Leipzig, 1928.

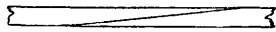
**ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ**, сооружения, в которых основным строительным материалом является дерево. Следующие свойства дерева определяют применение его в строительстве: 1) малый объемный вес, например: воздушно-сухая сосна весит ок.  $600 \text{ кг/м}^3$ , воздушно-сухой дуб—ок.  $800 \text{ кг/м}^3$ ; 2) относительно большая крепость на растяжение, изгиб и сжатие вдоль волокон; 3) простота добывания и механич. обработки; 4) малый коэфф. теплопроводности ( $\lambda \approx 0,1$ ); 5) хорошая сопротивляемость химич. воздействию паровозного дыма и газообразных выделений химического, красильного, солеваренного и других производств; 6) неприхотливость в отношении текущего ухода (покраски); 7) отсутствие явлений усталости в дереве; 8) долговечность; 9) непродолжительность возведения деревянной постройки, независимо от времени года; 10) возможность разобрать и перенести сооружение на новое место. Все эти положительные качества, делающие дерево удобным и дешевым строительным материалом, проявляются, однако, в надземных сооружениях только при соблюдении следующего основного требования: дерево должно содержать не более 15—20% влажности. Сырое дерево не только тяжелее и слабее сухого, оно почти неизбежно подвергается действию микроорганизмов и быстро разрушается. Никакое расчетное увеличение запасов прочности, приводящее только к перерасходу материала, не может увеличить долговечности Д. к. в случае загнивания; поэтому даже в деталях, во врубках и гнездах, должен предусматриваться отвод конденсационной или случайной воды. Все части Д. к. по возможности должны быть доступны для осмотра и проветривания и ни в каком случае не должны соприкасаться с холодной кладкой. В сооружениях, подверженных действию атмосферных осадков (мосты, эстакады и другие) или мокрых производственных процессов (бани и другие) и, тем более, почвенных вод (погребов, плохо изолированных жилых построек и другие), дерево должно применяться только в консервированном виде, иначе все сооружение становится временным (5—10 лет), утрачивая тем самым в значительной степени свою экономичность. Только в подводных сооружениях можно применять сырое дерево (шпунтовые ряды, ростверки, ряжи, сваи и др.), так как при непрерывном пребывании под водой дерево, даже без всякой пропитки, сохраняется тысячелетиями. Основными Д. к. являются легкие перекрытия малых и больших пролетов, защищенные от атмосферных осадков и почвенной сырости; в этом случае лучше всего используется легкий вес дерева, возможность зимней сборки, отсутствие (неизбежной для металлических сооружений) периодической окраски. Предпочтению следует отдавать открытым, бесчердачным конструкциям, которые в пожарном отношении даже лучше металлических.

Основные породы русского строительного леса — сосна и дуб (см. *Древесина*). По своим строительным качествам к сосне приближаются ель, пихта, лиственница и другие хвойные породы; к дубу—ясень и некоторые твердые лиственные породы. Помимо индивидуальных особенностей каждого вида твердые лиственные породы отличаются от хвойных, гл. обр., несколько большей крепостью поперек волокон (на смятие) и лучшей связью между волокнами (на скальвание). Зато хвойные породы имеют более правильное строение древесины, больший рост, меньший коэффициент усушки, меньший вес и значительно больше распространены, чем твердые лиственные. Поэтому основная часть Д. к. выполняется преимущественно из хвойных пород, а мелкие вспомогательные части (подушки, вкладыши, шпонки, нагели и другие)—из твердых лиственных пород (или из металла). Всякое дерево, даже самое твердое, вследствие своего волокнистого строения, в значительной степени *о л т р о п н о*. Растяжению поперек волокон хвойный лес сопротивляется в 50 раз хуже, чем вдоль волокон, смятию—в 10 раз. Эта особенность дерева, вытекающая из анатомич. строения его, приводит к своеобразному конструированию деревянных узлов и сопряжений. В дереве всегда приходится считаться с неизбежностью «игры»—гл. обр. от усушки его в поперечном направлении, доходящей в некоторых случаях до 5—10%. В виду невозможности в Д. к. точно предусмотреть и нормировать все внутренние напряжения, возникающие при усушке и короблении дерева, сопряжения д. б. по возможности простыми как в смысле расчетного распределения усилий между их частями, так и в отношении их изготовления. Следует избегать многорядных врубок (двойной, тройной зуб и пр.), требующих тщательной пригонки, и сложных врубок, невыполнимых без долбления. Предпочтительнее применять сопряжения, почти вовсе не требующие пригонки (при помощи нагелей, шпилек, штифтов, гвоздей), или сопряжения, допускающие точно механизированное производство работ (применяя кольцевую шпонку). Усушка вдоль волокон незначительна (около 0,1%) и потому при расчете Д. к. не учитывается; не учитывается также влияние температурных колебаний. Нормы допускаемых элементарных напряжений и нагрузок определяются двумя основными факторами: крепостью дерева, с учетом различных коэфф-тов надежности, и расчетными деформациями. При назначении коэффициента надежности необходимо учитывать зависимость крепости дерева от неправильностей его строения—наличие сучков, косослоя, свилеватости уменьшает крепость дерева при его работе на изгиб (поперечный и продольный) и растяжение вдоль волокон, в то время как при смятии эти дефекты не имеют существенного значения; в случае появления в дереве трещин от усыхания и работы его на растяжение поперек волокон и на скальвание может произойти полное разрушение дерева. С наибольшей осторожностью должны нормироваться допускаемые напряжения на скальвание (и растяжения

поперек волокон, почти не имеющие практического значения). При смятии, наоборот, м. б. допущено некоторое перенапряжение, если только не опасны для сооружения в целом увеличивающиеся соответственно деформации. Необходимо учитывать при этом, что в сложных врубках и многорядных сопряжениях избыточная жесткость соединения в отношении смятия увеличивает опасность разрушения от скалывания отдельных частей сопряжения порознь.

Абсолютная крепость той или иной породы дерева определяется лабораторным испытанием нормальных образцов, хотя временное сопротивление дерева в лабораторных условиях не всегда правильно характеризует действительную крепость его в сооружении. Особенно велико это несоответствие для скалывания: маленький нормальный образец, испытываемый в металлическом станочке с ограниченной линией среза, без отдиранья и выклинивания, дает в

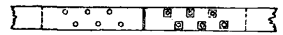
покрытий малого пролета. В больших покрытиях растянутый стык неизбежен. Идеальное решение возможно лишь при наличии надежного неразмокающего клея (фиг. 1). Чем крепче клей, тем круче может быть срезка склеиваемых элементов. Того же типа стык, разверстанный по всей длине растянутого элемента, осуществляется в слоенных дощатых поясах, сшитых гвоздями или нагелями того или иного вида (фиг. 2). В брусчатых или дощатых частях с просветами стык следует сосредоточивать в одном месте, вводя добавочные накладки или прокладки из дерева или железа; в обоих случаях связь осуществляется при помощи нагелей (фиг. 3, 4 и 5) или шпонок (фиг. 6, 7 и 8). В нагельных соединениях ослабление сечения тем меньше, чем меньше диам. нагелей или чем дробнее, следовательно, само сечение нагелей. В соединениях на шпонках решающее значение имеет скалывание: чем дробнее сечение, тем больше поверхностей



Фиг. 1.



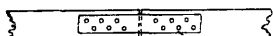
Фиг. 2.



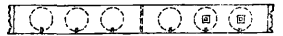
Фиг. 3.



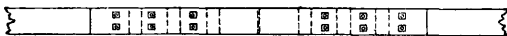
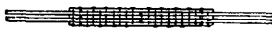
Фиг. 4.



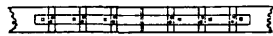
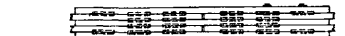
Фиг. 5.



Фиг. 7.



Фиг. 6.



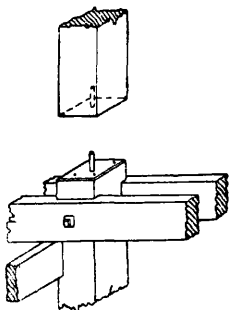
Фиг. 8.

2—3 раза большее временное сопротивление сдвигу вдоль волокон, чем модель врубки или нагельного, шпоночного и других сопряжений в натуральную величину из того же дерева. Большинство существующих норм недостаточно оценивают это расхождение и, руководствуясь исключительно лабораторными данными, дают преувеличенные цифры допустимого напряжения на скалывание. Лабораторное испытание нормальных образцов дает необходимую сравнительную оценку крепости отдельных пород дерева, но абсолютные допустимые напряжения, конечно, следует принимать, исходя из реальной крепости дерева, полученной при непосредственном испытании моделей сопряжений.

Вследствие полнотропности дерева и ограниченности сортимента лесных материалов наибольшие трудности заключаются в проектировании стыков, узлов и других сопряжений элементов Д. к. между собой. Сложнее всего конструируется растянутый стык. Выработкой хотя бы 5% общего количества лесных материалов увеличенной длины можно было бы сильно упростить конструкции

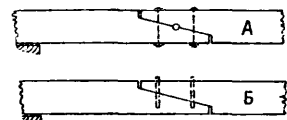
скалывания и, следовательно, тем короче стык. Т. о., растянутые части, как правило, следует делать не из брусьев, а из досок. В сжатых элементах дробность сечения нужна только для присоединения элементов решетки или пояса. Сжатый стык осуществляется простым упором ровно опиленных концов досок или брусьев. Для плотности стыка и предотвращения вмятия летних волокон в более мягкие весенние желательнее применять прокладку из гибкой металлической пластинки (кровельное железо на сурьке и др.). Боковое смещение устраняется обжимами, прокладками или закладыванием обрезка тонкой газовой трубки (фиг. 9) или дубового нагеля в высверленные в обоих концах гнезда. Всякое усложнение стыка, рубка шипов и т. п. — вредно, так как уменьшает площадь смятия и плотность присоединения. Во избежание продольного изгиба стык следует располагать по возможности ближе к узлу и поперечным связям. Стык изгибаемых элементов Д. к. осуществляется по возможности на косом зубе (фиг. 10, А, Б), т. к. прямой зуб может привести к разрыву поперек волокон. Во избежание

появления горизонтального распора уклон зуба не должен быть круче  $\frac{1}{4}$ . Для получения жесткого стыка сопряжение скрепляется стяжными болтами или хомутами. В шарнирном соединении вместо болтов вставляют обрезки круглого железа (только для предотвращения горизонт. смещений). Для неподвижности опоры в центре шарнира собранной конструкции вгоняется горизонтальный нагель. Сопряжение элементов, встречающихся под углом, производится либо посредством врубок в самих элементах, либо введением специальных вспомогательных частей.



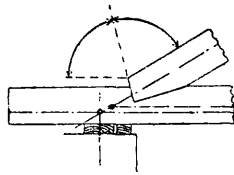
Фиг. 9.

Основные виды врубок при встрече 2 или 3 элементов следующие: лобовая, щековая, ножничная и треугольная врубки. Л о б о в а я врубка простым зубом (фиг. 11), двойным зубом (для малых углов), двойным зубом со вкладышем (фиг. 12) и др. — является основным способом выполнения опорного узла брусчатых ферм небольших пролетов. В отношении равнопрочности сопротивления смятию обеих частей врубки наимыгоднейшее направление рабочей части

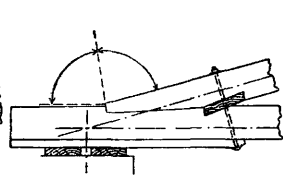


Фиг. 10.

в ослабленном сечении растянутого бруса должно быть подперто как пересечение основных осей поясов, так и пересечение оси площади смятия с осью ослабленного сечения растянутого бруса. В виду опасности скальвания, хвостовые концы в лобовой врулке получаются большой длины. При ограниченной длине концов следует переходить к металлическим поковкам (фиг. 13), а при высоких сечениях поясов — к щековым вручкам с двумя (фиг. 14) или более поверхностями скальвания. В работу на скальвание могут втягиваться даже вкладыши или обжимные колодки, связанные с основными досками поясов при помощи нагелей, кольцевых шпонок и пр. Рабочие поверхности смятия располагаются при этом,



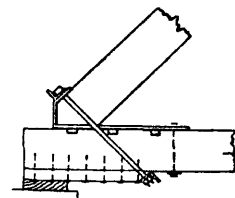
Фиг. 11.



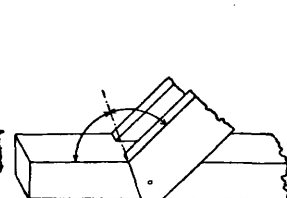
Фиг. 12.

как и в лобовой врулке, по биссектрисе внешнего угла между поясами. При сильно притупленных углах (фиг. 14) подкос следует упирать непосредственно в опорную доску (из дуба), чтобы избежать выклини-

вания и поперечного скальвания щек хвостового конца. Этот же принцип непосредственной передачи вертикальной и горизонтальной составляющих усилия сжатого подкоса вертикальному и горизонтальному элементам фермы осуществляется в н о ж н и ч н о й врулке (фиг. 15). В зависимости от большей или меньшей расчетной площади смятия (необходимой для восприятия усилия в бабке и разности усилий в соседних

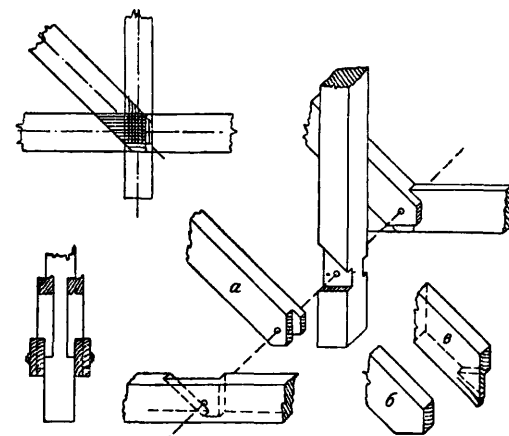


Фиг. 13.



Фиг. 14.

панелях пояса) «ножницы» м. б. открытыми (а), закрытыми (б) и полузакрытыми (в). Концы «ножниц» по возможности следует притуплять (а), так как сильно заостренные концы (в) легко отщепляются, и поэтому не могут полностью вводиться в расчет. По той же причине не следует применять «биссектрисных ножниц»: только ортогональное расположение сминаемых площадок по отношению к направлениям усилий в бабке и поясе дает плотное и крепкое сопряжение;

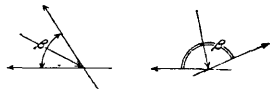


Фиг. 15.

при скошенных поверхностях врубка ползет и расщепляется. Применяется ножничная врубка только в решетках с сжатыми подкосами без сжато-вытянутых частей, т. к. закрепить растянутый подкос в ножничной врулке довольно трудно. Чем меньше угол между бабкой и поясом, тем выгоднее работает ножничная врубка (фиг. 16). При больших углах (фиг. 17) передача растягивающих усилий посредством подкоса приводит к невыгодному смятию поперек волокон. В таких случаях правильное растянутые элементы непосредственно врубать друг в друга при помощи т р е у г о л ь н о й врубки (фиг. 18), а сжатый подкос либо располагать непосредственно впритык, либо через дубовую прокладку  $\delta$  упирать в угол встречи растянутых элементов. Чем ближе этот

угол к  $180^\circ$ , тем лучше. Поэтому применение треугольной врубки в стяжном кольце шагровых или купольных покрытий тем выгодней, чем больше в нем сторон.

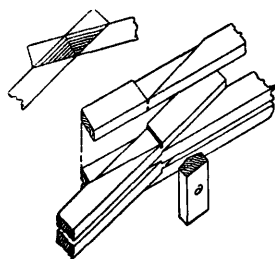
Дубовые прокладки, подушки, вкладыши и т. п. часто упрощают обработку материала и уменьшают вес основных элементов Д. к. На фиг. 19 показан пример подкоса, упирающегося лобовой врубкой в



Фиг. 16.

Фиг. 17.

пояс, а щековой — в бабку; полученные при этом размеры его сечения могут оказаться избыточными для работы самого подкоса на сжатие с продольным изгибом. В таких случаях может оказаться выгодным всю работу смятия предоставить дубовому вкладышу (фиг. 20), а размеры подкоса определить расчетом его на продольный изгиб. Вкладыши д. б. изготовлены из сухого дуба; кроме того, для предотвращения «игры», их можно проварить в олифе и изготовить отдельно в столярной мастерской. Вкладыши могут служить в качестве шаблонов для плотничных врубок в основных элементах.

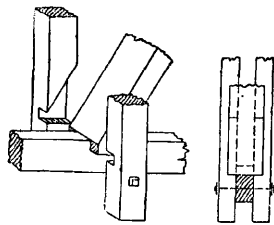


Фиг. 18.

Все вкладышевые сопряжения следует отнести к группе врубок, применение которых вообще ограничивает выбор системы конструкции, затрудняет механизацию производства работ и не всегда дает достаточно плотные сопряжения, особенно для Д. к., подверженных переменной или динамич. нагрузке. Поэтому в современных Д. к. все большее значение приобретают стандартные соединительные части нагельного или шпоночного типа, применяемые в узловых соединениях Д. к. Первоначальная форма нагельного соединения — простой плотничный сосновый нагель, пронизывающий несколько конструктивных частей и работающий преимущественно на изгиб. Нагель в инженерных конструкциях делают из дуба, железа или стали, придавая ему удобную для сверления гнезд цилиндрич. форму; для уменьшения веса нагели иногда делают грубчатого сечения; для увеличения количества скальваемых поверхностей в соединяемых частях увеличивают число нагелей на каждое сопряжение, одновременно уменьшая диаметр нагеля (штифта, гвоздя). Основным преимуществом нагельн. соединений является их плотность и жесткость. Нагель вводится в обратную конструкцию без предварительных примерок и пригонки. Соединение может получиться неплотным только в случае несоответствия между диаметрами сверл и нагелей. Особенно плотны гвоздевые соединения, для к-рых в хвойных и мягких лиственных породах отпадает даже сверление гнезд. Нагели успешно применяются для стыков, имеющих некоторую протяженность в одном направлении, для дощатых балок типа металлических клепаных (гвоздь-заклепка), для связей жесткости в сжатых элементах

и других. Недостатком нагельн. соединений является малая пригодность их для сильно нагруженных узлов Д. к., в к-рых большие сопротивления должны быть сосредоточены около одного центра — оси узла.

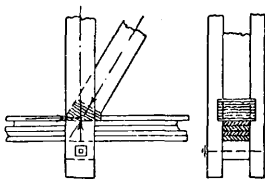
Хорошее типовое решение, связывающее в один узел произвольное количество сжатых и растянутых частей, дает кольцевая шпонка. Первоначальной формой шпонки, вообще работающей преимущественно на смятие и скальвание, является дубовый клин, загоняемый в гнездо, которое получается от противопоставления пазов двух сплавляемых элементов. Однако, примененная так, образом дубовая шпонка слабо сопротивляется именно смятию и скальванию, т. к. усилия направлены под прямым углом к ее волокнам. Значительно большие усилия воспринимает дубовая шпонка с продольным (в направлении действия усилия) направлением волокон,



Фиг. 19.

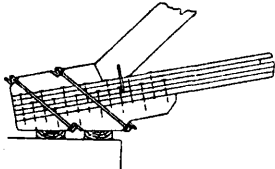
но для узловых соединений она непригодна, так как работает только в одном направлении. Универсальное решение вопроса о рациональном проектировании узла м. б. достигнуто только применением круглой шпонки. Логическим завершением развития круглой шпонки является разрезная кольцевая шпонка, в к-рой полностью работают как сердечник, так и периферия кольцевого паза (все преимущества двойной шпонки). Смятие и скальвание в кольцевой шпонке (фиг. 7), как и в простых железных шпонках (фиг. 8), передается через металл; благодаря же упругости разрезного кольца усыхания или разбухания отдельных досок происходит беспрепятственно. Незначительное ослабление сечения соединяемых при помощи кольцевой шпонки элементов допускает применение сравнительно тонких досок, с небольшой длиной хвостовых концов и хорошей центровкой узлов.

Применение болтов в нагельных соединениях б. ч. вызывается желанием лучше скрепить соединяемые элементы, не дать им раздвинуться и, до известной степени, препятствовать их короблению. В качестве нагелей болты применяются редко, т. к. сопряжение, даже при большом расходе железа, получается шатким (особенно при неплотной пригонке). Лучше применять трубчатые нагели; расклевкой их концов на шайбах можно достигнуть плотного скрепления сплавляемых элементов и без болтов. В шпоночных соединениях болтовая стяжка необходима для упразднения момента, вращающего шпонку и распирающего сопряжение. Чем короче (в направлении усилия) шпонка, тем больше распирающая сила, являющаяся, несмотря даже на мощную болтовую стяжку, причиной разруше-



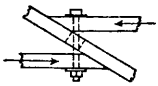
Фиг. 20.

ния сопряжений, сплоченных на цилиндрич. или квадратных шпонках. При длинных и кольцевых шпонках расчетное усилие, разрывающее болт и вминающее шайбу, не велико и легко м. б. уничтожено, если только вращение шпонки не вызывается поперечным усыханием сплавляемых частей. В течение первого года шпоночная болтовая стяжка требует надзора и, в случае надобности, подтягивания гаек. В некоторых конструкциях врубки, нагели и шпонки заменяют натяжными сопряжениями, в которых натяжением болта создается трение, уничтожающее сдвигающую силу (фиг. 21 и 22).



Фиг. 21.

Коэфф. трения (в покое) для сухой сосны принят равным 0,3, независимо от направления волокон. Учет трения допускается только в случае безопасности для всего сопряжения тех начальных смещений, к-рые необходимы для обеспечения постоянного нажатия трущихся поверхностей. Для конструкции узла, изображенного на фиг. 21, учет трения допустим, т. к. смещение верхней колодки, прижатой к поясу только натяжением болтов, не опасно для целостности всего сопряжения. Типовой узел сетчатых перекрытий системы Цоллингера (фиг. 22) также устроен на стяжных болтах, вследствие чего все перекрытие должно несколько осесть, прежде чем болты в полной мере начнут работать на растяжение. Во всех этих сопряжениях сечение болта и размеры шайбы определяют расчетом. Необходимо, конечно, применять шайбы достаточной жесткости. Второстепенные крепления, не требующие подтяжки (особенно во временных сооружениях, лесах), можно устраивать на скобах. При небольшом диаметре железа (до 8 мм в постоянных и до 12 мм в временных сооружениях)

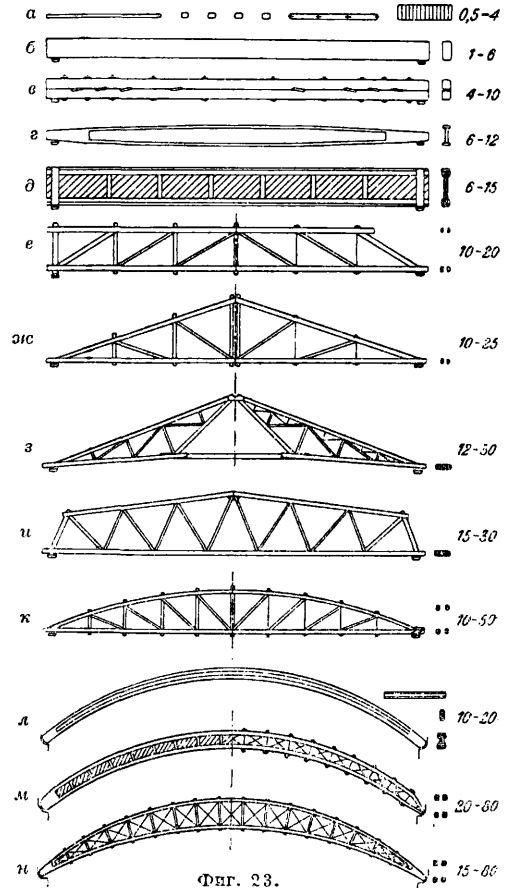


Фиг. 22.

завершенные скобы могут вгоняться без предварительного рассверливания соответствующих гнезд. В схемах фиг. 23 приведены основные типы деревянных перекрытий для соответственных нормальных пролетов в м.

Ветровая связь балочных ферм б. ч. устраивается в стропильном настиле, к-рый иногда шьется в два слоя под углом в 45° к коньку (для рубероидных кровель) или укрепляется специальными диагональными тесинами. При устройстве специальной ветровой связи применяют по возможности парную расстановку стропильных ферм. При расстановке более чем на 4-5 м прогоны делают шарнирными. Переходящую ступень к решетчатым стропильным фермам образуют так называемые рыбообразные, со сплошной стенкой балки, и гвоздевые дощатые двутавровые прогоны. Стропильные фермы по схемам фиг. 23 е и ж осуществимы на врубках («ножницы»), т. к. в них все подкосы скаты. В ножничных фермах нижний пояс держится только на связывающих узловых болтах; поэтому в случае необходимости устройства подвесных потолков, их следует подвешивать

непосредственно к растянутым бабкам. В фермах, несущих подвесные потолки, нагрузку от крановых тележек и проч., бывает выгодно применять смешанные конструкции с железными растянутыми бабками (болты). Элементы Д. к. по схемам фиг. 23 з и к и все рамные Д. к. соединяются при малых пролетах гвоздями, а при средних и больших пролетах — кольцевыми шпонками. При этом необходимо иметь в виду, что конструкции на кольцевой шпонке получают хорошими только при дробном дощатом сечении элементов. Особенно красивы и легки деревянные арочные распорные покрытия. Схема фиг. 23 л характеризует как обычные гвоздевые или клееные арки системы Эми, прямоугольного или двутаврового сечения, так и специальные виды легких перекрытий по системам Цоллингера и Брода. В последней рабочей пояса арки образуют: верхняя — опалубку и нижняя — подшивку, а прогоны служат шпонками, связывающими обе обшивки. Схемы фиг. 23 м и н дают понятие о системе Гау, с крестообразными скатыми



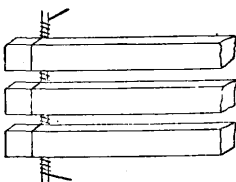
Фиг. 23.

подкосами и деревянными (или железными) растянутыми бабками. Дощатые слоеные пояса удобнее всего собирать на гвоздях, а узлы вязать при помощи деревянных подушек.

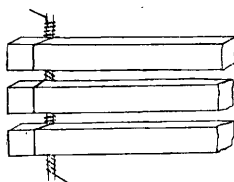
Лит.: Патон Е. О., Деревянные мосты, Киев, 1921; Курдюмов В., Дерево как строительный материал, М., 1926; Савнов Е., Дерево как строительный материал, М., 1925; Карлсен Г., Исследование кольцевой шпонки Тухшерера, Москва, 1925;

Черемухин А., Производство шпунтовых колец типа Тухшерера на постройке новых зданий ЦАГИ, «СП», 1924, 3, 1925, 10; Иванов В. Ф., Деревянные конструкции гражданских зданий, ч. 1, М.—Л., 1927; Жакобсон А., Современные деревянные конструкции в инженерных сооружениях, пер. с немецкого под ред. и в обраб. проф. Н. К. Лахтина, М., 1925; Lang G., Das Holz als Baustoff, Wiesbaden, 1924; Jackson A., Ingenieurholzbau, Stuttgart, 1921; Gestesch Th., Der Holzbau, Berlin, 1926; Гестеш Т., Деревянные стропильные конструкции, М., 1925; Seitz H., Grundlage d. Ingenieurholzbau, Berlin, 1925. Г. Карлсен.

**ДЕРЕВЯННЫЕ МАТЫ**, строительные, сквозные гибкие деревянные щиты, наподобие жалюзи; составленные из квадратных, прямоугольных или трапецевидных реечек, размерами  $8 \times 8$ ,  $9 \times 9$ ,  $10 \times 10$  или  $7 \times 12$  мм, связанных между собою проволокой, из которых одна, толщиной 1,5—1,8 мм, служит как бы основной при сшивке, а другая, толщ. 0,5—0,7 мм, служит обвязкой. Существуют две системы вязки: одна, применяемая в Швеции, заключается в том, что основная проволока обкручивается тонкой обвязкой по спирали в одну сторону (фиг. 1); другая, применяемая в Германии, дает обвязке при закручивании каждый раз другое направление (фиг. 2). Последний способ надежнее для прочности вязки маты в целом. Расстояние между рейками делают в 5—6 мм. Нормальная длина рейки 2 м, откуда и ширина маты получается в 2 м. Вырабатывают маты и других размеров (от 0,6 до 2 м). Наиболее ходовые (и даже стандартные) размеры в Германии имеют ширину: 0,6; 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; 1,5; 1,7 и 1,8 м. Шире 2 м маты не изготавливаются. Длина же их в производстве одна—10 м. Маты свертываются в рулоны и стягиваются упаковочной проволокой в 2-3 ряда. На постройках маты пришивают гвоздями по стойкам или рейкам размерами  $50 \times 100$  мм, при чем, как показала практика, при подшивке потолков и карнизов пролет между стойками допускается до 850 мм. При оштукатурке маты выдерживают нагрузку в  $100 \text{ кг/м}^2$ . Фиг. 3 дает полное представление о применении мат в строительном деле. В промышленном строительстве, особенно в соединении с



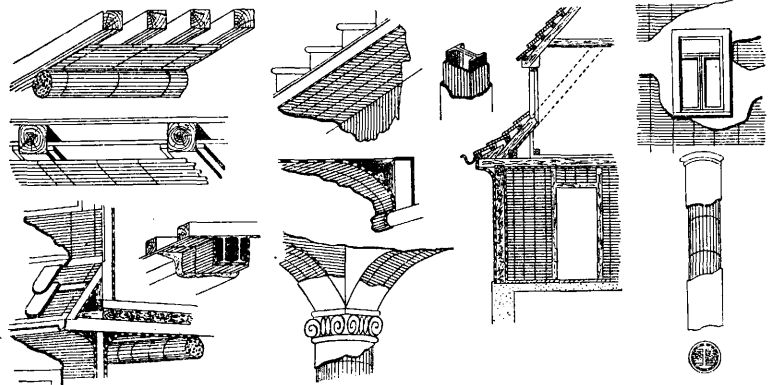
Фиг. 1.



Фиг. 2.

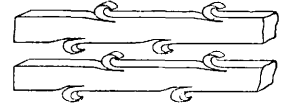
торфоболуном (см.), маты служат *изоляционным материалом* (см.). Утепление крыш и мансард с большим успехом делается при помощи деревянных строительных мат.

Производство строительных мат. Материалом служат горбыли, рейки, недомерки, которые получают на лесопильном заводе при выработке обрезного товара. Роспуск горбылей, досок и реек сначала на тонкие дощечки (толщиной 7—12 мм) производится на ребовых станках с коническими круглыми пилами или со вставными зубьями. Выработка реечки производится после торцовки дощечек на определенную длину на концевых станках, особым многопильным реечным станком, где число пил доходит до 20 (обычно 14, диаметр 304 мм, толщина 1,8 мм). Число оборотов пильного валика 3000 в минуту. Подача—принудительная, вальцами. Распиливающий на реечки станок обычно обслуживает два



Фиг. 3.

станка, вязущих маты, и требует для приведения его в движение 4—5 л. Распиленные и рассортированные по размерам рейки поступают или прямо на вязальный автомат или предварительно на ершильный станок, откуда реечки выходят завершенными, как показано на фиг. 4. Последний процесс необязателен, так как штукатурка держится и на гладкой рейке вполне надежно. На вязальном автомате на большие шурупы, сообразно с толщиной реек, наматывают проволоку-основу, а на малые шурупы, расположенные внизу и несколько позади, навивают обводную (тонкую) проволоку. Намотка производится на шпульном мотальном станке, на к-ром имеется девять скоростей для намотки разных номеров проволок. Станок этот двойного действия с двумя мотвилами и ведущими роликами. Станок может обслуживать от 6 до 8 вязальных автоматов, в зависимости от номера проволоки; скорость работы—обратная толщине проволоки. Потребная мощность 0,5 л. Требуется станок места  $0,5 \times 1,7 = 0,85 \text{ м}^2$ . Проволоки употребляют по преимуществу оцинкованные. После навивки проволоки на шпулю последние устанавливаются на вязальные автоматы. Свободные концы проволоки-основы пропускают вниз через роликовые приспособления, обводная проволока обводится вокруг проволоки-основы, и вязальный автомат готов к действию. Рейка по-



Фиг. 4.

дается на особое полуавтоматическое приспособление, где и происходит вязка. Мата по мере изготовления проходит вниз, отводится через натяжной вал и наматывается сзади станка в рулон, при чем при отсчете 10 м мата автоматически отсекается особым приспособлением. Готовый рулон убирают для упаковки на вязальные козлы. Для отсчета числа мат имеется счетчик, для останковки станка на случай поломки рейки (что обычно не наблюдается), обрыва проволоки или истощения шпуль—педали. Производительность вязального автомата около 350 м<sup>2</sup> мат за 8 ч. при ширине мата в 2 м. Расход энергии 1,5 Нр. Место, занимаемое станком, 3,5 × 1,5 = 5,25 м<sup>2</sup>. На этом станке и кончается процесс производства. Работа на станках несложная, не требует особой физической силы, и потому производство это, кроме распиловочных станков, может быть обслужено женским трудом.

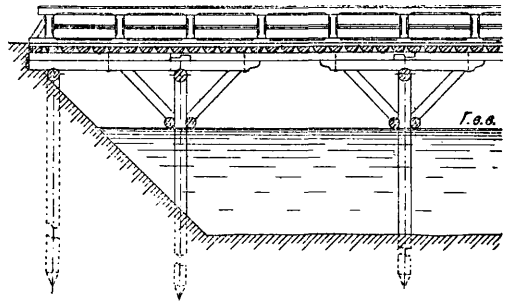
Для нормального производства требуется 6 вязальных автоматов: 1 шпульно-мотальный, 3 распиловочно-реечных станка, 1 ребровой и 1 концевальной. Производительность такого комплекта станков 1 200—1 250 м<sup>2</sup> мат за 8 ч. На практике чаще всего производство ставится на 1—2 основных вязальных станка. Потребность в рейках—0,0034 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> мата или 0,14 м<sup>3</sup> отходов от лесопиления. При определении цеховой себестоимости 1 м<sup>2</sup> мата следует принять во внимание стоимость: 1) 0,0034 м<sup>3</sup> древесины в рейках размером 8 × 8 мм; 2) 75 г проволоки; 3) оплаты труда за ткань, распиловку, сортировку, перемещение древесины, упаковку и отвозку на склад; 4) электроэнергии; 5) смазки, обтирки и прочих вспомогательных материалов; 6) амортизации машин.

Лит.: Виганд К. П., Германская строительная техника, М., 1928. М. Нятовский.

**ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ**, мосты, основным материалом к-рых служит дерево. В настоящее время Д. м. строятся из сосны, лиственницы, ели. Дуб применяется преимущественно для подушек, нагелей, иногда—для свай и прогонов. Лесной материал д. б. зимней рубки, прямостойный, с небольшим числом сучьев, без круговых и радиальных трещин (морозобой, метик, отлуп), без синевы и гнили. Предпочитается так называемая рудовая сосна, т. е. выросшая на сухих песчаных холмах.

В Д. м. под обыкновенную дорогу ширина ездового полотна: на полевых проселочных дорогах—от 3 м; для прогона скота 4,5—6,5 м; на полевых дорогах 4,7—6,4 м; на дорогах важного значения и в городах до 12 м и более. Настил, образующий ездовое полотно, укладывается на поперечины; последние—на балки или т. н. прогоны, ординарные или составные. Расстояние между прогонами зависит от назначения моста, его конструкции (в связи с этим) и размеров материала. Прогонь поддерживаются опорами и из свай или стоек. В мостах солидной конструкции применяется двойной настил. Верхний ряд досок настила предназначен для предохранения нижнего ряда от истирания. Толщина досок верхнего ряда 5—7 см, нижнего 8—10 см. Доски верхнего ряда укладывают или вдоль

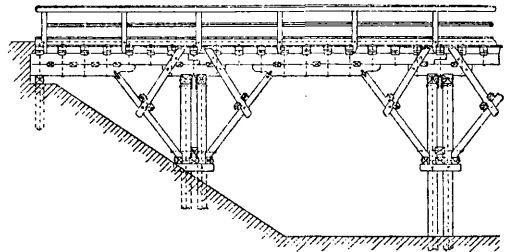
моста, или поперек, или под углом (в елку). При расположении досок вдоль моста получается более ровное, но более скользкое полотно; этот способ заслуживает предпочтения при преобладающем легковом движении; при преобладающем грузовом движении лучше укладывать доски настила поперек моста. Нижний ряд досок настила иногда делается из пластин, уложенных поперек моста, и заменяет собой поперечины.



Фиг. 1.

Вместо устройства езды по дощатому настилу можно применить щебеночную кору на одиночн. настиле из пластин или накатника.

Простейшим типом моста под обыкновенную дорогу является балочный мост, состоящий из опор и пролетных строений, перекрывающих пролеты (промежутки между опорами) моста. Каждая опора состоит из ряда свай, связанных поверху насадкой (горизонтальным бревном), для чего на головах свай нарубают шипы, а в насадке выдалбливают гнезда. По насадкам укладываются, как выше указано, прогоны, поперечины и настил. В простейших случаях поперечный дощатый настил прикрепляют с боков прижимными брусками или так называемыми п а ж и л и н а м и, используемыми обыкновенно для установки на них п е р и л. При значительной высоте моста или глубине воды опоры ставят реже, т. е. с большими пролетами. Значительные пролеты могут вызываться также требованиями судоходства. В этих случаях применяется подкосная (фиг. 1) система, или шпренгельная

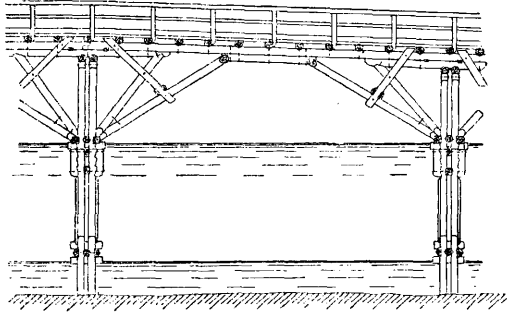


Фиг. 2.

(фиг. 2), или комбинированная (фиг. 3). Наилучший угол наклона подкосов в этих системах 40—45°, от к-рого по местным условиям иногда приходится сильно уклоняться. Для поддержания стыков прогонов применяются под ними так наз. п о д б а л к и. В шпренгельной системе брус под прогоном, в который упираются верхние концы подкосов, называется р и г е л е м и делается

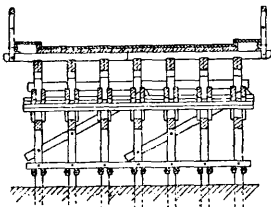
длиною ок. 0,4 расстояния между опорами. Ряды свай в опоре соединяются горизонтальными (продольными и поперечными) и диагональными схватками из пластин, брусьев или досок (фиг. 4). Арочная система (фиг. 5) позволяет перекрывать пролеты до 20—25 м и больше.

В Д. м. под железную дорогу рельсы укладывают на поперечинах. Настил состоит из двух досок, уложенных между рельсами, и 4—5 досок—с одной или с обеих сторон пути. На случай схода поезда с рельсов укладывают охраняющие брусья. Для небольших пролетов пригодны балочная и подкосная системы. Шпренгельная система для железнодорожных мостов менее применима вследствие значительных деформаций, возможных в этой системе при большой



Фиг. 3.

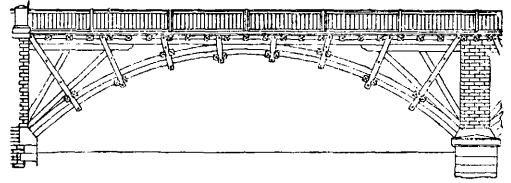
временной нагрузке. Балочная система имеет пролеты в 2—4, реже до 6 м. При этом в соответствии с давлением на свайную опору располагают один или два ряда свай. Если высота ж.-д. насыпи превышает 8 м, ряды свай в опоре раздвигают на 1,5—2 м ось



Фиг. 4.

от оси и соединяют крестообразными схватками и тяжами (фиг. 6). Мера эта имеет целью увеличить продольную жесткость конструкции. То же назначение имеют и продольные схватки. В части моста, которая заходит в насыпь, соединяют пролеты горизонтальными схватками и подкосами, что создает как бы устой. В поперечном направлении необходимая жесткость опоры достигается забивкой подкосных свай, постановкой подкосов и схваток (фиг. 7). Под каждый рельс в состав прогона назначается от 1 до 6 брусьев или бревен. В подкосной системе подкосы образуют одну или несколько промежуточных опор для прогонов, что позволяет при том же числе и тех же размерах брусьев в прогонах увеличить расстояние между опорами. Пример моста подкосной системы показан на фиг. 8. Важным элементом Д. м. подкосной системы является затяжка, т. е. горизонтальный брус, или бревно, или пластина, соединяющие соседние опоры в уровне нижних концов подкосов. Назначение затяжки—принять на себя горизонтальную составляющую давления

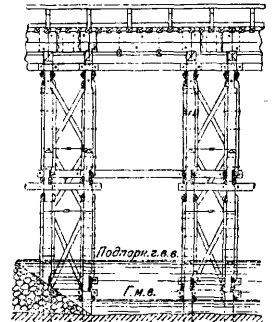
подкосов, т. н. распор. Здесь безусловно необходимо иметь достаточное число врубок, через которые передается горизонтальная



Фиг. 5.

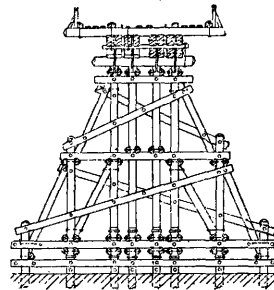
составляющая давления подкосов на затяжку, а вертикальная составляющая—на сваи. Если грунт не допускает забивки свай, применяют ржавые опоры или опоры на лежнях.

Выбор системы Д. м. (балочный, подкосный, шпренгельный, арочный) зависит преимущественно от высоты ж.-д. насыпи, глубины воды, судоходных требований, ледохода и других местных условий. Согласно утвержденным НКПС правилам, величины наименьших судоходных пролетов для Д. м. следующие: на реках малосудоходных (4-я категория)—25 м, на реках со сплавом россыпью и в плотках (5-я категория)—15 м, на реках со сплавом только россыпью (6-я категория)—6 м. При невысоких железнодорожных насыпях уместны балочные мосты. С технической стороны балочная система, как наиболее простая и имеющая наименьшее число глубоких врубок,—наилучшая и наиболее долговечная.



Фиг. 6.

Для перекрытия больших пролетов (от 20 до 40 м и более) в деревянных мостах применяют фермы. Фермы делаются из брусьев, бревен или досок. Различают системы, в которых все основные части сделаны из дерева, и системы с металлическими тяжами. К последней группе относится система Гау, а к первой группе—фермы из досок системы Тауна и Лембке. Мосты с фермами Гау под жел.

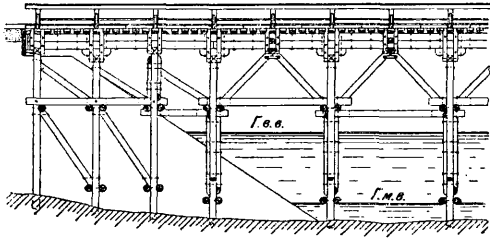


Фиг. 7.

дорогу м. б., в зависимости от местных условий, с ездой поверху и с ездой понизу. В мостах с ездой поверху полотно моста укладывают на фермы сверху. При небольшом расстоянии между фермами (2—2,5 м) часто расположенные поперечные могут опираться непосредственно на фермы. Если расстояние между фермами большое, применяют тяжелые и редко положенные на фермы поперечные балки, которые поддерживают продоль-

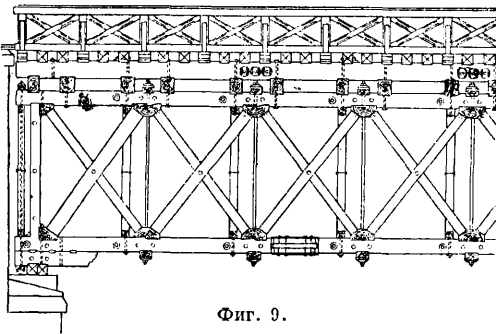


ные балки, уложенные в расстоянии около 2 м друг от друга и служащие основанием для подрельсовых поперечин. В мостах с ездой по ним и в наличии тяжелых поперечных и продольных балок обязательно. На фиг. 9 показана ферма Гау с ездой поверху. Ферма состоит из верхнего и нижнего поясов, из прямых и обратных перекрещивающихся раскосов и из вертикальных железных тяжей. Места присоединения раскосов к поясам называются узлами; расстояние между узлами — панелью. Верхний пояс работает на сжатие, нижний же — на растяжение; восходящие раскосы считая от концов фермы к ее середине, являются главными и подвержены сжатию, обратные раскосы у концов фермы служат для поддержания главных сжатых раскосов против выпучивания; в середине же при проходе поезда работает то одна система раскосов, то



Фиг. 8.

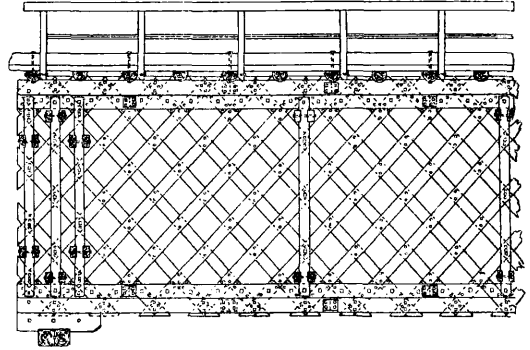
другая, в зависимости от положения нагрузки. Для удобства пересечения раскосы одного направления делают двойными, а другого — одиночными; присоединение раскосов — посредством подушек из дуба или чугуна, впритык. Стыки поясов перекрывают металлическими планками со шпонками, стянутыми болтами. Между фермами ставят в горизонтальных плоскостях верхние и нижние и в вертикальных плоскостях — поперечные связи, составленные из перекрещивающихся диагоналей и железных болтовых стяжек. По мере увеличения пролета фермы Гау принимают более сложный вид: число систем раскосов увеличивается. В фермах Тауна как пояса, так и раскосы составлены из досок (фиг. 10). Раскосы работают на растяжение и на сжатие; пояса — как обычно: верхний — на сжатие, нижний — на растяжение. Раскосы прикрепляются нагелями и болтами.



Фиг. 9.

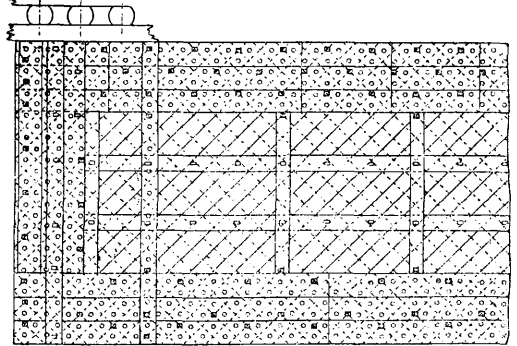
Толщина досок 5—7 см, ширина 25—30 см. Нагели представляют собой дубовые цилиндры,

диам. 3—6 см. В досках высверливают дыры диам. несколько менее диам. нагеля.



Фиг. 10.

Между фермами располагают, как указано выше, поперечные и продольные связи. Нагрузка передается на фермы продольными и поперечными балками или поперечинами, уложенными на верхние пояса. Фермы Лембке (фиг. 11) похожи по конструкции на фермы Тауна. Различие в том, что в фермах Лембке доски раскосов поставлены вплотную друг к другу. Получается ферма со сплошной стенкой. Стенка ферм, во избежание выпучивания раскосов, обжимается вертикальными, а при высоте ее более 2 м — кроме того, и горизонтальными брусками. Недостаток ферм Тауна и в особенности



Фиг. 11.

Лембке — быстрое загнивание досок. В последнее время находят применение для Д. м. фермы, в которых соединение частей выполнено при помощи металлич. колец Т у х ш е р а. Подобного рода фермы, в виде балки, усиленной шпренгельной системой из досок, для пролетов в 20 м применялись, между прочим, германской концессией «Мологолес».

Число ферм в жел.-дор. мостах с ездой поверху — 2 или 3, в зависимости от пролета; с ездой понизу — 2. Расстояние между крайними фермами определяется из условия устойчивости пролетного строения на опрокидывание ветром и для достаточной боковой жесткости пролетного строения должно быть не менее  $\frac{1}{12}$  пролета. Коэффициент запаса на опрокидывание  $\geq 1,40$ . В мостах под обыкновенную дорогу с ездой поверху число ферм и расстояние между ними зависит от ширины полотна, от перекрывающей

способности поперечных балок и от экономич. соображений. Наиболее употребительные расстояния 2—2,5 м. В мостах с ездой понизу расстояние между фермами обусловлено габаритом, шириной проезда. Большое расстояние между осями ферм требует особо сильных поперечных балок. Применяются шпренгельные балки. Высота ферм назначается от  $\frac{1}{4,5}$  до  $\frac{1}{9}$  длины пролета и должна быть согласована с углом наклона раскосов в 45—50°.

Вес пролетных строений с фермами Гау, спроектированных под декапод (паровоз с давлением на ось 16 т, общим весом  $16 \times 5 + 10$  т), дан в табл. 1.

Табл. 1.—Вес пролетных строений с фермами Гау.

Расчетный пролет в м . . . . .	22	25	33	33	44
Характер езды . . . . .	поверху			понижу	
Число ферм . . . . .	2	2	2	2	2
Высота ферм в м . . . . .	3,1—4,3	5—6	7—8	—	8,2
Полный вес пролетн. строения в т на п. м пролетного строения . . . . .	2,8	2,5	3,7	4,4	4,2

Вес пролетных строений с фермами Тауна под ту же нагрузку дает табл. 2. Езда—поверху.

Табл. 2.—Вес пролетных строений с фермами Тауна.

Расчетн. пролет в м	10,67	10,67	17,07	17,07	21,30	26,56
Высота от подошвы рельса до низа брусьев в м . . . . .	2,2	3,2	3,29	4,34	4,20	3,95
Расстояние между фермами в м . . . . .	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2
Полный вес пролетн. строения:						
в т . . . . .	18,77	21,12	48,11	39,15	62,19	90,50
в т на п. м пролетного строения.	1,48	1,98	2,83	2,30	2,92	3,42

Вес пролетных строений с фермами Лембке, рассчитанными на нормальный поезд 1907 года (20 т на ось паровоза), приводится в табл. 3.

Табл. 3.—Вес пролетных строений с фермами Лембке.

Длина ферм в м . . . . .	8,5	10,7	12,8	14,9	17,1	19,2	21,3	23,5
Высота ферм в м . . . . .	1,8	1,8	2,3	2,3	2,8	3,1	3,4	3,6
Вес пролетн. строения в т на п. м пролетного строения . . . . .	1,72	1,66	1,86	1,90	2,02	2,26	2,34	2,40

Опоры деревянных мостов с фермами делаются свайные, рамные, ряжевые или каменные. В последнем случае деревянное пролетное строение укладывается временно вместо металлического или железобетонного. Свайная опора состоит из нескольких рядов свай. Для придания устойчивости служат боковые подкосы и схватки. Рязж представляет собой ящик с вертикальными стенками и сквозным полом. Все стены рязжа образованы венцами из горизонтально уложенных бревен, скрепленных в углах *врубками* (см.); верхние и нижние постели этих бревен стесаны для достижения большей плотности швов. Стенки ящика соединяют горизонтальн. распорками, образующими как бы вертикальные сквозные перегородки. Для укрепления стен рязжа ставят стойки. Рязж заполняют камнем.

Для предохранения опор от действия ледохода устраивают ледорезы. Ледорез состоит из наклонно положенного на сваи бревна (ребра) и двух сходящихся к ребру под углом плоскостей. Плоскости образованы досками или брусьями, поддерживаемыми системой стоек, подкосов и свай. Уклон ребра от 1:1 до 1:2. Этот тип ледореза называется *шatroвым*. При слабом ледоходе и тонких быках ледорезы имеют более простую конструкцию: один ряд свай с наклонным ребром (плоские ледорезы), или кусты свай (палы).

Расчет железнодорожных Д. м. долговременного типа, согласно «Техническим условиям проектирования и сооружения железнодорожных деревянных мостов», производится на наиболее тяжелый состав, который может обращаться на данной линии в период предположенной работы моста, но во всяком случае на нагрузку не ниже схемы О-1925 г. в отношении схем паровоза и тендера и не ниже 7 т на п. м в отношении вагонной нагрузки. Для расчета временных Д. м. на срок не свыше 3 лет принимается самый тяжелый состав, к-рый будет фактически обращаться по мосту. Давление ветра считается равным  $250 \text{ кг/м}^2$  в отсутствие поезда и  $150 \text{ кг/м}^2$  при наличии на мосту поезда. Д. м. под обыкновенную дорогу рассчитываются на нагрузку, специально установлен. для этих мостов. Допускаемые напряжения для деревянных мостов даны в табл. 4 (ст. 525).

Допускаемые напряжения для железных частей в Д. м.: а) на растяжение в болтах, одиночных тязжах и накладках —  $900 \text{ кг/см}^2$ , б) на растяжение в тязжах при 2, 3 и 4 тязжах, работающих совместно, —  $750 \text{ кг/см}^2$ , в) на растяжение тязжей со стяжными муфтами —  $600 \text{ кг/см}^2$ , г) на срезывание заклепок и болтов  $0,8 \times 900 = 720 \text{ кг/см}^2$ . При расчете на одновремен. действие вертикальной нагрузки и ветра допускаемые напряжения повышаются на 15%. Для временных сооружений—повышаются на 20%.

Сжатые части проверяются на устойчивость, при чем коэффициент уменьшения допускаемого напряжения вычисляется по формуле:

$$\varphi = 1 - 0,0069 \frac{l}{i}$$

для значений  $\frac{l}{i} > 5$  и  $< 100$ , и по формуле:

$$\varphi = \frac{\pi^2 E}{s \cdot k_d \cdot \left(\frac{l}{i}\right)^2}$$

для значений  $\frac{l}{i} > 100$ . В этих формулах:  $l$ —длина стержня,  $i$ —радиус инерции,  $E$ —модуль упругости дерева ( $E = 110\,000 \text{ кг/см}^2$  для сосны и дуба),  $k_d$ —допускаемое напряжение на простое сжатие,  $s = 5$ —коэффициент

Табл. 4.— Допускаемые напряжения для Д. м.

Направление усилия	Род напряжения	Сосна		Дуб	
		среднего качества	лучшего качества	среднего качества	лучшего качества
вдоль волокон	Непосредственное растяжение . . . . .	110	130	135	160
	Непосредственное сжатие . . . . .	70	85	85	100
	Непосредственное скалывание . . . . .	12	14	14	16
	Растяжение и сжатие при изгибе . . . . .	80	95	105	125
	Скалывание при изгибе . . . . .	20	25	25	30
	Смятие . . . . .	50	60	60	70
поперек волокон	Срезывание по плоскости, перпендикулярной оси дерева . . . . .	30	35	55	65
	Смятие на ширину, большую половины полной ширины дерева . . . . .	25	30	35	40
	Смятие на ширину, равную или меньшую половины полной ширины дерева . . . . .	35	40	45	55

При расчете сложн. ферм, с несколькими пересечениями раскосов, допускается разложение их на простые системы с делением нагрузки на число систем. Сваи как стойки должны быть проверены на продольн. изгиб. Наибольший допускаемый откос  $e$  в см определяется по формуле:

$$e = n \frac{5 FQH}{2P(P+5F)} \times \frac{Q+0,2q}{Q+q}$$

где  $n$ —число ударов в залоге, которое составляет для ручного копра 20, для машинного и парового—10,  $F$ —площадь поперечного сечения сваи в см<sup>2</sup>,

надежности. Свободная длина сжатых раскосов в фермах Гау= $\mu l$ ,

где 
$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{I_1}{I_0}}}$$

$I_0$ —момент инерции основного сжатого раскоса,  $I_1$ —момент инерции обратного раскоса. Прогоны рассчитываются или как свободные балки или как неразрезные. При расчете составных балок на шпонках коэффициент понижения прочности принимается равным 0,70 для двух брусьев и 0,5 для трех. Давление на опоры определяют в предположении, что прогоны разрезаны на опорах.

Табл. 5.— Примерная стоимость Д. м. под железную дорогу.\*

Система моста	Высота насыпи в м	Стоимость п. м в руб.	Система моста	Высота насыпи в м	Стоимость п. м в руб.
Балочные мосты	1,00	50	Подкосные с балками и опорами	9,0	180
	2,00	90		10,0	195
	3,00	100		11,0	200
	4,00	130		12,0	200
Подкосные с опорами из одиноч. свай	5,00	115	Подкосные в деления	5,0	115
	6,00	120		6,0	120
	7,00	130		8,0	125
	8,00	140		10,0	140
			12,0	150	

\* В расчет стоимости не входит полотно (поперечины, настил, перила, рельсы).

Табл. 6.— Примерная стоимость пролетных строений с фермами Гау, Тауна и Лембке под железную дорогу.\*

Система ферм	Пролет в свету в м	Стоимость п. м пролетн. строения в руб.	Система ферм	Пролет в свету в м	Стоимость п. м пролетн. строения в руб.
Гау	20	250	Лембке	8	60
	30	300		10	65
	40	450		12	90
Тауна	16	115	20	100	
	20		26	150	
			30	175	

\* В расчет стоимости не входит полотно (поперечины, настил, перила, рельсы).

$Q$ —вес бабы в кг,  $P$ —расчетная нагрузка на сваю в кг,  $H$ —высота подъема бабы в см и  $q$ —вес сваи в кг (с подбавком, если таковой применяется).

Срок службы деревянных мостов 8—15 лет. Для предохранения от загнивания применяют осмолку горячей древесной смолой, пропитку разными составами или окраску.

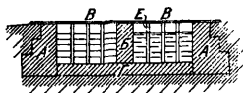
Примерная стоимость деревянных мостов указана в табл. 5 и 6.

Стоимость мостов под обыкновенн. дорогу: небольших отверстий 9—20 р. на м<sup>2</sup> полотна, больших отверстий (200—300 м)—25—50 р. на м<sup>2</sup> полотна (по ценам до 1914 года).

Лит.: Патон Е. О., Восстановление мостов, ч. 3—Таблицы и расценки, Киев, 1924; Патон Е. О., Деревянные мосты, Киев, 1921; Передерий Г. П., Курс мостов, ч. 1—Мосты малых пролетов, М.—Л., 1927; Передерий Г. П. и Гнедовский В. И., Мосты, вып. 1—Деревянные мосты, Л.—М., 1925; Журавский И., О мостах раскосной системы Гау, СПб., 1855—56; Нормы проектирования и сооружения желдор. мостов, «Труды НТК НКПС», М., 1926, вып. 29; «Вопросы деревянного мостостроения», П., 1923, сб. 1; Колокольцов Н. И., Таблицы для расчета деревянных мостов, Москва, 1925; Koll G., Brücken aus Holz, 3 Aufl., Lpz., 1921; Laskus A., Hölzerne Brücken, 2 Aufl., B., 1922; Melan J., Der Brückenbau, B. 1—Hölzerne Brücken, Wien, 1922. Г. Еграфов.

**ДЕРЕВЯННЫЕ ПЛОТИНЫ**, искусственные сооружения из дерева, преграждающие течение воды для различных технич. целей; получили особое распространение на севере, где лес дешев и имеется в изобилии. Значительное количество Д. п. находится на Тихвинской и Мариинской системах. Сельское плотиностроение центральных, северных, западных, а иногда и восточн. округов РСФСР также имеет огромное число примеров Д. п. Большое преимущество их заключается, помимо дешевизны, также и в быстроте их возведения. Указанные выше *плотины* (см.) относятся к категории *раборчатых*, т. е. освобождающих весной сечение реки в месте устройства сооружения. В СССР наибольший подпор Д. п.—3,80 м (Тихвинская система) и 3,20 м (Мариинская система). Надводные части плотин, не соприкасающиеся с водой, сохраняются 15—20 лет; части сооружения, подверженные переменному действию воды и воздуха, служат 8—10 лет. Деревянные части, постоянно находящиеся в воде, вовсе не подвержены порче; однако, *шпунтовые*

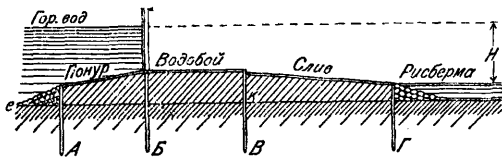
ряды с течением времени подтачиваются водой, фильтрующейся под флотбетом, что установлено обследованием состояния сооружений Мариинской системы при их переустройстве. Сохранность Д. п. сильно зависит от качества леса, идущего на их возведение. Все надводные части должны быть выполнены обязательно из сосны, подводные части м. б. сделаны из ели. Имеются 2 типа Д. п.: 1) Д. п. с постоянными стойками, 2) Д. п. со съёмными стойками. Стойки служат промежуточными опорами для щитов при наличии также постоянных массивных опор—быков, расположенных на расстоянии 8,5—12,5 м одна от другой. Схема сооружения видна на фиг. 1, где Г—основание плотины (флотбет), А—береговые устои и Б—промежуточный массивный бык (быков может быть несколько, а может и вовсе не быть, в зависимости от величины отверстия плотины). Отверстие между массивными опорами подразделяется на части постоянными или съёмными более легкими опорами Е. Полученные т. о. пролеты закрываются съёмными затворами. Через плотину устраивается мост переходной или проезжий и служебный мост В. Применение плотины со съёмными промежуточными опорами (стойками) имеет место:



Фиг. 1.

1) если в пролетах плотины по весенней воде имеется судоходство; 2) если условия ледохода таковы, что оставленным на месте стойкам угрожает повреждение их; 3) если до поднятия весной подпора производится сплав леса через плотину; 4) если весенние воды затопляют плотину.

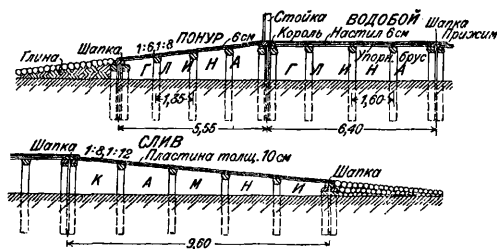
Флотбет плотины состоит из 3 частей: понура, водобоя и слива; ниже слива устраивается каменная рисберма (фиг. 2). Понур имеет назначение удлинить путь фильтрации воды под плотинной, а также укрепить подход к сооружению, устранив опасность подмыва его от больших донных скоростей в паводок. Удлинием пути фильтрации воды под сооружением достигается необходимая потеря напора фильтрационной воды, давящей также на флотбет снизу вверх. Водобой выдерживает давление воды снизу флотбета, а также работает при движении по нему воды, падающей сверху на флотбет



Фиг. 2.

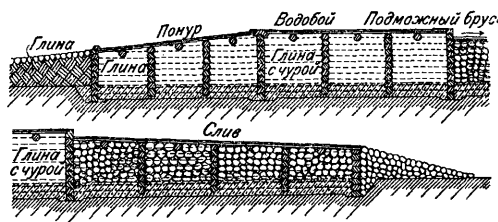
из верхнего бьефа в нижний. Понур и водобой заключаются между шпунтовыми линиями А, Б, В. Слив заканчивается или шпунтовой линией или же рядом часто забитых свай. Перед понуром делается глиняная отсыпь с мощением поверху в целях удлинения пути фильтрации, а ниже слива устраивается каменная рисберма для предохранения дна реки от размыва. Так как слив по своей конструкции водопроницаем,

то полная потеря напора фильтрационной воды под сооружением должна произойти до шпунта В, соответственно чему путь фильтрации следует принимать от е до к. Соотношения между подпором и размерами частей флотбета берутся по нормам, установленным практикой и до настоящего времени не



Фиг. 3.

подвергнутым обоснованным видоизменениям и пересмотру: АВ берется от Н до 2Н; ВВ — от 3Н до 5Н; ВГ — от 6Н до 7Н, где Н—подпор. В этих соотношениях большее значение величин АВ, ВВ и ВГ принимается для грунтов водопроницаемых. Обычно понурная часть делается около 1,5Н, а водобойная в 1,5—2 раза длиннее понурной. Флотбеты делаются свайные, ряжевые и смешанной конструкции. Свайные флотбеты (фиг. 3) устраиваются на грунтах, которые допускают забивку свай (см.), при подпорах не более 2 м и при возвышении свайного флотбета над дном реки не более 1 м. При больших возвышениях флотбета и больших подпорах сваи изгибаются и шпунты растрескаются. Ряжевые флотбеты (фиг. 4)



Фиг. 4.

устанавливаются на основании, не допускающем забивки свай. Смешанные конструкции флотбета делаются в случаях, когда основание допускает забивку свай, но флотбет возвышается над дном реки более чем на 1 м и подпоры—более 2 м.

Шпунты делят на брусчатые и дощатые. К первым принадлежит непрерывный понурный шпунт и королевой шпунт; ко вторым—продольный дощатый шпунт, забиваемый в конце водобойной части; этот шпунт под устоей не проходит. В конце слива устраивается четвертый продольный дощатый шпунт, иногда сплошной (что предпочтительнее), иногда с заменой в пролетных частях рядом свай, забитых частокком. Глубина забивки шпунта зависит от степени водопроницаемости грунта и от сопротивления грунта забивке свай. В существующих Д. п. глубина забивки колеблется в пределах от 1 до 3,2 м; при высоких флотбетах она не менее 2 м. Пространство между шпунтами свайного флотбета заполняется круг-

лыми сваями, забитыми на глубину, отвечающую потребному по расчету откосу. По сваям, забитым в пролетных частях на расстоянии 1,5—2 м центр от центра, располагается ростверк, по которому настилаются полы. Толщина свай 22 см.

В понурной части по прогону настилается двойной пол из досок толщиной 63 мм со швами в перевязку, с проконопаткой смоленой паклей и заливкой варом (пиком). На королевой шпунт кладется пазом на войлоке король, или т. п. ф а х б а у м. На гребни шпунтовых линий одеваются шапки и, в к-рых отсутствует соответственный паз. Шапки кладутся на просмоленном войлоке; они вытесываются из бревен толщиной 25—30 см. Король делается составным из 2 брусев, вытесанных из бревен толщиной 35—40 см. Брусья соединяются между собой в шпунт с прокладкой смоленого войлока и через 1 м связываются взаимно болтами толщиной 2—2,5 см с гайками или же специально изготовляемыми шурупами толщиной 25—38 мм. Обычно король составляется из цельных брусев во весь пролет плотины между массивными опорами; концами своими на 0,5—0,7 м король входит в нарубку этих опор. При отсутствии толстого леса шапки и короли делают составными; при этом шапки сращивают в шпунт с прокладкой просмоленного войлока; брусья короля—прямым или косым зубом с замком. Пол водобоя делают таким же, как и пол понура, или же верхний ряд настилается из пластин, а нижний из досок. Соединение пластин—в четверть, с проконопаткой и заливкой пиком. Сливной пол устраивается или из пластин, прифугованных друг к другу впритык и прибитых корабельными гвоздями длиной 18 см, или же из бревен толщиной 13—18 см с притеской друг к другу и прибитой завершенными болтами длиной 26—30 см и толщиной 2 см. До высоты полов понур загружается глиной с тщательной утрамбовкой; водобой—смесью глины пополам с чурой (хрящ). Слив загружается камнем. Уклон понурного пола делается от 1:6 до 1:8 и сливного—от 1:8 до 1:12.

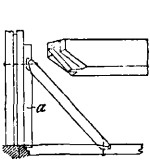
С м е ш а н н ы й ф л ю т б е т, или свайный, с подпольной ряжевой нарубкой принят в плотинах Тихвинской системы. Понурный шпунт повышен, королевой шпунт срезан у дна реки. На его гребень надет ряд брусев, соединенных в шпунт и положенных друг на друга на просмоленном войлоке. На верхний шпунтовый брус одет королевой брус. Пересечение ряжей делают обыкновенной врубкой, углы и пересечения с наружной стеной устраивают в лапу с запотемками. Заполнение ряжевых ящиков грузкой производится так же, как и заполнение соответственных частей флотбета в свайном типе. Конструкция ряжевого флотбета ясна из фиг. 4.

Береговые устои. Ряжевая нарубка устоя имеет своим основанием сваи, забитые в грунт. Под устой проходит королевая брусчатая шпунтовая линия. В случае ряжевого основания нарубка устоя делается на подпольной нарубке, описанной выше. Надпольная часть устоя для всех типов

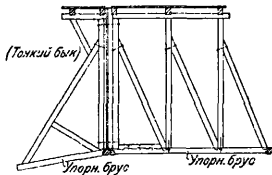
флотбета устраивается одинаковой. Крылья устоя делаются на пороге, при чем они должны входить в коренной берег. При высоте устоя от пола до 4,25 м крылья достаточно делать шириной в 2 ящика, при большей высоте—в 3 ящика. Свыше 6,4 м ряжевых устоев не делают. В существующих типах устоев плотин Мариинской и Тихвинской систем, при высоте их до 6,4 м, условия устойчивости устоя на сдвиг и опрокидывание удовлетворяются при ширине устоя понизу, равной высоте. Кверху ширина устоя может убывать до ширины 1—2 ряжевых ящиков. Над королевым шпунтом, проходящим под устой, ряжевая стенка выполняется из шпунтовых бревен, положенных на просмоленный войлок. Шпунтовая стенка выводится на 40—45 см выше подпорого горизонта. В понурной части, где пол устраивается наклонным, внутренняя ряжевая нарубка делается ступами. К лицевой стене устоя над королем укрепляется т. н. коренная стойка для упора щитовых затворов. Коренная стойка врезается в нарубку и прикрепляется к ней без пазы. В целях облегчения сечения стойки применяют подкос, упирающийся верхним концом в стойку, а нижним—в брус водобойного пола. Коренная стойка соединяется с королем шипом. Ряжевые ящики и пазухи устоев загружаются землей, вынутой из котлована при постройке ряжа. Необходима тщательная утрамбовка. Нельзя загружать ряжевых ящиков глиной во избежание растрескивания в рубок при замерзании глины зимой. Наилучший грунт—песчано-глинистый с содержанием глины до 25%. Передняя и задняя стенки устоя обсыпается землей в виде конуса, к-рый замащивается камнем в плетневых клетках или же двойным рядом камня на мху. Откосы конусов—от 1:1½ до 1:2, в зависимости от рода грунта. Для сильно песчаных грунтов приходится брать еще более пологие откосы—до 1:3. Подошва конуса д. б. укреплена каменной наброской или же фашиной кладкой. Фашиная стенка возвышается над горизонтом воды нижнего бьефа на толщину не менее одного пучка, т. е. 30 см. В случае легко размываемых грунтов фашиная стенка укладывается на фашиный туюфак.

Промежуточные опоры устраивают ряжевые (массивные), стоечные простые и стоечные контрфорсные. Пролет между ряжевыми быками делают не выше 12,75 м. Расстояние между стойками берут в зависимости от типа затвора, но не более 1,8 м. Толщина ряжевого быка делается не менее, чем в два ряжевых ящика ( $\geq 3,2$  м). Длина быка равна длине плотины от понурной до сливной части. Водобойный шпунт при этом под быками не прерывается. Над королевой линией устраивают, как и в устоях, шпунтовый простенок. Нижнюю часть быка до уровня полов загружают таким же материалом, как и соответствующие части флотбета. Ящики быков выше пола загружают так же, как устой; в сливной части ящики быков загружают камнем. Стоечные опоры устраивают 2 родов: простые и контрфорсные (усиленные). Простые опоры являются упором для затворов плотины; усиленные опоры, кроме того, поддерживают балки переходного

моста, подразделяя пролет между быками на более мелкие пролеты для уменьшения сечения этих перекрывающих балок. Простую стойку делают, в зависимости от воспринимаемого ею давления, или составной из двух брусьев или же из одного бруса с доской, направляющей затворы. Составные части стоек соединяют болтами. Нижний конец стойки укрепляют шипом в король и в упор. Последний соединяется зубьями с упорным брусом. Упорный брус укладывают по ростверку водобойного пола. Упор прибывают к упорному брусу заершенными болтами. Верхний конец стойки упирается в балку переходного моста и связывается с этой балкой и такой же, лежащей впереди, винтовым болтом. Для уменьшения сечения стойки, если это требуется по недостатку толстого леса или же по величине подпора, устраивают подкосы (фиг. 5), врубаемые одним концом в подножную стойку и другим—в упорный брус. При больших подпорах или нагрузках усиленная стойка имеет вид, изображенный на фиг. 6.

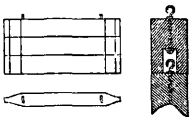


Фиг. 5.

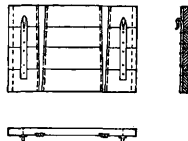


Фиг. 6.

Затворы устраивают шандорные или щитовые. Шандоры—брусья, накладываемые друг на друга по высоте и своими концами входящие в пазы стоек (фиг. 7). Каждый брус имеет два крюка, входящих в особые гнезда, выбранные в брусьях. Шандоры применяются в Д. п. при пролетах до 4 м и подпорах до 2 м. Наиболее распространенные затворы—щитовые, состоящие из отдельных щитов, имеющих длину до 1,6 м и высоту до 1 м. Доски щита соединены в четверть и связаны двумя шпонками (фиг. 8). Толщина досок берется по расчету не более 7—10 см; четверти в стойках делаются ок. 5 см, что требует подтески толстых досок у опор. Переходный мост устраивается иногда проезжим; при этом его ширина доходит до ширины водобойной части



Фиг. 7.

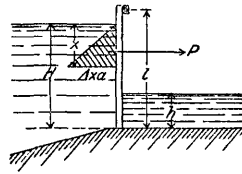


Фиг. 8.

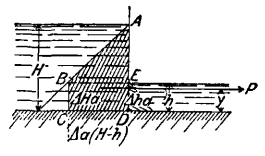
(обычно до 4 м); пешеходный же мост, при отсутствии проезжего, делается над водобойной частью плотины и берется шириной не более 3 м. Над понурной частью плотины непосредственно выше короля (по течению) устраивается служебный мостик для удобства маневрирования затворами плотины. Для подтема и опускания щитов пользуются воротом. Катучий ворот называется «бараном». Для ограждения плотины от ледо-

хода устраиваются или кусты свай или ледорезы, располагаемые т. о., чтобы лед в пролеты направлялся уже в размельченном состоянии, не опасном для стоек.

Расчет частей Д. п. Давление воды (фиг. 9). Пусть вес 1 м<sup>3</sup> воды— $\Delta$  кг, длина стойки от фахбаума до середины



Фиг. 9.



Фиг. 10.

переходного бруса— $l$ , расстояние между осями стоек— $a$ . Тогда давление воды на стойку на протяжении  $x$  равно

$$P = \frac{\Delta \cdot a \cdot x^2}{2}$$

Давление воды на стойку со стороны напора:

$$P_1 = \frac{\Delta \cdot a \cdot H^2}{2}$$

а со стороны нижнего бьефа

$$P_2 = \frac{\Delta \cdot a \cdot h^2}{2}$$

Полное давление воды на стойку, выражающееся площадкой  $ABCD$  (фиг. 10), равно

$$P_1 - P_2 = \frac{\Delta \cdot a (H^2 - h^2)}{2}$$

а точка приложения равнодействующей давления воды  $P$  отстоит от низа стойки на

$$y = \frac{H^2 + h^2 + H \cdot h}{3(H + h)}$$

что вытекает из равенства статических моментов относительно оси  $CD$ :

$$(ABCD) \cdot y = (BCDE) \cdot \frac{BC}{2} + (BAE) \cdot (BC + \frac{AE}{3})$$

После подстановки имеем:

$$\frac{\Delta \cdot a (H^2 - h^2) \cdot y}{2} = \Delta \cdot a (H - h) \cdot h \cdot \frac{h}{2} + \frac{\Delta \cdot a (H - h)^2}{2} \left( h + \frac{H - h}{3} \right)$$

а после упрощений

$$y = \frac{H^2 + h^2 + H \cdot h}{3(H + h)}$$

Когда подпора снизу нет, имеем:

$$h = 0 \text{ и } P = \frac{\Delta \cdot a \cdot H^2}{2}$$

при  $y = \frac{H}{3}$ .

Стойки без подкоса (фиг. 11). Уравнение моментов сил, действующих на стойку, взятых относительно точки  $A$ , имеет вид:  $P(l - y) - R' \cdot l = 0$ , откуда реакция

$$R' = \frac{P(l - y)}{l}$$

или (см. выше)

$$R' = \frac{\Delta \cdot a (H^2 - h^2)}{2l} \left[ l - \frac{H^2 + h^2 + H \cdot h}{3(H + h)} \right] = \Delta \cdot a \left( \frac{H^2 - h^2}{2} - \frac{H^2 - h^2}{6l} \right)$$

Очевидно,

$$R = \frac{\Delta \cdot a (H^2 - h^2)}{6l}$$

Изгибающий момент в сечении  $x-x$

$$M_x = -R(l-x) + \frac{p(H-h)}{2} \left( h-x + \frac{H-h}{3} \right) + \frac{p(h-x)^2}{2},$$

где

$$p = \Delta(H-h)\alpha,$$

$$\frac{dM_x}{dx} = R - \frac{p(H-h)}{2} - ph + px.$$

$M_{max}$  найдем для  $x$  из условия  $\frac{dM_x}{dx} = 0$ , или

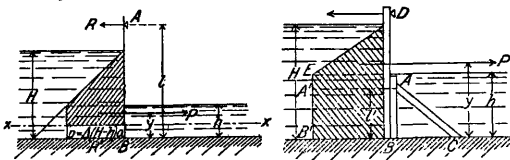
$$R - \frac{p(H-h)}{2} - ph + px = 0,$$

откуда

$$x = \frac{p(H+h) - 2R}{2p}.$$

Подставив вместо  $p$  и  $R$  их значения, найдем  $x$ , а по  $x$  находим  $M_{max}$ .

Стойки с подкосами. Назовем  $y$  расстояние до фахбаума от точки приложения равнодействующей давления воды на



Фиг. 11.

Фиг. 12.

стойку;  $l'$ —расстояние середины верхнего сечения подкоса до фахбаума. Рассмотрим три случая:

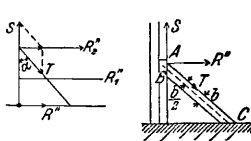
1)  $l' < y$ , 2)  $l' > y$  и 3)  $l' = y$ .

Чтобы выполнить свое назначение, подкос должен обладать большой жесткостью, трудно достижимой при наличии деревянных врубок. Поэтому расчет подкоса ведется при самых невыгодных предположениях о его нагрузке.

1)  $l' < y$  (фиг. 12). На голову подкоса  $A$  действуют следующие нагрузки: половина давления воды  $ABB'A'$ , равная  $\frac{R_1'}{2}$  и приходящаяся на точку  $A$  часть давления воды  $ADEA'$ , равная  $R_2'$ . Расчетное давление воды на голову подкоса  $A$  (фиг. 13) равно:

$$R'' = \frac{R_1'}{2} + R_2'.$$

Вертикальная составляющая этого давления  $S = R'' \text{ctg } \alpha$ , а составляющая, сжимающая подкос,  $T = \frac{R''}{\sin \alpha}$ , где  $\alpha$ —угол наклона под-



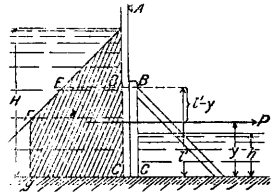
Фиг. 13.

Фиг. 14.

кос, подвержен еще и изгибу с моментом  $M' = T \cdot \frac{b}{2}$ .

Наибольшее напряжение в подкосе равно  $\frac{T}{\omega} + \frac{M'}{W}$ , где  $\omega$ —площадь поперечного сечения подкоса и  $W$  момент сопротивления этого сечения. Рассчитанный т. о. подкос будет достаточно жестким; поэтому можно считать опоры  $A$  и  $B$  (фиг. 12) неподвижными и определять давление стойки на прогон моста

в точке  $D$  как реакцию неразрезной балки  $BAD$  на трех опорах, нагруженной давлением воды. Сечение стойки следует определять по наибольшему изгибающему моменту. Чтобы избежать сложного расчета, без ущерба для дела, можно давление на прогон в точке  $D$  и сечение стойки найти из расчета балки  $AB$  на двух опорах, нагруженной соответственной частью давления воды.



Фиг. 15.

2)  $l' > y$  (фиг. 15). В этом случае систему  $BBC$  можно рассматривать как двойную балку на 2 опорах, нагруженную равнодействующей давления воды на стойку:

$$P = \frac{\Delta \cdot \alpha (H^2 - h^2)}{2}.$$

Давление воды на голову подкоса в  $B$ :

$$R'' = \frac{P \cdot y}{l'};$$

давление, передаваемое низом стойки:

$$R_1' = \frac{P(l' - y)}{l'}.$$

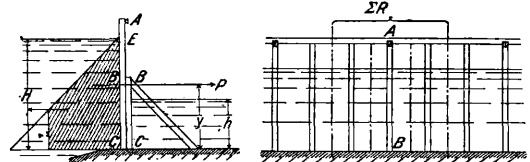
Затем определяется наибольший изгибающий момент. Полученное в дальнейшем сечение стойки сравнивается с расчетным сечением подкоса и выбирается большее.

3)  $l' = y$  (фиг. 16). Подкос рассчитывается на действие сил в предположении, что на голову подкоса  $B$  действует равнодействующая давления воды на стойку

$$P = \frac{\Delta \cdot \alpha (H^2 - h^2)}{2}.$$

В дальнейшем стойка рассчитывается как неразрезная балка на трех опорах  $A, B$  и  $C$  (обозначения те же).

Контрфорсные стойки. Контрфорсная стойка воспринимает давление воды



Фиг. 16.

Фиг. 17.

непосредственно от одного пролета и через посредство прогонов давление воды смежных пролетов. Давление воды, передаваемое одной стойкой прогону моста,

$$R = \frac{\Delta \cdot \alpha (H^2 - h^2)}{6l}.$$

Для случая, изображенного на фиг. 17 и 18, когда число пролетов между контрфорсными стойками  $n = 3$ , давление, передаваемое голове контрфорсной стойки в  $A$ , равно:

$$\Sigma R = R + R(n-1) = n \cdot R.$$

Давление  $\Sigma R$  передается в данном случае 3 узлами:  $C, D, E$ . На каждый узел примем горизонтальное усилие

$$r_1 = r_2 = r_3 = \frac{\Sigma R}{3}.$$

Сжимающее подкос усилие

$$T_1 = T_2 = T_3 = \frac{\Sigma R}{3 \sin \alpha},$$

где  $\alpha$ —угол наклона подкоса к стойке. На

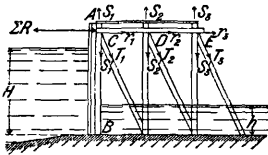
стойки действуют силы  $S'_1$ ,  $S'_2$  и  $S'_3$  от веса переходного моста и временной на него нагрузки. Наибольший момент, изгибающий переднюю часть контрфорсной стойки  $AB$ , найдется по ф-лам для  $M_x$  и  $x$ , приведенным выше; эта часть стойки рассчитывается как двойная балка с моментом сопротивления, равным сумме моментов сопротивления составных ее частей. При расчете подкосов вводится момент, получающийся от внецентренности приложения силы  $T$ , равный  $M' = T \cdot \frac{b}{2}$ , где  $b$ —ширина сечения подкоса.

Коренная стойка, т. е. стойка у стен массивных опор. В этом случае расчетное давление воды соответствует половине пролета между стойками, т. е.

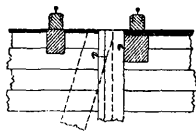
$$P = \frac{\Delta \cdot a(H^2 - h^2)}{4}.$$

В остальном расчет ведется так же, как изложено выше.

Прогон переходного моста, поддерживающий стойки, подвержен действию горизонтальных сил, передающихся верхними концами стоек, и вертикальных сил, передающихся от настила моста. Расчет сечения ведется по формулам косоугольного изгиба.



Фиг. 18.



Фиг. 19.

Прочные размеры прогона м. б. уменьшены передачей части горизонтальных усилий на все прогоны переходного моста при помощи  $n$  поперечин с уменьшением действующей на прогон горизонтальной силы в  $n$  раз.

Плотины со съёмными промежуточными опорами требуют большего времени для разборки и сборки по сравнению с плотинами, имеющими постоянные стойки. Зато в первом случае ледоходовсе не повреждает пролетные части. Сплав дров вполне допустим через отверстие плотины, однако сплав бревен не должен иметь места, во избежание серьезных повреждений плотины. Флютбеты таких плотин устраиваются аналогично описанному выше. Для упора нижних концов съёмных стоек к королю прибивается порог. Для удобства установки стоек на место, перед порогом плотины по полу понура устраиваются направляющие тр-ки, состоящие из брусчатой рамы высотой, равной высоте порога. Рама прибивается к королю и полу корабельными гвоздями. В брусках рамы с внутренней стороны вынимаются четверти, к к-рым прибивается дощатая обшивка в один ряд досок толщиной 3,8—5,0 см. Швы между досками проконопачиваются и заливаются пиком. Промежуточные стойки, в зависимости от подпора, делаются из 1 или 2 брусков, с выемкой в брусках пазов для закладки щитов. Для наибольшего использования материала и получения стоек меньшего веса, бревна для стоек обрабатываются с обли-

винами. Нижним концом стойки входят в промежутки между смежными направляющими тр-ками и упираются в порог плотины, а верхним концом упираются в прогон переходного моста (фиг. 19). Стойки опускаются на место и вытаскиваются с переходного моста при помощи передвижных воротов. Для привязывания к стойкам снастей при маневрировании ими служат крючья, ввинченные в концы стоек. Примером плотины со съёмными стойками может служить Херсонская плотина на р. Тихвинке.

Лит.: Анисимов Н. И., Плотины, ч. 2, М., 1924; Петрашев И. В., Отчет о переустройстве Вюртембергской системы, М., 1923. Н. Анисимов.

**ДЕРЕВЯННЫЕ ТРУБЫ.** Первые Д. т. представляли бревна с выжженными или просверленными отверстиями. Затем, когда встретилась надобность проводить воду под большим напором, дерево было заменено металлом. В настоящее время в Америке, Зап. Европе и в СССР снова стали применять Д. т. больших размеров, приготовленные по американскому методу из планок или клепок, для проведения воды под давлением до 10 atm. При правильном устройстве Д. т. очень долговечны, они не подвергаются действию электролиза, кислот и щелочных жидкостей, изменением  $t^\circ$  проводимой воды и даже, будучи проложены по поверхности, предохраняют воду от мороза и тепла. Сопротивление движению воды в таких трубах не увеличивается с течением времени, как



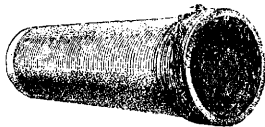
Фиг. 1.

это происходит в металлич. трубах. Д. т. применяются по преимуществу в лесистых районах, где дерево дешево, или в тех местах, где применение металлических труб по условиям перевозки обходится очень дорого. Кроме того, Д. т. имеют преимущество в тех случаях, когда приходится под небольшим напором проводить большое количество воды и где поэтому металлические трубы являются излишне толстостенными и, следовательно, экономически невыгодными. Старый тип сверленных труб из бревен встречается еще и теперь при проводке труб небольших диаметров (от 50 до 150 мм); длина таких труб ок. 3—4 м. Бревна по концам и середине крепятся железными хомутами. Соединение таких труб делается посредством пазов или металлических муфт. Боковые ответвления делаются посредством специальных чугунных фасонных частей, имеющих муфтовые или раструбные соединения, в которые вгоняются концы Д. т. На фиг. 1 показан новый тип труб из клепок или брусков, стянутых проволокою.

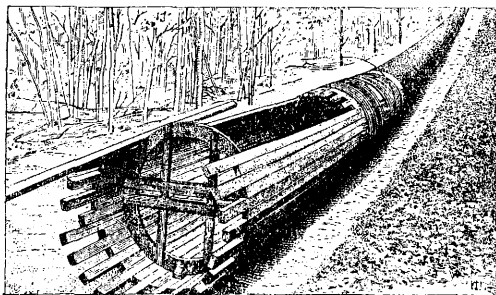
Трубы из деревянных клепок изготавливаются двумя способами: машинным—на 3-дах или ручным—на месте укладки. По первому способу, клепки длиной до 6 м собираются в особых станках по круглому шаблону диам. 100—1 200 мм в виде цилиндра, плотно сжимаются и затем при сильном натяжении спирально обертываются круглой или плоской стальной проволокой в несколько рядов. Такие отдельные трубы тщательно покрываются горячей асфальтировкой и затем



сохраняются в штабелях на складах 3-дов. Трубы соединяются между собой посредством деревянных же муфт, которые делаются также из клепок и насаживаются на концы труб (фиг. 1 и 2). Другой способ изготовления сплошных Д. т. состоит в том, что приготовленные на 3-де клепки доставляют к месту работ и здесь уже, непосредственно в канавах, на особом шаблоне или на бетонных ребрах-фундаментах собирают непрерывный трубопровод любой длины (фиг. 3, 4 и 5). Концы клепок располагают вперевязку, а самые клепки скрепляют и сжимают обручами-хомутами, располагаемыми на известных расстояниях в зависимости от давления, под которым

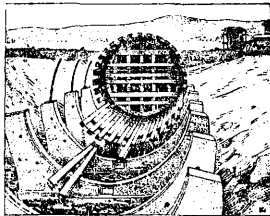


Фиг. 2.



Фиг. 3.

должна двигаться вода в трубах. Герметичность торцевой части клепок достигается вставкой на некоторую глубину в торец стальных пластинок. Д. т. диам. до 4,2 м применяются для давлений до 10 atm; при этом, чем диаметр больше, тем допускаемое давление меньше. В тех местах трубопровода, где приходится вести воду под давлением, большим допускаемого, делается переход на металлическую трубу (фиг. 6). Непрерывную сплошную трубу возможно уложить



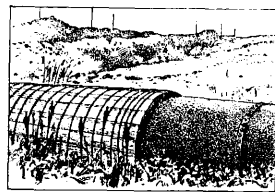
Фиг. 4.

с радиусом поворота, равным 90-кратному диам. трубы, без употребления отводов. При необходимости устройства более крутых поворотов или постановки на трубах деревянных резервуаров (из клепок) или задвижек применяются специальные фасонные части (фиг. 7, 8 и 9). Если встречается необходимость по пути перейти с одного диаметра на другой, то это производится посредством применения конических клепок. Д. т. прокладываются по наружной поверхности земли, следуя складкам местности, или прокладываются в земле; они не боятся блуждающих токов и потому м. б. прокладываются рядом с трамвайными линиями. Д. т. диам. в 4,2 м является в настоящее время самой большой. Хотя на такую трубу для стягивания ее обручами идет

много металла, но металлическая труба того же диаметра весила бы больше, чем употребленные на деревянные трубы металлические обручи.

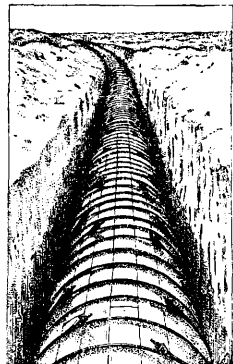
Клепки для Д. т. готовят из калифорнийского красного дерева, секвой, дугласовой пихты (oregon pine), канадской сосны, кипариса. В СССР для Д. т. применяют сосну, ель и лиственницу. Дерево должно быть чистое, прямоствольн., без сучков и хорошо выдержанное. На практике размеры клепок варьируют от 32 × 100 мм до 75 × 200 мм. Обручи-хомуты делают из мягкой стали хорошего качества, гальванизировали покрывают асфальтом. Наибольшее расстояние между обручами практически допускается от 250 до 300 мм. Сечение хомутов должно соответствовать внутреннему водяному давлению и давлению от разбухания дерева, которое достигает 2—3%. Расстояние между хомутами д. б. выбрано с таким расчетом, чтобы не могло получиться прогибания клепок, так как это может вызвать утечку воды. Кроме того, при выборе размеров сечения обручей следует заботиться, чтобы от сильного их сжатия не нарушилась целостность волокон дерева. Обручи шириной менее 20 мм на практике не применяются. Концы обручей с винтовыми нарезками вставляются в обоймы чугунных башмаков и подтягиваются посредством гаек.

Долговечность Д. т. зависит, гл. обр., от качества материала, степени насыщения и характера почвы.



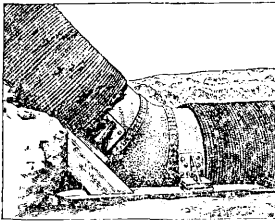
Фиг. 6.

В благоприятных условиях Д. т., как обнаружено раскопками, оставаясь в земле более 125 лет, сохранились неповрежденными. В тех случаях, где давление в трубах недостаточно, чтобы вода всегда проникала во всю толщину стенок труб, срок службы Д. т. должен исчисляться приблизительно в 30 лет; в сухих рыхлых грунтах от 10 до 15 лет. Если клепки предварительно подвергать креозотированию, то Д. т. остаются в хорошем состоянии в течение долгого времени даже и в рыхлых грунтах. Расход воды на постоянное пропитывание дерева и потерю через наружную поверхность трубы следует считать равным, в нормальных условиях, ~ 50 л на каждые 25 мм диаметра трубы, на протяжении 1 км, в 24 часа. Деревянные трубы из клепок диаметром от 300 до 500 мм рекомендуется применять для давлений до 7 atm, диаметром от 600 до 1 000 мм—для давлений от 6,5 до 4 atm, а трубы диам. от 2 000 до 3 000 мм—только для давлений не свыше 2,5 atm.



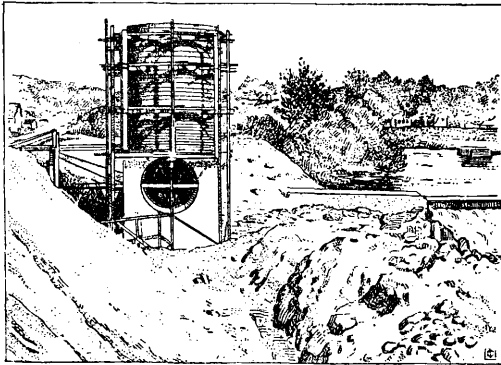
Фиг. 5.

Д. т. не боятся мороза и потому могут прокладываться в земле на значительно меньшей глубине, нежели металлические; они не подвергаются ржавлению и химич. воздействию протекающей через них жидкости.



Фиг. 7.

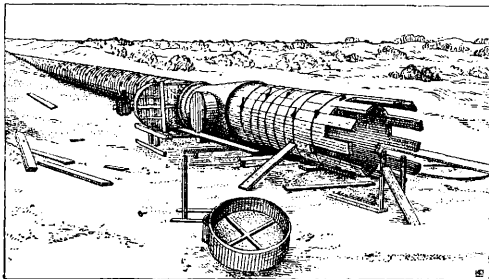
В солончаковой почве и в грунтах, насыщенных кислотами (как на территории химических заводов) или минеральными водами (как на курортах) применяют дерев. трубы машинного изготовления, при чем поверхность их покрывается толстым слоем асфальтовой массы, в к-рую д. б. погружены спиральные проволочные обмотки. Трубы с асфальтовой



Фиг. 8.

покрышкой (пока последняя еще не застыла) прокатываются в деревянных опилках, чтобы лучше уплотнить асфальтовую массу.

По америк. данным, Д. т. обходятся почти на 45% дешевле чугунных. По данным НКЗ, Д. т. диам. 50—750 мм с машинной обмоткой для среднего давления (4 atm) обходятся



Фиг. 9.

дешевле чугунных труб на 20—25%. При прокладке и сборке получается также значительная экономия, ибо Д. т. прокладываются в земле на меньшей глубине, чем чугунные, при рытье канав не требуется сложных креплений, обращение с трубами требует меньшей рабочей силы, заделка соединений производится без свинцовой заливки, и т. п. Однако, означенные экономическ. преимущества м. б. получены лишь в том случае, когда самые Д. т. изготовлены с возможной тща-

тельностью и аккуратностью, а сборка на месте производится людьми, имеющими достаточный опыт в этом деле. Д. т. должны получить широкое применение при устройстве длинных непрерывн. трубопроводов для подведения воды с далеких расстояний в целях водоснабжения населенных мест, гидравлич. станций, а также орошения земель.

Лит.: Розов П. А., Деревян. трубы, «Америк. технина», Нью Йорк, 1925, 8, 9; Дроздов В. А., Дерев. водопров. трубы из кленок по америк. способу, М., 1927; его же, Дерев. колодезные насосы и сверленные водопр. трубы, М., 1923; Turneaure F. E. a. Russe H. L., Public Water Supplies, N. Y., 1924; Bundschu F., Druckrohrleitungen, Berlin, 1926; Flinn A., Weston R. a. Bogert C., Waterworks Handbook, N. Y., 1927. В. Дроздов.

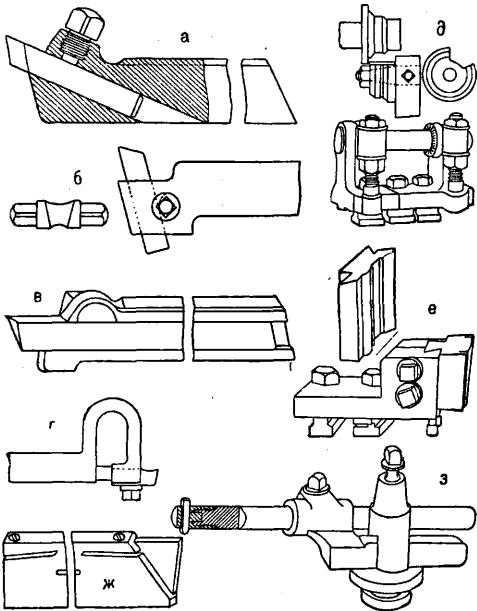
**ДЕРЕЗА**, мелкие кустарники из сем. *Rapilionaceae*, например, *Sarothamnus scorarius* Koch, *Cytisus austriacus* L., *Caragana frutescens* D C, и из сем. *Solanaceae*—*Lucium barbarum* L. Из этих растений наибольшее значение имеет *Sarothamnus scorarius*, кустарник высотой от 1 до 3,5 м, произрастающий на песчаных местах в южн. и ю.-з. областях европ. части СССР. Волокна его коры могут служить в качестве суррогата пеньки, кора—для изготовления бумаги, а листья и почки—в качестве приправы к кушаньям. Низкорослый кустарник *Lucium barbarum* служит на юге для создания живых изгородей. Дерезняками называют в южных степях европ. части СССР также заросли низкорослых кустарников, состоящие из *Caragana frutescens* D C, *Amygdalus nana* L., *Spirea crenata*, *Prunus chamaecerasus*, *Cytisus biflorus* L'Herit.

Н. Кобранов.

**ДЕРЖАВКИ РЕЗЦОВЫЕ**, оправки из подложной стали, в к-рые вставляются короткие куски быстрорежущей стали, служащие резами. Применяются они для обработки металлов вместо обыкновенных резцов как в целях экономии дорогой быстрорежущей стали и упрощения точки (однорезцовые державки), так и для уменьшения времени обработки (многорезцовые державки). Ординарные Д. р. делаются из обыкновенной углеродистой стали, обычно путем отковки в матрицах, и снабжаются приспособлением для зажима короткого куска инструментальной или быстрорежущей стали, служащего резцом. По расположению реза различают три рода Д. р.: а) с горизонтальным расположением вставного реза, б) с наклоном, равным углу верхней рабочей поверхности реза, и в) с уклоном, равным углу передней заточки. В первом случае приходится шлифовкой выработать всю форму острия, в обоих последних—точат лишь торцовую поверхность вставного реза. Д. р. первого типа применяются, гл. образом, для отрезных резцов (фиг. 1, в), а также при поточном производстве, т. к. они позволяют обрабатывать различными вставными резами разные материалы. Для массового производства более пригодны Д. р. двух последних типов, при чем, однако, для обработки различного рода материалов требуются различные Д. р. с соответственным уклоном реза (см. *Резцы*). Укрепление вставного реза в Д. р. должно допускать возможность установки его по высоте и обеспечить достаточную неподвижность реза во время работы; для этого, кроме надежного за-

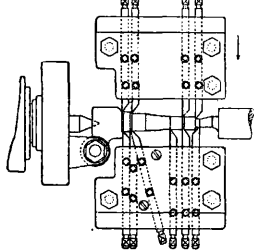
жимного приспособления, необходимо уменьшить, насколько возможно, свес резца и Д.р.

Число форм Д. р. весьма велико. На фиг. 1 приведено несколько типичных примеров Д. р.: а—для тяжелых работ на токарных и строгальных станках, б—с эксцентриковым самозатягивающимся зажимом, в—отрезная, г—пружинная, д—для круглых



Фиг. 1.

фасонных резцов, е—для тангенциальных фасонных резцов, ж—державка, в к-рой зажим резца производится непосредственно инструментальным зажимом супорта, з—державка для внутренней расточки. При массовом производстве часто применяются многорезцовые державки, обрабатывающие за один ход супорта всю поверхность предмета, подлежащую обточке в один зажим. На фиг. 2 изображена обработка осевой шейки переднего колеса автомобиля с помощью двух Д. р.: одной—для продольной, другой—для поперечной обточки. Корпус этих Д. р. делается или излучшего плотного чугуна или из стального литья. Наиболее широкое применение нашли себе многорезцовые державки в револьверных и автоматических токарных станках. Преимуществами однорезцовых державок являются:



Фиг. 2.

значительное облегчение точки его и безусловная, не зависящая от рабочего точность углов лезвия. Первое почти утратило свое значение со времени введения резцов с наваренными лезвиями из быстрорежущей стали или стеллита. Недостатком Д. р. является значительно худший отвод тепла и уменьшенная жесткость сравнительно с цельными резцами равного сечения. Поэтому при-

менение Д. р. для тяжелых токарных и строгальных работ является нецелесообразным.

Лит.: Гиплер В., Токарное дело и его инструменты в современном производстве, Берлин, 1922; Reinold J., Spannabhebende Werkzeuge für d. Metallbearbeitung u. ihre Hilfseinrichtungen, «Schriften d. Arbeitsgem. deutsch. Betriebsing.», В. 3, Berlin, 1925; Simon E., Die Schneidstähle, 2 Auflage, В., 1919, 3 Aufl. (in Vorb.), В.; Machinery's Encyclopedia, v. 6, p. 297—300, N. Y., 1925.

**ДЕРИВАЦИЯ**, явление отклонения траектории полета продолговатого, вращающегося вследствие нарезов в канале оружия снаряда от плоскости стрельбы, т. е. вертикальной плоскости, проходящей через ось канала. Д. является результатом сопротивления воздуха и вращения продолговатого снаряда вокруг оси фигуры во время полета (см. *Баллистика*). В авиации при бомбометании (см.) с самолета для придания бомбе при падении большей устойчивости применяется винтовой стабилизатор, сообщаящий снаряду вращение вокруг продольной оси его; сопротивление воздуха и вращение бомбы вызывают также Д., т. е. отклонение траектории падения от плоскости метания. В орудиях и винтовках с нарезкой, идущей слева вверх направо, при расположении центра сопротивления воздуха между ц. т. и вершиной снаряда, Д. при прицельной стрельбе происходит в сторону вращения снаряда, т. е. вправо от плоскости стрельбы. Д. называют не только явление отклонения снарядов, но и самую величину этого отклонения. Чем больше крутизна нарезки и чем круче траектория, тем больше Д.; кроме того, Д. увеличивается с увеличением дистанции стрельбы, но не пропорционально ей, а быстрее. Д. является величиной вполне определенной для каждого орудия и его снаряда на данную дистанцию и м. б. учтена перед выстрелом; для этого ось орудия направляют левее линии прицеливания, пользуясь для наводки прицелом, смещенным относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось орудия, в сторону противоположную Д. (Величины перемещений прицела имеются в особых таблицах стрельбы, составленных для каждого рода орудий и для различных дистанций стрельбы.) При стрельбе из винтовки на среднюю дистанцию, Д. пуль вправо почти парализуется влиянием примкнутого штыка, благодаря которому дуло оружия при выстреле, до вылета пули, несколько отклоняется влево: примкнувший с правой стороны штык перемещает ц. т. винтовки вправо от оси ствола, вследствие чего равнодействующая давления пороховых газов, направленная по оси ствола, дает поворачивающий момент, отклоняющий дуло винтовки влево. На малых дистанциях стрельбы отклонения пуль влево от влияния примкнутого штыка настолько значительны, что вызывают необходимость смещения мушки влево от вертикальной плоскости, проходящей через ось канала ствола, на некоторую определенную величину. При стрельбе из винтовки без штыка и с примкнутым штыком на большие дистанции, для попадания необходимо, учитывая Д., прицеливаться в точку, лежащую левее цели.

Лит.: Козловский Д., Артиллерия, кн. 2, М.—Л., 1927; Нилус и Марквич, Полный курс артиллерии, вып. 3, П., 1916; Graetz C., Lehrbuch der Ballistik, В. 1, Berlin, 1925.

А. Знаменский.

**ДЕРМАТИН.** 1) Д., дерматоид, род односторонней клеенки, изготовленной на касторовом масле и применяемой во многих случаях в качестве заменителя кожи. Д. применяется для обивки мебели, сидений в экипажах и в частности в аэропланах, обивки стен в комнатах, ж.-д. вагонах и т. д., для книжных переплетов и различных поделок. Из общих требований, предъявляемых к Д. как клеенке (см.), особенное значение имеет требование эластичности и прочного приставания мастики к волокнистой основе Д. Подвергаясь постоянному изгибанию, изменению и растяжению, мастиковая пленка Д. не должна трескаться и отделяться от ткани, на которую наложена. Д. изготовляют из бязи или другой хл.-бумажной ткани, которую предварительно грунтуют крахмальным клеестером так, чтобы мастика не проникла сквозь ткань, но вместе с тем впитывалась ее поверхностью. На просохшую загрунтованную ткань наносят мастику из краски, растертой на касторовом масле, и раствора нитроцеллюлозы или целлона в амилацетате; амилацетат для удешевления иногда заменяют ацетоном или кетоновым маслом, но последнее вызывает у рабочих головную боль. Нитроцеллюлоза получается либо с артиллер. складов (испорченный порох), либо из старых кинофильм. Наложение смеси производится без нагрева, при помощи особой машины—ш п а н р а м ы. Через некоторое время поверхность мастики покрывают копаловым лаком, наносимым «из-под ножа» (при помощи ракля). После засыхания лака по Д., при помощи нагретых калаандров, выдавливается узор. Если Д. многоцветный (напр., обои), то вторая и последующие краски наносятся, уже после лакировки, разведенными тоже на копаловом лаке. Д. с вытесненными выпуклыми узорами называется дерматин-гранитом или просто гранитом. В СССР Д. производится заводом в Кунцево, под Москвой.

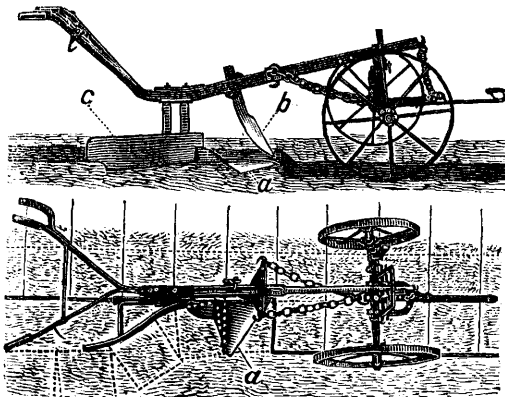
Лит.: «Kunststoffe», München, 1919—20.

2) Д., минерал, близко стоящий к змеевику. Имеет бурый или зеленый цвет, жирный блеск, почковидную форму. Встречается на змеевиках (Вальдгейм в Саксонии). Содержит закис железа.

П. Флоренский.

**ДЕРНОРЕЗ**, особый вид *плуга* (см.), предназначенный для нарезания дернины с целью обкладки ею земляных откосов (д е р н о в к а) для укрепления их от оползания. Д. имеет горизонтальный треугольный лемех *a* (фиг. 1), подрезающий пласт дернины, и нож *b*, отрезающий дернину сбоку. Отрезанный пласт отводится в сторону вертикально поставленной доской *c*, соответствующей отвалу обыкновенного плуга и имеющей изогнутую цилиндрич. поверхность, по которой пласт скользит отрезанным краем; в других Д. ставится плоская доска под углом 40° к направлению движения. Отрезанный Д. пласт дернины м. б. скатан рулоном и легко перенесен на место одерновки. Если желательно нарезать дерн прямоугольными пластинами, то по поверхности луга пропускают в одном направлении ножевое орудие—*скарификатор* (см.), к-рый наносит вертикальные прорезы на желаемом расстоянии друг от друга, а затем перпендикулярно ходу ска-

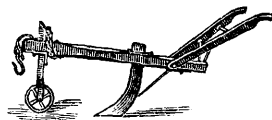
рификатора пускают Д. и получают прямоугольные шашки дернины требуемого размера, напр., 25×35 см. Д. дает в соединении со скарификатором гораздо более производительную работу и более правильной формы шашки, чем это м. б. достигнуто помощью ручного заступа. Представленный на



Фиг. 1.

фиг. 1 Д. присоединяется вместо плужного корпуса к грядилу и передку сакковского плуга, точно так же, как и рама со скарификаторными ножами.

Д. называют также орудие (фиг. 2) для разрезания дернины и древесных корней на участках из-под леса с целью облегчения дальнейшей обработки, по чаще последнее орудие носит название резака, или л у г о р е з а, так как состоит из одного массивного ножа, прикрепленного к грядилу с упряжным крюком; для управления служат ручки, а для устойчивости хода и перевозки—колесо, устанавливаемое на высоту, соответствующую глубине хода ножа.



Фиг. 2.

Лит.: Дебу К. П., Луговые орудия, СПб, 1912; Черняев В., Земледельческие орудия и машины, СПб, 1875; Streckler W., Die Kultur d. Wiesen, 3 Aufl., В., 1914.

Б. Кривль.

**ДЕСЕНСИБИЛИЗАЦИЯ**, понижение светочувствительности фотографических пластинок, достигаемое предварительн. обработкой экспонированных фотопластинок в растворе десенсибилизатора или прибавлением последнего к готовому раствору проявителя. После чего проявление можно вести при ярком желтом свете или при свече, а не при темном красном свете, как обычно. Первые попытки Д. были сделаны Людвигом (1903 г.), применившим коксин, и Люмьером и Зейфетцом (1904 г.), предложившими т. н. хризосульфит—смесь пикрата магния и сульфита. Фрейд (1910 г.) предложил другой (химич.) метод понижения светочувствительности бромистого серебра посредством перевода его в менее светочувствительное иодистое серебро. Однако, этот метод, даже в улучшенном Ренвиком виде, не имел большого практическ. значения. Исследования Люппо-Крамера показали, что светочувствительность бромистых пластинок сильно понижается

при обработке нек-рыми проявляющими веществами и что очень незначительные следы продуктов окисления проявляющих веществ (хиноны и подобные им вещества) являются ослабителями светочувствительности. Практически, по Люппо-Крамеру, Д. амидолом достигается след. образом: растворяют в дистиллированной воде амидол (0,05%) и дают ему в течение суток окислиться на воздухе до сильно-красного окрашивания, после чего к этому раствору прибавляют сульфит (сернистокислый натрий) из расчета 3 г на 100 см<sup>3</sup> раствора амидола, при чем происходит изменение цвета, но не обесцвечивание. Если к обыкновенному раствору амидолового или метол-гидрохинонового проявителя прибавить вышеуказан. раствор окисленного амидола (на 100 см<sup>3</sup> проявителя—30 см<sup>3</sup> 0,05%-ного раствора окисленного амидола), то по прошествии одной минуты после погружения в проявитель экспонированной фотопластины дальнейшее проявление можно вести уже при более ярком желтом свете.

Кроме амидола, Люппо-Крамер исследовал и целый ряд других веществ, но они, как видно из следующей таблицы, обладают значительно меньшей десенсибилизирующей способностью; цифры обозначают светочувствительность фотопластинок до обработки и после нее по сенситометру Эдер-Гехта (Eder-Hecht).

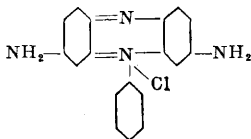
Контрольн. фотопластины (не обработ.)	74—76
Пирокатехин	63
Глицин	66
Пирогаллол	64
Параамидофенол	64
Эдиол	52
Метол	46
Амидол (без сульфита)	26

Десенсибилизирующее действие красящих веществ (рядов сафранина и азина) видно из следующей таблицы; цифры определяют чувствительность фотопластинок до обработки и после нее по сенситометру Эдер-Гехта (концентрация раствора — 1:20 000, время действия—1 минута).

Основные красители (ряд сафранина)	
Контрольная фотопластины	70
Метиловый зеленый	66
Акридиновый желтый	66
Нейтральный красный	64
Бриллиантовый зеленый	60
Фосфин	60
Фуксин	56
Толуолафранин	46
Диэтилсафранин	46
Бриллиантовый родулиновый красный	42
Везулин	40
Хризонидин (дает часто вуаль)	38
Феносафранин	34
Тетраметилсафранин	28

Кислотные красители (ряд азина)	
Контрольная пластины	72
Розовый индулин G	66
» » 2G	64
» » 2B	64
Кислый пиаини BF	58
Шерстяной голубой GL	58
» » RL	58

Наиболее действительным в практич. смысле оказался феносафранин (Phenosafarin)



Преимущество сафранинового метода перед методом употребления окисленного ами-

долового проявителя заключается в возможности десенсибилизировать не только обыкновенные высокочувствительные фотопластины, но и ортохроматические, а пахроматические — обрабатывать при светлом красном свете, что невозможно при амидоловом методе. Главным недостатком феносафранина—сильное окрашивание эмульсии в красный цвет; для ее обесцвечивания необходимо употреблять кислый фиксаж, а в случае неисчезновения окраски в фиксаже — дополнительную ванну из квасцов и соляной кислоты.

Дальнейшие работы привели к замене сильно окрашивающего феносафранина почти бесцветными красителями: пинакриптолом зеленым и пинакриптолом желтым. Сравнительное изучение десенсибилизирующих свойств феносафранина и пинакриптолов привело к следующему выводу: следует феносафранин и пинакриптол зеленый употреблять в концентрации 1:2 000, что дает максимальное понижение светочувствительности (до  $\frac{1}{200}$  первоначальной), при применении пинакриптола зеленого Th следует пользоваться концентрацией 1:10 000, а при применении пинакриптола желтого—концентрацией 1:1 000 (при этом достигается снижение до  $\frac{1}{5000}$  первоначальн. светочувствительности). Растворы пинакриптолов можно употреблять как для предварительной ванны, так и прибавлять их к проявляющим растворам.

Д. особенно важна при употреблении пахроматических эмульсий, проявление к-рых ведется или в абсолютной темноте или при очень слабом зеленом освещении. Для пахроматических пластинок более рекомендуется пинакриптол желтый, чем пинакриптол зеленый (3:1 000); возможно также применение и феносафранина (10 см<sup>3</sup> раствора 1:2 000 на 100 см<sup>3</sup> проявителя).

Лит.: Lüppo-Cramer H., Die Grundlagen d. photograph. Negativverfahren, Handbuch d. Photographie, hrsg. v. Eder, B. 2, T. 1, Halle a/S., 1927; Wentzel F., Die photographisch-chemische Industrie, Technische Fortschrittsberichte, hrsg. v. B. Rasow, B. 10, Dresden—Lpz., 1926; Mentz O., Lehmann E. u. Nauck W., Das Negativverfahren, Handbuch der Photographie, hrsg. v. H. W. Vogel, B. 2, T. 1, B., 1926.

Н. Церваитинов.

**ДЕСМОТРОПИЯ**, см. Таутомерия.

**ДЕТАЛИ МАШИН**, машинные части определенного назначения, применяемые в неизменном или лишь частично измененном виде в различного рода машинах. При конструировании Д. м. должно быть учтено значение следующих факторов.

1) **Назначение**. Д. м. должны выполнять свои функции с необходимой и достаточной для правильного действия всего механизма степенью точности и надежности. Это требование должно быть выполнено при производстве деталей машин наиболее экономичным способом в смысле расхода материалов и работы.

2) **Усилия, действующие на детали машин**. Вызываемые ими напряжения не должны превосходить допускаемых для данного материала. Передача усилий как внутри Д. м., так и с одной Д. м. на другую должна совершаться наиболее кратким путем; следует избегать, там, где возможно, возникновения изгибающих и

крутящих моментов. Необходимо стремиться применять статически определяемые системы; учитывать влияние деформаций, возможных как вследствие действия внешних усилий, так и под влиянием изменений  $t^{\circ}$ ; в быстроходных машинах учитывать возможность вибраций; избегать резких изменений сечения и острых входящих углов, в случаях же неизбежности применения их принимать во внимание вызываемое этим увеличение напряжений.

3) Производство. Форма Д. м. должна быть согласована с материалом и способом изготовления (отливка с машинной или ручной формовкой, отковка вручную или в матрицах, штамповка, выработка из штанги и т. д.). Для литых частей стремятся понизить стоимость моделей и формовки, для крупных Д. м. при одиночном изготовлении предусматривают возможность формовки шаблонами, без модели. Шишечные отверстия д. б. расположены таким образом, чтобы обеспечивать правильное положение шишки при формовке и во время литья. Необходимо учитывать возможное смещение мелких приливов и частей отливки, не соединенных наглухо с моделью; мелкие части крупных отливок, требующие точной обработки, выгоднее отделать от основной части и обрабатывать отдельно; при распределении сечений в отливке стремятся достигнуть одновременного застывания ее, чем в значительной мере устраняется опасность образования раковин и возникновения внутренних напряжений; в случае значительной разности сечений принимают меры для дополнительного охлаждения массивных частей. Для частей Д. м., откованных в матрицах, употребляют формы, требующие простых матриц и допускающие отковку при наименьшем числе нагревов. При сложных штампованных Д. м. часто бывает выгодно разложить деталь на несколько частей и соединять их электрич. сваркой. Обработка д. б. ограничена строго необходимым и производится при возможно меньшем числе зажимов; при конструировании необходимо соотноситься с размерами имеющихся на заводе станков и транспортных средств. Ручная обработка исключается совершенно или доводится до минимума. Транспорт и зажим Д. м. во время обработки облегчаются наличием на них приливов, крючков и очков. Сборка облегчается гл. обр. уничтожением ручной пригонки и возможностью производить частичную сборку отдельных групп деталей. Мелкие Д. м., укрепляемые на станине, бывает выгодно окончательно фиксировать при сборке, напр. помощью коническ. штифтов. Принимают во внимание необходимость разборки и чистки машины; все чувствительные части д. б. легко доступны. Для машин, доставляемых в отдаленные местности, следует считаться с условиями транспорта (жел.-дор. габарит, грузоподъемность вагонов, автомобилей, доставка вьючными животными).

4) Нормализация—применение при проектировании деталей машин по возможности исключительно нормальных частей (общегосударственные и заводские стандарты) и лишь в случаях действительной необходимости — специальных конструкций.

Строго научной классификации Д. м. пока нет, и они разделяются по их функциям след. образ. 1) Скрепления—Д. м., служащие для соединения отдельных частей машин: а) разъемные: винты, болты, клиновые соединения, шпонки, штифты и шпильки и б) неразъемные: заклепочные соединения, стяжные кольца и якоря, соединения помощью сварки и пайки. 2) Д. м., служащие для перемещения и проводки жидкостей и газов: трубы, фланцы, вентили, клапаны, краны, задвижки, золотники, цилиндры, поршни, штоки, сальники. 3) Д. м., обслуживающие вращательное движение: цапфы, валы, подшипники, подпятники, соединительные муфты неподвижные, подвижные, разъемные и фрикционные. 4) Д. м., служащие для преобразования прямолинейного переменного возвратного движения во вращательное, и обратно: коленчатые валы, кривошипы, кривокопфы, шатуны, эксцентрики. 5) Д. м., служащие для передачи вращательного движения от одной оси к другой: а) передачи с непосредственным касанием: фрикционные и зубчатые колеса, червячная передача и б) передача посредством гибкой связи: ременная, канатная и цепная. Кроме того, к Д. м. относят машинные части, общие для б. или м. специальной группы механизмов, напр.: детали подъемных механизмов (крючья, канаты стальные и пеньковые, цепи, барабаны, храповики, тормоза), Д. м., служащие для регулирования хода (маховики и регуляторы), Д. м., связывающие отдельные части машины в одно целое (станины, рамы, направляющие), Д. м. колдовратных, турбин, крыльчатых насосов и пр. Более подробно см.: *Винт, Клин, Заклепочные соединения, Трубы, Подшипники, Трансмиссии, Муфты, Зубчатые колеса, Передача, Подъемные механизмы, Регулятор.*

Лит.: Берлов М., Детали машин, вып. 1, Л., 1921, вып. 2—12, М., 1923—28; Бобарыков И. И., Детали машин, часть общая, М.—Л., 1926 и часть спец., М.—Л., 1927; Добровольский В., Детали машин, ихна конструкция та разраунок, Одеса, 1928; Кале К., Детали машин в вопросах и ответах, вып. 1—12, М., 1926—27; Кукелевский И., Сборн. нормаль деталей машин, М., 1922; Кузьмин, Детали машин, Одеса, 1927; Коваль В. и Иосев П., Детали машин, перевод с 16 нем. изд., т. 1, Берлин, 1924; Шлезингер Г., Витовая нарезка, М., 1927; Граменц К., Пригонки и допуски, М., 1927; Трансмиссии, М., 1927; Ошурков Б., Лекции по курсу деталей машин, М., 1923; Сидоров А. И., Курс деталей машин, М.—Л., 1926—27; Фольк К., Основы конструктивной разработки машиностроительных деталей, М., 1925; Худяков П. К. и Сидоров А. И., Атлас конструктивных чертежей деталей машин, 3 издание, ч. 1, 2, 3, М., 1899—1901; Холмогоров И., Детали машин, ч. 1, М.—Л., 1926; его же, Альбом конструкт. чертежей, М.—Л., 1926; Вачс С., Maschinenelemente, B. 1—2, Leipzig, 1922—24; Botsch R., Maschinenelemente, Lpz., 1927; Heidebrock, Maschinenelemente. Eine Sammlung v. Konstruktionstafeln zur Ergänzung d. Vorlesungen u. zum Gebrauche in d. Konstruktionsübungen, Darmstadt, 1912; Jellinek S., Transmissionen, B., 1912; Cathcart W., Machine Design, N. Y., 1903; Laudien K., Die Maschinenelemente, B. 1, 4 Auflage, Lpz., 1925, B. 2, 3 Aufl., Lpz., 1923; Reuber W. u. Pohlhausen A., Berechnung u. Konstruktion d. Maschinenelemente, 10 Aufl., bearb. v. A. Pohlhausen, Mittweida, 1924; Röttscher, Die Maschinenelemente, B. 1, 2, B., 1927—28; Uwin W., The Elements of Machine Design, v. 1, London, 1922, v. 2, L., 1920; Steinbrings D., Der praktische Maschinenbauer u. Mechaniker, Lpz., 1927; Krause H., Maschinenelemente, Berlin, 1922.

**ДЕТЕКТОР**, волноуказатель, или волноуловитель, в радиотехнике — прибор для целей радиоприема, предназначенный для преобразования весьма малых количеств принятой от сигнала энергии в вид, необходимый для приведения в действие какого-либо индикатора электрич. колебательных токов: телефона, измерительного прибора или реле. Ни один из существующих индикаторов не реагирует непосредственно на весьма малый (несколько  $\mu\text{A}$ ) ток высокой частоты, принятый приемником от электромагнитной волны сигнала.

Первоначальные формы Д. В первых опытах Маркони и Попова в 1895—96 гг. в качестве Д. применялся т. н. когерер, или Фриттер (немецк. термин). В 1902 г. фирмой Маркони были окончательно разработаны два образца так наз. магнитного Д. Принцип действия этого Д. заключается в том, что токи высокой частоты сигнала, в случае прохождения их по виткам катушки, окружающей кусок железа, при действии на последний увеличивающегося магнитного поля, содействуют процессам намагничивания этого железа, а при действии на него уменьшающегося поля ускоряют процессы расмагничивания. Чувствительность магнитного Д. была значительно выше чувствительности когерера: предельная энергия от сигнала, на которую при хорошем телефоне уже реагировал магнитный Д., оценивалась в  $2,5 \cdot 10^{-10}$  W. Маркони в 1904 г., при первых регулярных передачах через океан, удалось помощью магнитного Д. заставить действовать реле и получить автоматическую запись сигналов. Этот детектор все же был сложен и имел ряд других недостатков.

В 1903 г. был предложен электролитический Д., действие которого основано на изменении поляризации электролитического элемента (с электродами из тонк. платиновых проволочек в 0,006 мм. помещенных в раствор серной или азотной кислоты) под влиянием весьма слабой эдс от сигнала. Предельная энергия сигнала, на которую Д. реагирует,  $10^{-10}$  W. При  $6 \cdot 10^{-10}$  W, при хорошем телефоне, детектор дает единицу слышимости (различаемости точек и тире).

Затем был предложен ряд детекторов с термическим действием: термогальванометр, барреттер (см.), термодетектор и ряд других.

Все упомянутые выше виды Д. во всех отношениях были несовершенными и в дальнейшем были заменены более простыми и более надежными в действии Д.: 1) кристаллическими и 2) ламповыми, которые после ряда усовершенствований используются и современной техникой радиоприема: первыми — главным образом в простейших приемниках, предназначенных для радиовещания, вторыми — во всех более сложных приемниках, предназначенных для радиовещания, и в приемниках, предназначенных для коммерческой эксплуатации, обыкновенно очень сложных, с большим числом усилительных ламп.

**Кристаллический Д.** (в этой статье описываются только кристаллические Д.; о

ламповых детекторах см. *Лампа электронная*). Кристаллический детектор состоит из двух соприкасающихся разнородных электропроводящих тел (кристаллических или аморфных). Так как, однако, большинство проводников и полупроводников при соприкосновении дают детекторное действие, то было бы правильное это Д. называть контактными. Впервые детекторное действие кристаллических тел было изучено Ф. Брауном. В дальнейших исследованиях было также установлено, что некоторые металлы при контакте обнаруживают детекторную чувствительность, но в общем она, как и постоянство действия, значительно ниже у них, чем у других кристаллических Д.

Наиболее пригодными для Д. оказываются следующие тела: 1) элементы: углерод (C), кремний (Si), теллур (Te); 2) соединения: а) окиси цинка (с марганцем,

Табл. 1.—Минералы, обнаруживающие детекторное действие.

№№ по порядку	Минерал	Формула	Детекторное действие	Твердость
1	Галенит (гален, галена, или свинцовый блеск) . . . . .	PbS	Минералы, особенно пригодные для радиотехнических детекторов	1,5—2,5 2,5—3
2	Бурнонит . . . . .	CuPbSbS <sub>2</sub> или 2PbS·Cu <sub>2</sub> S·Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>		
3	Пирит (железный колчедан) . . . . .	FeS <sub>2</sub>		
4	Фрейслебенит . . . . .	5(Pb, Ag) <sub>2</sub> S·2Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>		
5	Джемсонит . . . . .	FeS·3Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ·4PbS		
6	Карборунд . . . . .	SiC		
7	Циннит (красная цинковая руда) . . . . .	ZnO или (Zn, Mn)O		
8	Кремний . . . . .	Si		
9	Теллур . . . . .	Te		
10	Алтаит . . . . .	PbTe		
11	Нагьягит . . . . .	(PbAu)Te или Au <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> Pb <sub>10</sub> Te <sub>2</sub> S <sub>11</sub>		
12	Касситерит (оловянный камень) . . . . .	SnO <sub>2</sub>		
13	Теннантит . . . . .	5 Cu <sub>2</sub> S·2 ZnS·2 As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Минералы сплoхим детекторным действием, пригодны для выпрямления больших токов при дополнительном напряжении	4 1,5—2 5,5—6,5 1 5—6 2,8—3 3,5—4,5 5,5—6 1—1,5 2,5—3 5,5—6 4
14	Ковеллин . . . . .	CuS		
15	Гематит . . . . .	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
16	Графит . . . . .	C		
17	Ильменит . . . . .	FeTiO <sub>3</sub>		
18	Халькозин . . . . .	Cu <sub>2</sub> S		
19	Халкопирит (медный пирит) . . . . .	CuFeS <sub>2</sub>		
20	Магнетит . . . . .	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		
21	Молибденит . . . . .	MoS <sub>2</sub>		
22	Стромейерит . . . . .	Ag <sub>2</sub> S·Cu <sub>2</sub> S		
23	Анаказ . . . . .	TiO <sub>2</sub>		
24	Станнит . . . . .	Cu <sub>2</sub> FeSn <sub>4</sub>		
25	Тетраэдрит . . . . .	4 Cu <sub>2</sub> S·Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Минералы с весьма плохим детекторным действием, пригодны для выпрямления больших токов при дополнительном напряжении	3,5—4 5,5—6 2—2,5 3 6—6,5 4 5—6
26	Арсенопирит . . . . .	FeAsS		
27	Пирролизит . . . . .	MnO <sub>2</sub> или MnO <sub>2</sub> (·nH <sub>2</sub> O)		
28	Борнит . . . . .	FeCu <sub>2</sub> S <sub>3</sub>		
29	Франклинит . . . . .	(Fe, Mn, Zn)O, (Fe, Mn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> или (Fe, Zn, Mn)Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>		
30	Манганит . . . . .	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O		
31	Псиломелан (разновидн. манганита) . . . . .	4 MnO <sub>2</sub> ·(Li <sub>2</sub> , Ba, K) <sub>2</sub> O·nH <sub>2</sub> O		
32	Герсдорфит . . . . .	(Ni, Fe)AsS или NiAsS		
33	Смальтин . . . . .	(Co, Ni, Fe)As или CoAs <sub>2</sub>		
34	Висмутин . . . . .	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>		
35	Пирротин . . . . .	Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub> или Fe <sub>9</sub> Sn <sub>4</sub>		

олова, железа, марганца, церия, титана, циркония, тория, меди (поверхность окиси), никеля и т. д.; б) сернистые—свинца, железа, меди (галенитовая и пиритовая группы); в) теллуристый свинец; г) некие сложные соединения карбида и мышьяка, т. е. тела, принадлежащие гл. обр. к IV и VI (а отчасти к VIII) группам период. системы элементов. Это, а также и то, что употребляемые в детекторе кристаллы имеют кубическую или гексагональную структуру, указывает, что детекторное действие их обусловлено определенным атомным строением. В табл. 1 приведены минералы, которые обнаруживают детекторное действие; из них только первые 12 минералов хорошо детектируют без дополнительного постоянного напряжения, а потому наиболее пригодны для радиодетекторов. В графе 4-й табл. 1 приведены также относительные величины твердости всех детекторных материалов. Сопоставление данных этой графы и графы 3-й для одних и тех же кристаллов показывает, что никакая явной зависимости между твердостью кристаллов и их детекторным действием не существует. Однако, твердость кристалла определяет собою: 1) тот другой материал, в контакте с которым работает данный кристалл, и 2) силу нажатия контакта. Твердый кристалл должен работать в контакте также с твердым; напр.: карборунд, кремний, пирит—со сталью или фосфористой бронзой. Мягкий кристалл работает лучше с мягким; например, гален, молибденит—с золотом, серебром или со свинцом. Если кристалл работает в паре с металлом, то последний устанавливается обычно в виде пружинящего острия; если же кристалл работает в контакте также с кристаллом, то оба должны иметь одинаковую твердость. Напр., хорошее детекторное действие дает цинкит в контакте с халкопиритом: это—т. н. перикон-Д., предложенный Пиккаром.

Наилучшими детекторными парами и являются:

гален — латунь	халкопирит — алюминий
» — графит	карборунд — латунь
» — теллур	» — нейзильбер
цинкит — халкопирит	» — медь
» — теллур	теллур — алюминий
» — графит	» — кремний
пирит — золото	кремний — алюминий
» — алюминий	» — золото
» — окись цинка	» — окись цинка

Для повышения чувствительности дополнительное напряжение д. б. включено так. образом, чтобы полярность его совпадала с направлением выпрямленного тока в Д., т. е. с полярностью кристалла. Полярность кристалла называется положительной, если выпрямленный ток в контакте течет по направлению от кристалла к металлу (острию). Большинство кристаллов дают обычно постоянную полярность:

Название	Полярность	Название	Полярность
Пирит . . . . .	—	Теллур . . . . .	—
Станит . . . . .	+	Касситерит . . . . .	—
Ковеллин . . . . .	+	Магнетит . . . . .	+
Кремний (переплавленный) . . . . .	+	Ильменит . . . . .	+
Карборунд . . . . .	+	Бурнонит . . . . .	—
Графит . . . . .	+	Фрейслебенит . . . . .	+

Лишь очень немногие кристаллы дают различную полярность в разн. точках (табл. 2):

Табл. 2.—Полярность кристаллов.

Название кристалла	В направлении +	В направлении —
	Выпрямленный ток в мА	
Гален . . . . .	0,25	0,75
Молибденит . . . . .	0,5	0,1
Цинкит . . . . .	0,3—0,5	1—1,5
Стромeyerит . . . . .	0,3	0,1
Джемсонит . . . . .	0,75	0,25

Чувствительность кристаллическ. Д. зависит также: 1) от состояния верхней рабочей поверхности кристалла и 2) от  $t^\circ$ . Рабочая поверхность металлов Д. должна быть чистой, а применяемые металлы и минералы не должны химически изменяться и разрушаться атмосферой. С повышением  $t^\circ$  контакта детекторное действие кристалла улучшается, при чем это улучшение происходит до определенной для каждого металла  $t^\circ_{крит.}$

Наиболее употребляемыми в практике радиоприема Д. являются: 1) перикон, к-рый состоит из цинкита и халкопирита, 2) карборундовый Д. со стальным острием и 3) гален с латунным острием.

Чувствительность естественных кристаллов зависит от заключающихся в них примесей. Галеновые искусственные кристаллы обнаруживают большую чувствительность, чем естественные, и дают в 2 раза больший детекторный ток. Чувствительность естественного галена может быть значительно поднята небольшой примесью сернистого серебра (или сернистого алюминия).

Производство искусственных кристаллов. Искусственный гален можно получить обжигом естественного галена при температуре близкой к его  $t^\circ_{пл.}$  ( $120^\circ$ ) в нейтральной атмосфере, в серных парах или в парах со следами селена. Можно также получить его размельчением естественного кристалла в порошок, который плавят вместе с серой в закрытом тигле в течение 20—30 минут, а затем эту расплавленную массу медленно охлаждают. Искусственный гален м. б. изготовлен и без переработки естественного кристалла, из свинца и серы. Для этого сначала плавят свинец ( $327^\circ$ ), прибавляют серу и полученную массу после охлаждения размельчают в порошок. Затем прибавляют 10% серы и 1—2% серебра и в расплавленном состоянии всю массу смешивают. Гален м. б. получен также плавлением 93% сернистого свинца и 5—7% свинца и рядом других методов. Синтетические кристаллы, как правило (см. табл. 3), в большинстве случаев дают лучшие условия работы, чем естественные; поэтому в настоящее время на их производство обращено очень большое внимание.

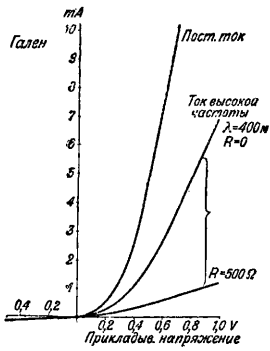
Теория действия кристал. Д. основывается на том, что их контакты дают нелинейную зависимость между прикладываемым к ним напряжением (от сигнала) и током, к-рый они через себя пропускают, т. е. выпрямленным током. Кривая, показывающая зависимость между приложен. к Д. напряжением и выпрямленным током, называется детекторной характеристикой. На фиг. 1, 2 и 3 показаны характеристики



Табл. 3.—Средние данные работы детектора с естественными и синтетическими кристаллами.

Детектор с кристаллами	Число точек, дающих прием (в % от общего числа)				Отношение сопротивлений в разные стороны детекторного контакта при принимаемом напряжении $E$ :				Число точек из 10, дающих уменьшение чувствительности при мешающем действии
	отличн.	хорош.	удовл.	плохой	10 V	1 V	0,5 V	0,1 V	
Гален естественный . . . . .	43 (90÷28)	21	16	11 (6÷18)	3,5	3,5	4,1	8	средн.=4,3 (1÷8)
Гален синтетический . . . . .	74 (92÷64)	17	4,5	2,5 (0÷22)	1,4	1,8	3,5	5	средн.=0,57 (0÷2)

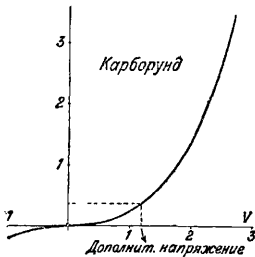
трех наиболее распространенных Д.—галенового, карборундового и перикон-детектора. Действие Д. в какой-либо схеме или цепи определяется: 1) сопротивлением, включенным в эту цепь, и 2) его детекторной характеристикой.



Фиг. 1.

Действительн. физическ. причины выпрямляющего действия кристаллич. Д. в настоящее время не могут считаться окончательно вскрытыми. Все теории, которые это явление объясняют, м. б. разделены на две группы: 1) теории, предполагающие, что во время воздействия на Д. переменного напряжения сигнала в контакте под влиянием или термоэлектричества, или электрич. полярности, или эффекта Джоуля возникает некоторая постоянная эдс; 2) теории, объясняющие неравенство сопротивлений контакта в разных направлениях без помощи постоянной эдс (теория фильтра)—действием промежуточного слоя (проводящего или диэлектрического) или же электролитическ. или электронными процессами в контакте. Есть основание считать, что все физич. действия, предполагаемые этими теориями, происходят одновременно, но наибольшую роль, вероятно, играют электронные процессы и термоэлектрические явления.

Схема обычного действия кристаллич. Д. изображена на фиг. 4, на которой показано также принятое условное схематическое изображение Д. Для упрощения предполагаем сначала, что сопротивление в цепи нагрузки  $Z=0$ . Детекторная характеристика м. б. математически выражена ур-ием  $i=f(e)$ , показывающим нелинейную зависимость  $i$  от  $e$ . Если в цепи Д. действует дополнительное напряжение  $E_0$ , то в отсутствие сигнала через Д. проходит ток  $I=f(E_0)$ . При действии эдс сигнала  $e=E \cdot \sin \omega t$ ,  $i=f(E_0 + E \cdot \sin \omega t)$ ; при этом



Фиг. 2.

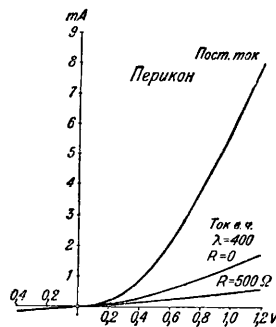
постоянный ток изменится от  $I$  до  $I + \Delta I$ , а

$$I + \Delta I = \frac{1}{T} \int_0^T f(E_0 + E \cdot \sin \omega t) dt,$$

где  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ . Функция  $f(E_0 + E \cdot \sin \omega t)$  м. б. разложена в ряд Тейлора; тогда

$$I + \Delta I = \frac{1}{T} \int_0^T [f(E_0) + \frac{di}{de} \cdot E \cdot \sin \omega t + \frac{1}{2} \frac{d^2i}{de^2} \cdot E^2 \cdot \sin^2 \omega t + \dots] dt = f(E_0) + \frac{1}{4} \frac{d^2i}{de^2} (E^2) + \dots$$

Следовательно, в цепи с Д. синусоидальная эдс вызывает постоянную слагаемую, другую



Фиг. 3.

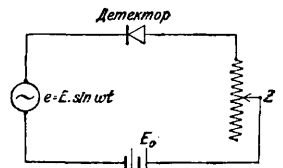
с основной частотой и ряд высших гармонических слагаемых. Для рассматриваемого случая детектирования (прием незатухающих колебаний) представляет интерес только постоянная составляющая, называемая выпрямленным током. Для малой  $E$ , что обычно и имеет место в практике радиоприема, членами порядка выше второго можно пренебречь. Тогда получим след. зависимость:

$$\Delta_2 I = \frac{1}{4} \cdot \frac{d^2i}{de^2} \cdot E^2,$$

т. е. изменение тока обуславливается только членом 2-го порядка. Если  $E$  велика, то необходимо вести и все члены высшего порядка.

Для малых  $E$  кривая детектирования (ее начало) м. б. представлена параболической формой. Для больших  $E$  аналитическ. метод определения  $\Delta I$  вообще представляет большие затруднения, а потому вычисление  $\Delta I$  лучше вообще вести графическим методом, исходя из экспериментально снятых характеристик. Для очень больших  $E$  характеристика м. б. представлена прямой линией. В этом случае

$$\Delta i = \frac{di}{de} (E \cdot \sin \omega t - E_0),$$



Фиг. 4.

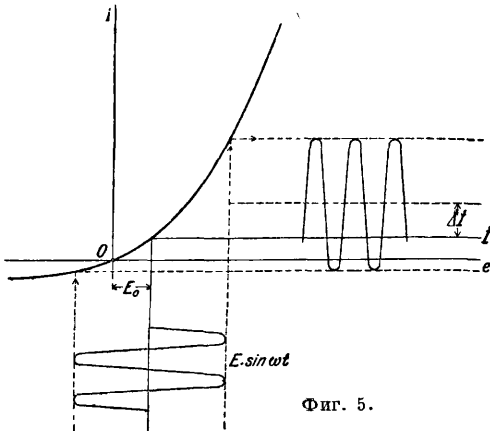
Возвращаясь к первоначальному уравнению, обозначим  $\frac{1}{4} \frac{d^2 i}{de^2}$  через  $D_i$ , где  $D_i$  — коэфф. детектирования для тока. Помножив  $\Delta I$  на  $R_d = \frac{1}{di}$  (сопротивление Д.),

получим:

$$\Delta E_0 = \frac{1}{4} \frac{d^2 i}{de^2} \cdot E^2 = D_e \cdot E^2,$$

где  $D_e = \frac{1}{4} \frac{d^2 i}{de^2} = \frac{dR_d}{de} R_d$  — потенциальный коэфф-циент детектирования.

На фиг. 5 графически изображены процессы рассмотренного случая детектирования. Если в детекторную цепь включено



Фиг. 5.

некое сопротивление нагрузки, что обычно имеет место в практике, то  $\Delta I$  определяется из следующего ур-ия, получаемого тем же методом, что и приведенное выше:

$$\Delta I = \frac{R_d}{R_d + R_0} \cdot \frac{R_d^2}{(R_d + R_1)^2 + x^2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{d^2 i}{de^2} \cdot E^2,$$

где

$$\frac{R_d}{R_d + R_0} \cdot \frac{R_d^2}{(R_d + R_1)^2 + x^2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{d^2 i}{de^2} = D_i;$$

( $D_i$  — полный коэффициент детектирования для тока). Здесь  $R_0$  — сопротивление нагрузки постоянному току,  $R_1$  и  $x$  — активное и реактивное сопротивления для переменного тока. При приеме модулированной частотой  $F = \frac{\Omega}{2\pi}$  эдс сигнала вида  $e = E(1 + M \sin \Omega t) \sin \omega t$ , где  $M$  — коэфф. модуляции (см. Боковые частоты), слагаемая постоянного тока

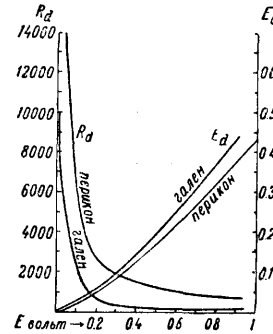
$$\Delta I = \left(1 + \frac{M^2}{2}\right) D \cdot E^2;$$

слагаемая низкой модулированной частоты (наиболее интересная для приема):

$$\Delta I_F = \sqrt{2} \cdot M \cdot D \cdot E^2.$$

Интересные особенности действия кристаллического Д. заключаются в том, что он имеет весьма различную чувствительность для различных точек и ведет себя различно при высоких и низких частотах: измерения показывают, что при изменении волны с 300 до 2 000 м отдаваемая мощность при постоянстве подводимой падает приблизительно на 20%, на волнах же в пределах от 2 000 до 9 000 м результаты получаются постоянными.

Всякий Д. в действии ведет себя, как некоторый генератор (постоянного тока в случае детектирования незатухающих колебаний и переменного тока низкой частоты для модулированных колебаний), имеющий определенное внутреннее сопротивление. При этом кажущееся напряжение этого генератора, кроме прямой зависимости от подводимого напряжения высокой частоты, зависит также от сопротивления нагрузки. Кажущееся внутреннее сопротивление также зависит от подводимого напряжения и сопротивления нагрузки. На фиг. 6 показаны кривые изменения внутреннего сопротивления  $R_d$  и кажущейся эдс  $E_d$  от подводимого напряжения сигнала для галенового детектора и перикон-детектора.



Фиг. 6.

К пд кристаллического Д. Кристаллич. Д. — устройство, преобразующее мощность высокой частоты, получаемую от сигнала, в мощность постоянного тока (или мощность тока низкой частоты), выделяемую на сопротивление нагрузки. Поэтому качество кристаллическ. Д. может быть определено кпд, при к-ром он производит это преобразование. Для всех амплитуд сигнала и величин сопротивления нагрузки выпрямленный ток может быть выражен следующим ур-ием общего характера:

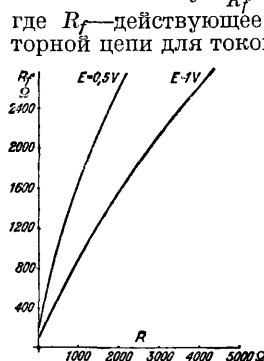
$$\Delta i = \frac{E_d}{R_d + R} \cdot$$

Мощность на сопротивлении  $R$  будет максимальной, когда  $R_d = R$ . Тогда  $W_{max} = \frac{E_d^2}{4R}$ . Мощность, доставляемая сигналом, определится из уравнения:

$$W_s = \frac{E^2}{R_f} = E \cdot I_f,$$

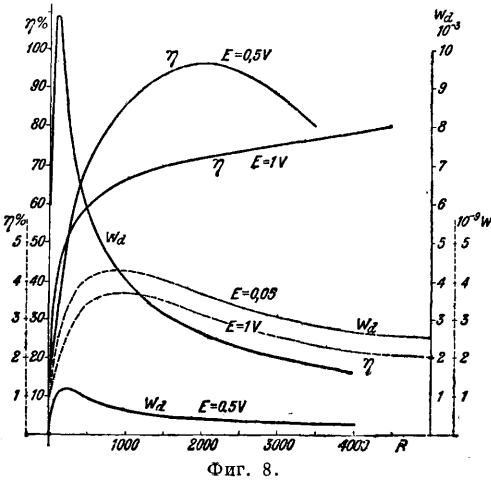
где  $R_f$  — действующее сопротивление детекторной цепи для токов высокой частоты при различных условиях нагрузки и при различных величинах  $E$ ;  $I_f$  — амплитуда слагаемой тока основной высокой частоты при этих же условиях. Для малых  $E$ ,  $I_f = \frac{di}{de} E$ . Сопротивление  $R$  нагрузки можно пренебречь, так как параллельно  $R$  обычно включают т. н. блокировочный конденсатор большой емкости, обеспечивающий для слагаемой тока высокой частоты низкое сопротивление.

На фиг. 7 показана зависимость величин  $R_f$  от  $R$  при различных  $E$  для галенового Д.; для перикон-детектора изменения  $R_f$  имеют в общем аналогичный характер. Так, например, при  $R = 0$ ,  $R_f = 500 \Omega$ , а при



Фиг. 7.

$R=4\ 000\ \Omega$ —увеличивается до  $3\ 800\ \Omega$ . Зная  $R_F$ , можно вычислить кпд, т. е.  $\eta = \frac{W_d}{W_s}$ . На фиг. 8 показаны кривые зависимости  $\eta$  от  $R$  при различных  $E$  для галенового Д., имеющего характеристики, показанные на фиг. 1. На фиг. 8 для сравнения нанесены кривые зависимости  $W_d$  от  $R$ . Из сопоставления



Фиг. 8.

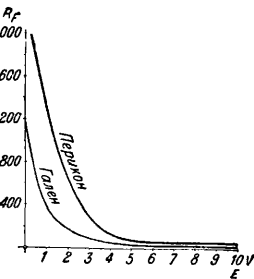
кривых можно видеть, что  $R$  для получения наибольшего кпд  $\eta$  значительно превосходит соответствующие  $R$  для получения максимального  $W_d$  и тем больше, чем больше  $E$ . Различные Д. дают различные величины  $\eta$ . В табл. 4 показаны значения  $\eta$  для оптимальных величин  $R$  при различных  $E$ .

Табл. 4.—Величины кпд  $\eta$  при различных  $E$ .

Детекторы	$E$ (в вольтах)	$W_d$ (в ваттах)	Опт. $R$ (в омах)	$\eta$ (в %)
Гален . . . .	1	$1 \cdot 10^{-3}$	2 000—3 000	80—90
	0,1	$0,09 \cdot 10^{-3}$	30 000	3
Перикон . .	1	$0,15 \cdot 10^{-3}$	4 000—6 000	60—70
	0,1	$0,027 \cdot 10^{-3}$	20 000	8

При  $R$  постоянном,  $\eta$  с уменьшением  $E$  будет уменьшаться еще больше.

Кпд у большинства Д. (особенно у карборундового Д.) зависит также от величины дополнительного постоянного напряжения, подведенного к его контакту. При дополнительном положительном напряжении на халкопирите в 0,45 В, кпд перикон-детектора равен 13%, а без дополнительного напряжения — 10%. Карборундовый Д. для дополнительного напряжения в 2,5 В на кристалле дает кпд 9,3% без дополнительного напряжения—1,4%. Все приведенные цифры относятся к наиболее чувствительным точкам детектора, которые для хорошего кристалла находят обычно очень быстро.



Фиг. 9.

Кпд для случая модулированного тока определяется след. обр. Мощность выпрямленного тока для любых амплитуд при оптимальных условиях (сдвиг фазы между током и эдс равен 0) определится из выражения:

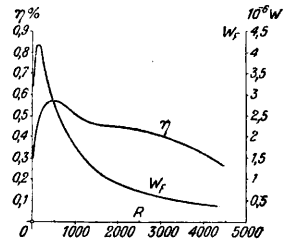
$$W_F = \frac{M^2 \cdot R_F \cdot K^2 \cdot E^2}{8} \text{ и } K = \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2 i}{de^2}$$

Здесь  $R_F$ —внутреннее сопротивление Д. для выпрямленного тока  $\Delta I_F$ , определяемое при малой  $E$  из ур-ия  $\frac{1}{R_F} = \frac{di}{de} - \frac{d^2 i}{de^2} e^2_{ok}$ , где  $e_{ok}$ — постоянная слагаемая эдс на сопротивлении. На фиг. 9 нанесены величины  $R_F$  в зависимости от  $E$  несущей частоты для галенового Д. и перикон-детектора. Мощность  $W_f$  высокой частоты при небольших  $M$ , что обычно и имеет место в практике, равна  $\frac{E^2}{2R_f}$ , откуда

$$\eta = M^2 \cdot K^2 \cdot R_f \cdot R_F$$

На фиг. 10 показаны кривые зависимости  $\eta$  от  $R$  при  $E=1\text{ В}$  и  $M=15\%$ . На той же фиг. 10 для сравнения даны кривые зависимости  $W_F$  от  $R$ .

Конструкция кристаллического Д. Наиболее распространенная в СССР конструкция Д., принятая Электротрестом 3-дов слабого тока, имеет вид, изображенный на фиг. 11. Для удобства установки контакта и обслуживания кристаллич. Д. к нему предъявляют обычно следующие требования: 1) подвижному острию Д. б. обеспечена возможность передвижения в любое положение относительно кристалла; 2) место захвата пальцами подвижной части Д. с прикрепленным к нему острием Д. б. возможно ближе к активному концу острия; 3) рычажная подвижная система Д. должна обладать по возможности равномерностью сопротивления всех шарниров и во всех направлениях (практически, наиболее удобны сферич. шарниры).

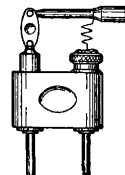


Фиг. 10.

Кристалл запаивают в чашку помощью какого-либо легкоплавкого металла, напр. олова. За границей для этих целей применяют также сплав из 2 частей висмута, 1 части олова и 1 части свинца. Иногда, для предохранения от пыли, кристалл вместе с острием помещают в закрытый стеклянный футляр. Для возможности быстрой замены кристалла или для быстрого повертывания его в целях использования всех граней кристалла, рациональна пока еще мало распространенная конструкция чашечки, обеспечивающая

возможность зажатия не впаянного в чашечку кристалла—обычно гайка с внутренним заплечиком по верхнему краю. Попытки конструирования Д. с нерегулирующ. контактами не дали реальных результатов.

Лит.: Лосев О. В., Светящийся карборундовый детектор и детенирование с кристаллами, «ТитОП», 1927, т. 8, 5 (44), стр. 485; Лавовский А., К вопросу о конструкции кристаллич. детектора,



Фиг. 11.

«ТиТ6П», стр. 514; его же, Кристаллич. детектор, там же, 1926, т. 7, 1 (34); Зидлициевич С., О детекторном действии радиотелеграфных волноуказателей, «ТиТ6П», 1921, т. 2, 2; Vanneitz F., Taschenbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph., B., 1927; Lenhardt R., Der Detektor u. seine Anwendung für Empfang, Verstärkung u. Erzeugung elektrischer Wellen, Hochfrequenz-Technik, B. 8. B., 1926; Strachan J., The Chemistry a. Mineralogy of Crystals for Detectors, «Wireless World a. Radio Reviews», L., 1924, v. 14; Bertrand. Gayrel et Masselin, Comparaison de la détection par lampe et par galène, «L'onde électrique», Paris, 1926, 59; Colebrook F. M., The Rectifying Detector, «Experimental Wireless a. Wireless Engineer», London, 1925, v. 2, 13—20; Dubois R., Étude expérimentale de quelques procédés de détection des oscillations de haute fréquence, «L'onde électrique», Paris, 1924, 30, 31; Chaffee E. L. a. Browning G. H., A Theoretical a. Experimental Investigation of Detection for Small Signals, «Proc. of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1927, v. 15, 2; Collet P., Sur les propriétés détectrices de la galène, «A. Ch.», Paris, 1921, 15, p. 265—361; Turner L. B., The Rectifier in Telephonic Receivers, «Electrician», L., 1926, v. 97, p. 288, 412, 556; Schleede A. u. Buggis H., Der Kristalldetektor, «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1927, v. 30, H. 6, p. 190. П. Кухенко.

**ДЕТОНАТОРЫ**, особые капсули для воспламенения бризантных (детонирующих) взрывчатых веществ. Обыкновенно в качестве Д. пользуются гремучей ртутью в смеси с бертолетовой солью с прибавлением связывающих веществ; содержание бертолетовой соли в такой смеси колеблется от 10 до 20%. Смесь помещается в прессованном виде в медные гильзы диам. 5—8 мм, длину 16—50 мм при толщине стенок медной гильзы 0,5 мм. В зависимости от навески детонирующего вещества различают Д. по след. номерам:

№ детонатора	Вес смеси:		№ детонатора	Вес смеси:	
	грам. ртуть +	хлорат калия		грам. ртуть +	хлорат калия
1	0,30		6	1,00	
2	0,40		7	1,50	
3	0,54		8	2,00	
4	0,65		9	2,50	
5	0,80		10	3,00	

На практике обычно пользуются капсулями Д. от № 6 до № 10. Кроме указанной выше смеси, часто употребляют в качестве Д. тринитролуол, тетрил (тетранитрометиланилин) и азид свинца  $PbN_6$  (см. *Взрывчатые вещества*). Капсули с азидом свинца обладают высокими детонирующими свойствами и находят преимущественное применение при взрывании высокопроцентных динамитов. Тетриловые капсули служат хорошим Д. особенно для аммиачно-селитровых взрывчатых веществ. Т. к. азид свинца способен давать при длительном соприкосновении с медью очень чувствительное ко всякого рода ударам и трению соединение (азид меди), то для азидо-свинцовых Д. применяют медные, никелированные или алюминиевые гильзы. Благодаря чувствительности гремучей ртути и азид свинца к ударам и трению Д. требуют осторожного обращения; особенно чувствительными являются капсули с азидом свинца, когда последний имеет строение в виде крупных кристаллов. Для воспламенения Д. пользуются бикфордовым или детонирующим шнуром или электрич. током.

Лит.: Сухаревский М. Я., Взрывчатые вещества и взрывные работы, т. 2, Москва, 1923; Kast H., Spreng- u. Zündstoffe, Leipzig, 1924; Stettbacher A., Die Schiess- u. Sprengstoffe, Leipzig, 1919. А. Гарнаш.

**ДЕТОНАЦИЯ** в двигателях, особый характер протекания процесса сгорания в цилиндре двигателя, имеющий следующие

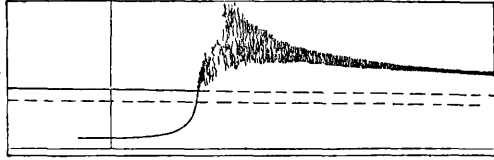
внешние признаки. Если в данном двигателе, нормально работающем на нек-ром топливе, повышать степень сжатия  $\epsilon$  (см. *Двигатели внутреннего сгорания*), то по достижении нек-рой ее величины, вполне определенной для данного топлива, двигателя и режима его работы, работа мотора становится неустойчивой, в цилиндре появляется звонкий металлический стук, из выхлопных патрубков начинают периодически появляться черные выхлопы, указывающие на то, что сгорание рабочей смеси происходит с выделением свободного углерода (неполное сгорание, наблюдается при работе двигателя даже на бедных смесях); мощность двигателя уменьшается. При дальнейшем повышении степени сжатия все перечисленные явления усиливаются и обычно приводят к перегреву мотора и появлению преждевременной вспышки. Явление Д. очень часто смешивают с общеизвестным явлением преждевременной вспышки рабочей смеси, так как оба эти явления очень часто сопутствуют друг другу и каждое из них бывает причиной возникновения другого. Преждевременная вспышка появляется тогда, когда воспламенение рабочей смеси происходит вне зависимости от работы органов зажигания, вследствие общего перегрева двигателя или же чрезмерного нагрева отдельных деталей, находящихся в камере сгорания (напр., электродов свечи). Преждевременная вспышка, как и Д., сопровождается неровным ходом, падением мощности и стуком двигателя. Различие заключается в том, что Д. может происходить и при совершенно холодном моторе. Характер стука в обоих случаях также совершенно иной: при Д. слышен ясный металлическ. звук, а при преждевременной вспышке—глухой стук. Индикаторные диаграммы обоих случаев указывают на значительную разницу в самом характере протекания процесса. При Д. линия расширения имеет ясно выраженную зубчатую форму, указывающую на резкое колебание давления, тогда как преждевременная вспышка, аналогично слишком раннему опережению зажигания, дает отрицательную петлю на диаграмме и плавную линию расширения.

Наиболее подробные исследования явления Д. рабочих смесей непосредственно на двигателе были произведены проф. Рикардо в 1919—20 годах. В СССР исследование явлений Д. было произведено ин-тами ЦАГИ и НАМИ. Установлено, что основными факторами, от к-рых зависит Д., являются степень сжатия двигателя и сорт применяемого топлива. Увеличение степени сжатия вызывает возрастание  $t^\circ$  и давления конца сжатия. Опыты по скиганию смесей в бомбах (Феннинг) показывают, что повышение любой из этих величин может вызвать Д., но повышение давления влияет более сильно. Сравнительно малое изменение  $t^\circ$  конца сжатия в двигателе при увеличении степени сжатия и исчезновении Д. при дросселировании, когда  $t^\circ$  в конце сжатия получается несколько выше, чем при работе на полном дросселе, заставляют предполагать, что основным фактором, влияющим на Д., является давление конца сжатия. На диаграмме (фиг. 1) представлены результаты опытов

Рикардо по изменению среднего индикаторного давления ( $p_i$ ) и давления конца сжатия ( $p_c$ ) при работе без Д. на бензине, детонирующем на полном открытии дросселя при  $\epsilon=4,85$ . Начиная с этой степени сжатия, двигатель приходилось дросселировать для устранения Д. Кривые  $p'_i$  и  $p'_c$  представляют среднее индикаторное давление и давление конца сжатия при работе на полном дросселе на недетонирующем топливе. Из диаграммы видны потери мощности при высоких значениях  $\epsilon$ , а также то, что давление конца сжатия, соответствующее моменту исчезновения Д., мало изменяется со степенью сжатия. На фигурах 2 по 4 представлены, согласно опытам Р. У. Феннинга, кривые сгорания при Д. бензиновой смеси, при чем

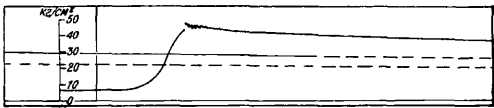
Фиг. 1.

на фиг. 2 весовое отношение бензина к воздуху  $= 1 : 10,7$ , начальная  $t^\circ 99,5^\circ$  и начальное давление  $6,65 \text{ кг/см}^2$ , на фиг. 3—смесь  $1 : 12,95$ ,  $t^\circ 201^\circ$  и давление  $8,46 \text{ кг/см}^2$  и на фиг. 4—смесь  $1 : 12,95$ ,  $t^\circ 231^\circ$  и давление  $9,03 \text{ кг/см}^2$ . Наивысшая степень сжатия, которая м. б. допущена для двигателя, всецело определяется качеством топлива. Наименее стойки в отношении Д. бензины, содержащие углеводороды парафинового ряда; далее идут нафтенны и, наконец, ароматики (бензол, толуол, ксилол). По опытам Рикардо, допустимая степень сжатия  $\epsilon$  для бензина без содержания ароматиков равняется 4,85; при работе же на толуоле начало Д. было замечено лишь при  $\epsilon=7,8$ . Для практической оценки сопротивляемости топлива Д. широким распространением пользуется «толуоловый эквивалент», предложенный Рикардо.



Фиг. 2.

на фиг. 2 весовое отношение бензина к воздуху  $= 1 : 10,7$ , начальная  $t^\circ 99,5^\circ$  и начальное давление  $6,65 \text{ кг/см}^2$ , на фиг. 3—смесь  $1 : 12,95$ ,  $t^\circ 201^\circ$  и давление  $8,46 \text{ кг/см}^2$  и на фиг. 4—смесь  $1 : 12,95$ ,  $t^\circ 231^\circ$  и давление  $9,03 \text{ кг/см}^2$ . Наивысшая степень сжатия, которая м. б. допущена для двигателя, всецело определяется качеством топлива. Наименее стойки в отношении Д. бензины, содержащие углеводороды парафинового ряда; далее идут нафтенны и, наконец, ароматики (бензол, толуол, ксилол). По опытам Рикардо, допустимая степень сжатия  $\epsilon$  для бензина без содержания ароматиков равняется 4,85; при работе же на толуоле начало Д. было замечено лишь при  $\epsilon=7,8$ . Для практической оценки сопротивляемости топлива Д. широким распространением пользуется «толуоловый эквивалент», предложенный Рикардо.



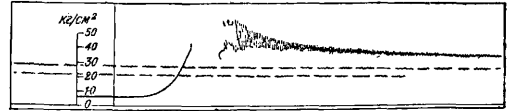
Фиг. 3.

При примешивании толуола к бензину, не содержащему ароматиков, увеличение допустимой степени сжатия м. б. принято прямо пропорциональным весовому содержанию толуола в смеси. Толуоловый эквивалент, выражающий собой процентное содержание толуола, непосредственно указывает допустимую для данного топлива степень сжатия. Рикардо принял толуоловый эквивалент равным 0 и 100 для степеней сжатия, соответственно равных 4,85 и 7,8. Указанные величины толуолового эквива-

лента и степеней сжатия имеют лишь относительное значение, т. к. Д. зависит также от конструктивных форм камеры сгорания и режима работы двигателя. На практике, для  $\epsilon$  в пределах 5,6—7,0, применяют так наз. недетонирующие топлива, представляющие собою смеси нормальных бензинов с бензолом и толуолом. При степенях сжатия, превышающих 7,5—8, приходится переходить на спирт или же примешивать к бензину т. н. антидетонаторы, незначительное прибавление к-рых устраняет Д.

Антидетонаторы представляют собою б. ч. органич. или металло-органич. соединения. Наиболее известными из них являются тетраэтиловый свинец, карбонильные соединения железа и никеля, бромистый этил, анилин, толуидин, метиланилин, органические перекиси и пр. Причины исчезновения Д. при применении ароматиков и антидетонаторов в точности не известны. В отношении ароматиков довольно удовлетворительным объяснением является указание на то, что они имеют циклическое строение молекулы, более стойкое в отношении распада, чем ациклическое строение, свойственное нормальным бензинам. Антидетонаторы, повидимому, действуют, как отрицательные катализаторы, замедляя сгорание рабочей смеси. Это подтверждается опытами Кларка и Генне по спектрографии пламени, указывающими на то, что появление ультрафиолетовой части в спектре при Д. исчезает после добавления антидетонаторов.

Появление Д. зависит также от конструктивной формы камеры сгорания и режима работы двигателя. Наивысшая допустимая

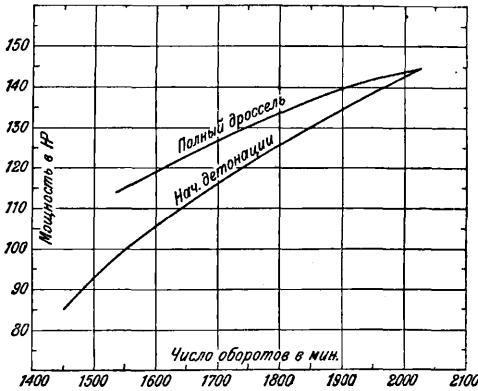


Фиг. 4.

степень сжатия для данного топлива изменяется в зависимости от конструкции камеры сгорания. Чем компактнее камера сгорания, чем меньше в ней имеется выступов и чем меньше отношение ее поверхности к объему, тем выше, при прочих равных условиях, будет степень сжатия, при к-рой наступает начало Д. Увеличение количества свечей, уменьшение наполнения (дросселирование) также уменьшают Д. На Д. влияют также состав рабочей смеси, установленное опережение зажигания и число оборотов двигателя. Д. начинает появляться при составах смеси, дающих наибольшую мощность, чему соответствует в автомобильных и авиационных моторах работа с нек-рым недостатком воздуха против теоретически необходимого для полного сгорания. Сравнительно узкие пределы состава рабочих смесей, на которых могут удовлетворительно работать такие двигатели, придают этому обстоятельству второстепенное значение. Увеличение опережения зажигания несколько усиливает Д., и наоборот; устранять Д. изменением момента зажигания можно лишь в очень узких пределах, не имеющих почти никакого практич. значения, так как уменьшение опережения зажигания дает сильное

догорание по линии расширения и, как следствие этого, перегрев клапанов и возможность появления преждевременной вспышки. Увеличение числа оборотов двигателя уменьшает детонацию, т. е. при работе на больших оборотах можно допускать большее открытие дросселя.

На фиг. 5 представлены результаты опытов ЦАГИ с авиамотором Непир при  $\epsilon=5,0$ . Верхняя кривая дает максимальную мощность, развиваемую мотором на разных числах оборотов при полном открытии дросселя и работе на недетонирующем топливе.



Фиг. 5.

Вторая кривая дает степень дросселирования, необходимую для устранения Д. при разных числах оборотов. По мере увеличения числа оборотов степень дросселирования уменьшается, и при нормальном числе 2 000 об/м. мотор может работать на выбранном топливе почти без Д., при полном открытии дросселя. Испытания производились при работе только на одном блоке в 4 цилиндра. При изучении Д. необходимо различать механич. и физико-химич. стороны явления. Первая состоит в изучении механич. условий, необходимых для образования и протекания взрывной волны. Механич. теория Д. разработана Гугонио (Hugonio), Жуке, Риманом и Беккером. Основные данные этой теории находят себе подтверждение из опытов в трубах. Интересным подтверждением возможности применения основных выводов механической теории к условиям сгорания в двигателе является конструкция ступенчатого поршня, устраняющего Д., выполненная проф. Дюмануа. Физико-химич. сторона явления до сего времени еще не вышла из области б. или м. вероятных гипотез.

Теория мгновенного воспламенения, выдвинутая Рикардо, Тизаром и Пайем (Pue), заключается в предположении, что сгорание и повышение давления в сгоревшей части смеси вызывают сильное поджатие и, как следствие этого, повышение  $t^\circ$  и мгновенное воспламенение несгоревшей части, дающее начало детонационной волне. При этом необходимо, чтобы скорость выделения тепла в сгоревшей части превосходила на определенную величину скорость потери тепла, отдаваемого стенкам несгоревшей частью смеси. Это условие и скорость химич. реакции,

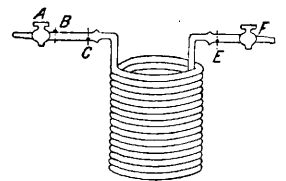
различная для рабочих смесей разных топлив, определяют течение процесса Д. Теория образования ядер, разработанная Каллендером, Кингом и на основании изучения энтропийных диаграмм углеводородных топлив, предполагает, что к концу сжатия может происходить в рабочей смеси явление конденсации с образованием более тяжелых молекул. Так как температура воспламенения углеводородов парафинового ряда ниже для более тяжелых фракций, то образовавшиеся ядра легко воспламеняются, создавая в смеси ряд очагов горения. Действие этих очагов оказывается особенно сильным благодаря лучистой энергии, поглощаемой содержащимися в них молекулами углерода, и вследствие энергичной реакции, происходящей на поверхности раздела жидкости и пара. В результате эти очаги вызывают мгновенное воспламенение большей части смеси, дающее очень резкое повышение  $t^\circ$ .

Лит.: Стечкин Б. С., «Техника воздушного флота», М., 1927, 1; Бегам Б. Л., там же, 5; Лисенко И., «Опыты с детонацией на авиомоторе Napier Lion V», М., 1926; Ricardo H. R., «The Internal-Combustion Engine», v. 2—High-Speed Engines, L., 1923; Ricardo H. R., «Engines of High Output», L., 1926; Mergan J. D., «Journal of the Soc. of Automotive Engineers», N. Y., 1925, Jan. 8, 1926, p. 121, 183, 284, 475, 509, 543, 575.

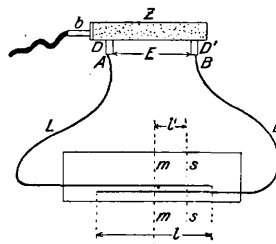
А. Добрынин.

**ДЕТОНАЦИЯ** взрывчатых веществ, разложение взрывчатых веществ (В. В.), которое характеризуется огромной скоростью распространения порядка нескольких км/сек (см. *Взрывчатые вещества*). Для определения скорости детонации взрывчатых газовых смесей пользуются прибором, который изображен на фиг. 1. Свинцовый змеевик,

длиной 75 м, через краны А и F заполняется испытуемой смесью; В—контакт для воспламенения смеси посредством электрической искры; С и E—контакты, соединенные с цепью электрического хронографа, измеряющего продолжительность времени распространения взрывной детонационной волны по змеевику от С до E. Дотриш (Dautriche) предложил лабораторный метод, позволяющий без хронографа определять скорость Д. при помощи детонационного шнура, скорость горения которого известна (шнур представляет трубку, плотно набитую порошкообразным меллинитом или динамитом). Испытуемое В. В. помещают в трубку Z (фиг. 2), снабженную для взрыва капсулом b гремучей ртути (1,5 г). Ветви детонационного шнура закрепляют в А и В. Концы шнура укладывают на свинцовую пластину так обр., чтобы они заходили друг за друга на расстояние l, как показано на фиг. 2. На пластине намечают среднюю линию *mt*. Определив длину ка-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

нужно измерить длину от А до В. Определив длину ка-

ждой ветви шнура  $L$ , длину заряда  $E$  между точками  $D$  и  $D'$  в трубке, производят взрыв и отмечают линию  $ss$  на пластинке, проходящую через след одновременного сгорания шнуров. Если обозначить скорость горения шнура через  $V_{ш.}$  и сравнить время горения по пути  $DA$  и по пути  $D'Vs$ , то в случае, если ветви шнуров равны, получим уравнение:

$$\frac{L - \frac{l}{2} + l'}{V_{ш.}} = \frac{E}{V_x} + \frac{L - \frac{l}{2} - l'}{V_{ш.}},$$

откуда определится искомая скорость  $D$ :

$$V_x = \frac{V_{ш.} \cdot E}{2l'}$$

Обычно правую ветвь шнура берут на 200 мм короче левой. На основании теоретич. соображений Бертело можно рассчитать скорости  $D$ , взрывчатых газовых смесей по Фле:

$$V = 29,354 \sqrt{\frac{T_0}{\delta}} \text{ м/сек,}$$

где  $\delta$ —плотность продуктов взрыва относительно воздуха и  $T_0$ —тем-ра продуктов разложения при взрыве. Метательные В. В. могут детонировать при быстром и значительном повышении давления и при большой плотности заряжания, при чем явление детонации наступает тем легче, чем меньше размеры пороховых зерен. Скорость детонации зависит от следующих условий: 1) от способа воспламенения заряда—от мощности начального импульса, повышаясь с увеличением ее; 2) от степени влажности В. В.; 3) от прочности оболочки, содержащей заряд; 4) от величины диаметра заряда—в узких трубках скорость  $D$ , меньше, чем в широких; 5) от плотности В. В.

Лит.: см. *Взрывчатые вещества*.

Е. Агокас.

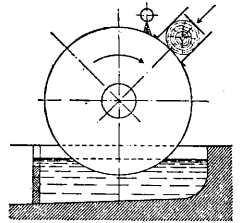
**ДЕФЕКАЦИЯ**, способ очистки сырого свежловичного сока при помощи извести и углекислоты (сатурация). Осадки, получаемые при этом процессе с фильтр-прессов и промытые водою, носят название *дефекационной грязи*. Средний состав грязи: 45÷50% воды и 50÷55% сухого вещества. Сухое вещество представляет собой сложную смесь ингредиентов: 55÷75%  $\text{CaCO}_3$ , 10÷15% органич. веществ, 1÷2%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,2÷0,4% N, 0,05÷0,03%  $\text{K}_2\text{O}$ , следы магн. Сахара содержится в грязи 1÷2% (см. *Сахарное производство*). Выход осадков (грязи) при  $D$ , составляет около 10% (по весу) от количества свеклы, поступившей на переработку, или в четыре раза больше против количества извести, употребленной для процесса очистки. Дефекационная грязь употребляется в сельском хозяйстве как *удобрение* (см.).

Н. Ракицкий.

**ДЕФИБРЕР** (дровомолка), основная машина древесномассного производства, выполняющая первую функцию производства—отщепление древесных волокон (трахеид) от сплошной массы древесины и отделение их друг от друга.

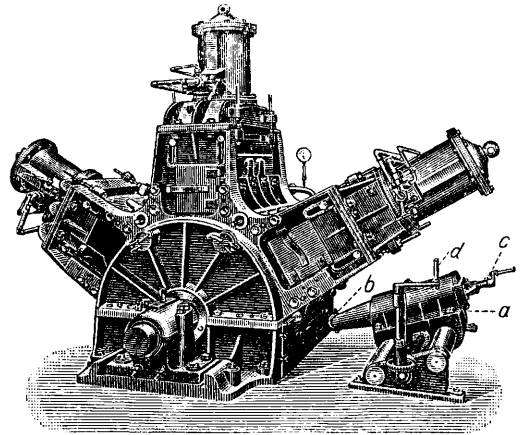
В конструкциях всех без исключения  $D$ , лежит один и тот же основной принцип Келлера (фиг. 1). На валу машины закреплен жорнов, вращающийся с некоторой скоростью. Скорость на окружности камня у прежних  $D$ , равнялась ок. 12 м/сек, у современных она составляет 16÷25 м/сек. Вокруг

камня расположены продолговатые, четырехстенные прессовые коробки (на фиг. 2—их три), прочно прикрепленные к солидной раме машины. Сторона этих коробок, обращенная к камню, открыта, так что камень является для них как бы днищем. Расстояние между нижним краем коробок и камнем делается минимальным. Противоположная камню сторона коробки имеет подвижное дно в виде прочной чугунной пластины, могущей продвигаться внутри коробки вплоть до самого камня. Верх этой пластины соединен со стержнем, другой конец которого несет поршень дефибрера, прочно прикрепленного к раме гидравлического пресса. Так образом,



Фиг. 1.

движение пластины внутри коробки точно следует за движением поршня пресса: при удалении его от вала машины пластина отходит от камня, при обратном движении она приближается к камню. Движение поршня (а следовательно, и пластины) производится напором воды, нагнетаемой внутрь цилиндра. При помощи крана особой конструкции и системы подводящих и отводящих воду каналов рабочий заставляет воду действовать то на одну, то на другую сторону поршня и, следовательно, то приближает, то отдаляет пластину от камня. В передней стенке каждой коробки имеются отверстия, закрываемые дверками, через к-рые коробки м. б.



Фиг. 2.

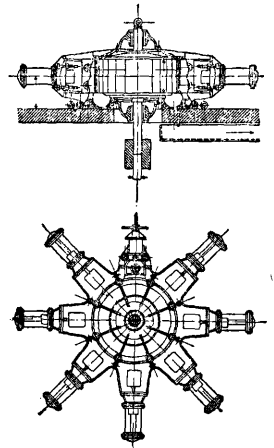
заполняемы балансом. Внутренняя ширина коробки на 60—70 мм менее ширины камня. По мере стирания камня, когда диаметр его уменьшается, а следовательно, просвет между камнем и стенками коробки увеличивается, помощью установочных болтов коробку снова приближают к камню и прочно закрепляют ее в этом положении. Под камнем помещается чугунное корыто, к продольным боковым стенкам к-рого и прикрепляется рама машины и подшипники вала дефибрера. У  $D$ , большой мощности корыто заменяется емкостью в фундаменте машины. В одной из поперечных стенок корыта

делается слив для воды, уносящей с собою готовые древесные волокна, отделенные от остальной массы древесины. Когда Д. пущен в ход, рабочий пускает на камень воду, затем поворотом крана пускает воду под поршни прессов, открывает дверки коробок («прессов») и загружает их нарезанным соответственно длине коробок балансом. Закрыв дверки, он новым поворотом крана переключает воду на рабочую сторону поршня; пластина идет в обратную сторону, прижимает загруженный баланс к камню, и начинается дефибрирование древесины, т. е. разделение на составляющие ее волокна. Отделяемые от древесины волокна уносятся поступающей на камень водою в нижнее корыто Д., а из него через имеющийся водослив поступают дальше на шеполовку. Коробки, в которые загружается баланс для прижатия его к камню, называются прессами, и по числу их Д. бывают двух-, трех-, четырех-, пяти-, восьмипрессными. Все такие Д. можно назвать Д. периодического действия, в отличие от появившихся в последнее время беспрессных Д. непрерывного действия.

В конструкции Д. постепенно изменяли число прессов, изменяли способ прижатия дерева к камню, порядок размещения прессов вокруг камня и ось их вращения, непрерывно усиливали конструкцию Д. в целях приложения большей силы на валу машины и увеличения продукции, изменяли способ смачивания камня водою, но основной принцип—келлеровский—оставался одним и тем же. В прежних конструкциях, вместо гидравлическ. прижатия баланса к камню, применялась особая система грузов или же стержень нажимной пластины устраивался в форме зубчатой рейки, с которой сцеплялось зубчатое колесо, соединенное сложною передачею с валом машины. Обе конструкции были очень слабы и совершенно непригодны для передачи непрерывно возрастающих давлений, так что в настоящее время для Д. исключительно применяется гидравлич. нажим периодич. действия. Изменяя диаметр гидравлического цилиндра, можно при этом произвольно изменять давление дерева на камень, а при увеличенном давлении можно увеличивать площадь пресса и скорость истирания древесины. В прежних дефибрерах длина закладываемых поленьев была  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  м; постепенно эта длина возросла до 1 200 мм; одновременно возросла и ширина прессов—от 200 до 400 мм. Зная длину закладываемых поленьев и ширину пресса, можно вычислить и площадь пресса, а зная диаметр цилиндра и давление воды, поступающей в цилиндр, можно определить и давление, оказываемое поршнем гидравлич. пресса. Определив это давление в кг, а площадь пресса в  $см^2$ , можно узнать давление, приходящееся на  $см^2$  площади пресса. Но было бы ошибочно полагать, что дерево, соприкасающееся с камнем Д., находится именно под этим давлением. Баланс, закладываемый в коробку (пресс), имеет обыкновенно цилиндрич. форму; если предположить, что поленья будут подобраны таким образом, что займут всю ширину коробки (напр., при ширине прес-

са в 370 мм—3 полена по 123 мм), то, лишь когда они будут истерты до центра, вся рабочая площадь камня, приходящаяся против пресса, будет покрыта древесиною, и давление на  $см^2$  рабочей площади будет равно расчетному. Но в начале работы пресса, когда поленья только пришли в соприкосновение с камнем, давление на  $см^2$  рабочей площади древесины во много раз больше. Вследствие этой разницы давления на единицу рабочей площади при одинаковой величине нажима, движение поршня происходит с различною скоростью: более быстро в начале работы пресса и более медленно по мере увеличения рабочей площади. Т. к. правильного подбора баланса при загрузке пресса не может быть, то рабочая площадь в каждый момент будет различна, и точно учесть ее невозможно. Поэтому условно можно принять, что действительная рабочая площадь в среднем составляет 75—66% всей рабочей площади. Обычно Д., т. е. диаметр цилиндра и площадь пресса, рассчитывают в настоящее время т. о., чтобы при принятом давлении воды в цилиндре получились рабочие давление в прессе  $2-2,5 кг/см^2$ .

По мере усовершенствования Д. и применения большего прессового давления увеличивалась и скорость истирания древесины, т. е. производительность пресса. Так, в прежних конструкциях продвижение древесины (поршня) составляло в мин. 4—5 мм, позднее, на Д. немецких э-дов, 8—20 мм и у америк. Д.—15, 30 и даже до 40 мм. У прежних дефибреров 3, 4, 5 прессов располагались в возможной близости один около другого, занимая  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  всей окружности камня. При новых дефибрерах расположение несколько более удачно, но нагрузка остается одностороннею, что при существующ. больших давлениях вызывает увеличение размеров подшипников, необходимость непрерывного охлаждения их водою и неизбежность очень вредного для закрепления камня прогиба оси. Наиболее удачным является равномерное распределение прессов по всей окружности, как это было осуществлено на горизонтальн. дефибрерах, изображенных в плане и разрезе на фиг. 3. Здесь ось Д. совсем не испытывает одностороннего бокового давления. Такая конструкция имела еще и то удобство, что позволяла закреплять камень на оси вертикальных турбин. Но в силу неких-рых других причин, указанных ниже, эта система также не находит теперь применения. В целях устранения одностороннего давления на ось Д. и для повышения кпд, некие-рые конструкции (напр., Dilts) располагали прессы так. обр.,

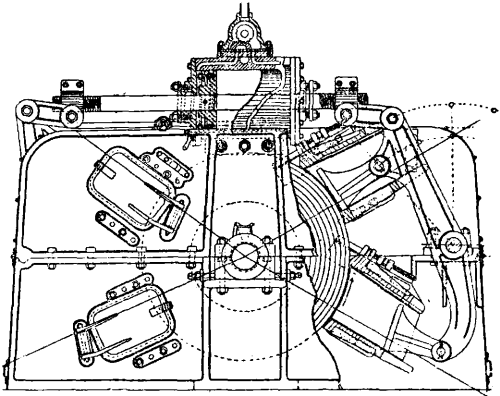


Фиг. 3.

прессов по всей окружности, как это было осуществлено на горизонтальн. дефибрерах, изображенных в плане и разрезе на фиг. 3. Здесь ось Д. совсем не испытывает одностороннего бокового давления. Такая конструкция имела еще и то удобство, что позволяла закреплять камень на оси вертикальных турбин. Но в силу неких-рых других причин, указанных ниже, эта система также не находит теперь применения. В целях устранения одностороннего давления на ось Д. и для повышения кпд, некие-рые конструкции (напр., Dilts) располагали прессы так. обр.,



что из трех прессов два диаметрально противоположны, и только третий оказывает вредное боковое влияние на ось, но этот пресс пускается в ход только во время кратковременной загрузки одного из боковых, после чего вновь останавливается, т. к. два остальных пресса рассчитаны на полную нагрузку Д. Ту же цель преследует конструкция Challenge Griden, изображенная на фиг. 4: здесь—четыре диаметрально расположенных пресса, из к-рых каждая пара управляется



Фиг. 4.

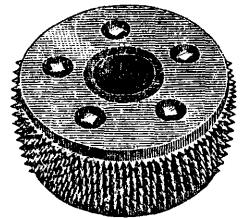
одним гидравлич. прессом при помощи соответственно расположенных рычагов. Каждая пара работает поочередно в периоды нагрузки другой пары. Аналогично сконструирован и более поздний Д. фирмы Dilts с четырьмя диаметрально расположенными прессами, но при этом каждая коробка имеет собственный гидравлический пресс. Включение и выключение прессов также попарное и одновременное.

Закрепление камня на валу производится по общепринятому америк. методу. По обе стороны того места вала, где должен находиться камень, имеются две винтовых нарезки—одна с правой и другая с левой резьбой. Камень закрепляется между двумя мощными шайбами с утолщенными втулками, имеющими внутреннюю резьбу, соответствующую правой и левой резьбе на валу. Вал продевается сквозь имеющееся в камне отверстие, и затем шайбы навинчиваются на резьбу вала до соприкосновения с камнем; для более плотного их соединения остающийся между ними просвет заполняется прокладкой из картона. Так как при прогибе вала на внутренней стороне прогиба края шайб должны сближаться между собой, а на противоположной стороне они должны расходиться, то возможны переход шайб за предел упругости металла и поломка их. Один из последн. патентов стремится устранить этот недостаток тем, что каждая шайба является сочлененною из двух частей: одной внешней, прочно соединенной с валом, и другой внутренней, прочно соединенной с камнем. Обе части шайб соединены между собой подвижно, так что при вращении камня возможно скрепление их осей под некоторым незначительным углом, для чего их соприкасающиеся поверхности обтачиваются по нек-рой шаровой поверхности. В этом

случае прогиб вала не производит деформации шайб, а только смещение их геометрических осей и скольжение трущихся шаровых поверхностей.

Для быстрого наполнения гидравлическ. прессов Д. водою высокого и притом постоянного давления устанавливают аккумулятор давления, который представляет собою железный клепаный резервуар; на фундаментной плите его или на самом резервуаре установлен небольшой водяной насос, работающий непрерывно и питающий водою этот резервуар. Как нагнетательная труба насоса, так и труба, идущая к гидравлич. прессам Д., соединены с нижней частью резервуара. Верхняя часть его заполнена воздухом, к-рый служит упругим буфером на тот случай, если бы по какой-либо причине расход воды прекратился, а нагнетательный насос продолжал бы работать. Резервуар снабжен водомерным стеклом для наблюдения за уровнем воды; кроме того, к нижней его части прикреплен предохранительный клапан, выпускающий в случае чрезмерного повышения давления избыток воды в приемный резервуар насоса; сюда же поступает и отработанная вода из гидравлич. прессов, так что в системе циркулирует одна и та же вода. При одном Д. аккумулятор получает движение от вала Д., если же он обслуживает несколько Д., то получает самостоятельное движение от привода или мотора. Благодаря аккумулятору является возможность поддерживать одинаковое давление во всех прессах Д., что очень существенно для получения волокна одинакового качества и для равномерной работы двигателя, приводящего Д. в движение.

По мере работы камня его поверхность сглаживается, и производительность Д. падает; в таких случаях новая насечка камня производится во время работы, на ходу камня, при помощи особого аппарата, принцип которого заключается в следующем. На салазках, параллельных оси Д., помощью подающего винта, движется каретка *a* (фиг. 2), представляющая собою пустотелый цилиндрический корпус, внутри которого проходит стержень, несущий на конце стальной насечный ролик *b*. Ролик, помощью винта с рукояткой *c*, может прижиматься к камню или, наоборот, отодвигаться от него. Рукоятка *d* управляет движением каретки. Насечный ролик (фиг. 5) имеет на своей окружности несколько рядов острых закаленных шипов. Вращающийся камень заставля-ет вращаться и сильно нажимающий на него ролик. Передвигаемый кареткой вдоль оси камня от одного края до другого ролик чертит на поверхности камня ряд спиральных пунктирных линий, число которых зависит от скорости движения каретки и числа рядов шипов на роликах. Чем мельче шипы ролика и чем ближе они друг к другу, тем чаще будет сетка углублений, нанесенных на камень. На больших Д. передвижение



Фиг. 5.

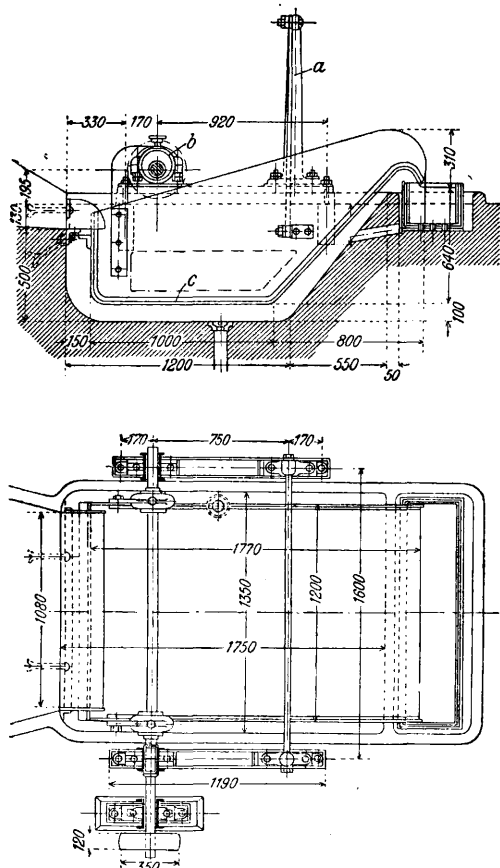
каретки часто производится не от руки, а механически от шкива или аппаратом, в котором каретка соединена с поршнем особого гидравлического пресса; пуская воду с той или другой стороны поршня, передвигают каретку вдоль оси камня. В зависимости от числа и расположения прессов насечный аппарат помещается или на уровне пола на общем фундаменте или же между прессами.

Неотъемлемой принадлежностью Д. является щеполовка—аппарат, предназначенный для улавливания щепы, остающейся

и неразмолотую щепу, поступает в это качающееся корыто, проходит вместе с массой сквозь прорези его дна *c*, а более крупная щепка остается на решетке.

Вода, содержащая древесные волокна, имеет молочный цвет, почему в Америке и Англии носит название «белой воды». Поступив сквозь решетчатое днище в резервуар щеполовки, эта вода идет далее на машины, отсортировывающие вполне готовое хорошее волокно от грубого, подлежащего дальнейшей рафинировке, а грубая щепка время от времени удаляется из корыта граблями или особым непрерывно действующим приспособлением. Непрерывное колебание корыта препятствует щепе закрыть отверстия решетчатого днища и тем затруднить свободный проход белой воды.

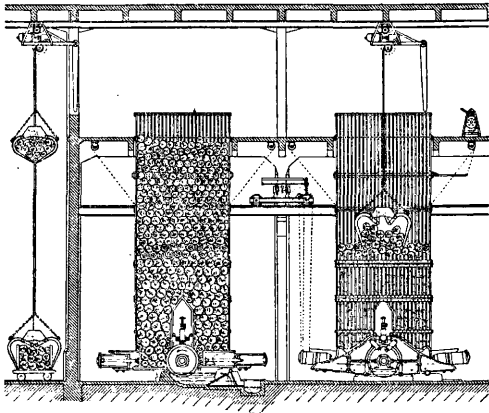
Вышеописанные Д.—периодич. действия с ручной загрузкой прессов—благодаря сравнительно небольшому размеру прессовых коробок при большой мощности Д., требуют частой загрузки, а следовательно, и значительного обслуживающего персонала. Механизация дефибрирования довольно удачно выполнена з-дом *J. M. Voith* в Германии, в его т. н. м а г а з и н н ы х Д., в к-рых как загрузка прессов, так и работа их совершается автоматически. Такой дефибрер имеет только два диаметрально расположенных пресса, но с большою дефибрирующею площадью. Коробка прессов не имеет верхних стенок (фиг. 7), благодаря чему загрузка прессов производится автоматически из находящегося под ними магазина баланса. При поступательном движении пресса баланс, находящийся между пластиною и камнем, непрерывно продвигается вперед и дефибрируется обычным путем, удерживаемый в своем стремлении выскользнуть кверху весом вышележащего баланса, а для того, чтобы верхний баланс не мог провалиться сзади пластины, последняя имеет форму угольника, горизонтальная сторона которого поддерживает вышележащие поленья. Как только пресс дойдет до конечного пункта, происходит автоматич. переключение крана, пресс в несколько секунд возвращается в свое начальное положение, а баланс занимает освобожденное пространство. Роль рабочего сводится к наблюдению за правильностью работы машины, за достаточным запасом баланса в магазине и к периодич. насечке камня. Насечный аппарат, как видно из фиг. 7, помещается над камнем в особой выемке внутри магазина. Подача очищенного баланса производится электр. лебедкой, захватывающей сразу большую партию баланса и раскрывающей грейфер, когда баланс будет опущен внутрь магазина. Благодаря такой механизации один рабочий может обслуживать несколько Д. большой производительности. Магазин из досок, скрепленных швеллерным железом, делается разборным из двух частей, чтобы, подняв верхнюю часть его, можно было подвести кран, а равно приподнять камень с валом в случае их смены или ремонта. Однако, при всех своих преимуществах магазинный Д. имеет и значительные недостатки. В обычных прессах продвигающийся к камню баланс скользит по двум боковым ровным поверхностям



Фиг. 6.

от баланса, после того как остальная его древесина превращена в волокно. Прежде чем вся масса поступит на дальнейшую обработку, она должна быть пропущена через крупную решетку, которая, пропуская годную массу, задерживала бы более или менее крупную щепу. Щеполовки по б. ч. представляют собой металлич. корыто, дном которого служит такая решетка в виде медного дырчат. листа. Щеполовка наиболее употребительной формы изображена на фиг. 6: одним своим концом корыто висит на двух металлических полосах *a*, а задняя часть его соединена, помощью двух эксцентриков *b*, *c* приводным валом и получает т. о. колебательное движение в окружающем щеполовку каменном резервуаре. Вода, стекающая через слив из-под дефибрера и уносящая с собою дефибрированную древесину

(стенкам) пресса; здесь только нижняя стенка представляет ровную поверхность, в верхней же части баланс встречает на своем пути



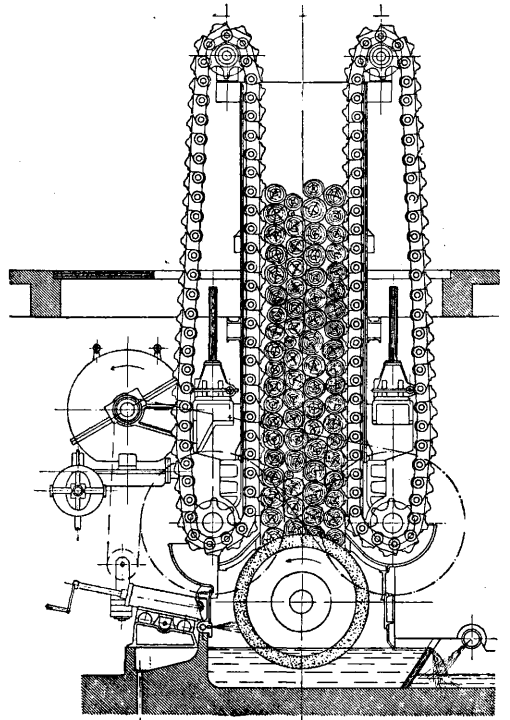
Фиг. 7.

значительное сопротивление поленьев, лежащих частью своей окружности ниже края движущейся пластины. Поэтому на своем пути пресс должен произвести лишнюю работу, приподнимая лежащий выше баланс. При этом происходит заклинивание нижнего ряда вышележащего баланса, иногда настолько сильное, что этот ряд образует как бы арочный мост, удерживающий на себе верхний баланс и оставляющий под собою при возвращении пресса пустое место. В таких случаях рабочему приходится ломом разрушать этот «мост». Вредным сопротивлением является также трение между балансом и нижними стенками прессов, — несравненно большее, чем в Д. друг. конструкций, благодаря большому весу баланса, находящегося в магазине. Одностороннее давление на ось камня при обратном ходе пресса также понижает кпд Д. Недостатком Д. является, наконец, быстрое изнашивание нижней стенки прессов вблизи камня.

Цепной Д. непрерывного действия, сохраняя все преимущества предыдущего Д., не имеет его недостатков. Сущность этой конструкции (фиг. 8) заключается в том, что прижимание дерева к камню производится не прессами, а двумя цепями (в особенно мощных Д. таких цепей по две с каждой стороны), на звеньях которых помощью особых шарниров укреплены прочные металлич. пальцы или выступы. Каждая бесконечная цепь натянута между верхним роликом и цепною шестернею вниз, приводящею цепь в движение. Расстояние между шестернею и роликом значительно (ролик находится во втором этаже), и все пространство между цепями заполнено балансом. Отличие цепного Д. от магазинного заключается в том, что с двух сторон опорю для баланса, вместо стенок, служат вертикальные железные балки (по две с каждой стороны), между которыми и движутся цепи, а две других — передняя и задняя — забраны досками (последние на фиг. не показаны). Рабочею поверхностью камня является вся его верхняя сторона, так что она значительно больше рабочей площади прежних вертикальных Д.

и зависит почти исключительно от ширины камня. Насечный аппарат работает сбоку. Д. снабжен особым регулятором скорости хода цепей, а следовательно, и силы нажима баланса. Этот Д. действительно представляет собою непрерывно работающую машину, в которой дефибрирование происходит все время в совершенно одинаковых условиях, работа рабочего еще больше упрощена и конструкция к-рой позволяет значительно увеличивать производительность по мере увеличения ширины камня. 3-д Voith строит Д., рассчитанные на баланс до 2 м длиной, расходующие 1 300 HP и производящие до 26 т древесной массы в сутки.

Два метода дефибрирования. Между массой, сходящей с Д. прежних типов, и массой, даваемой новейшими машинами, с первого же взгляда заметна громадная разница. Тогда как прежде масса имела приблизительно темп-ру речной воды, массу с современного Д. нельзя удержать в руке, настолько она горяча. В этом наглядно сказывается разница двух методов, получивших названия холодного и горячего дефибрирования. Разница между ними заключается в следующем. Теплота, происходящая при дефибрировании от трения дерева о камень, идет на нагревание древесины, камня и, гл. обр., на нагревание



Фиг. 8.

употребляемой воды. Прежние немецкие Д. имели перед каждым прессом spryski, дававшие воду на камень и смывавшие с него массу и щепу; американские конструкторы, отбросив spryski, опустили дефибрерный камень так, чтобы он на несколько см был погружен в воду. Этим они значительно понизили количество требующейся для

смачивания камня воды, благодаря чему температура воды, а следовательно, и массы повысилась на 40—50°.

Рабочую часть Д. является вращающийся в нем камень. Структурой этого камня и объясняется прежде всего процесс дефибрирования. В качестве материала для этих камней применяют природные песчаники, т. е. породы осадочного происхождения, состоящие из отдельных кварцевых зерен, соединенных между собою крепким, по преимуществу известковым, цементом. Форма этих зерен, их величина, расстояние между ними и крепость связующего их цемента определяют количество и качество получаемого волокна. Выбором камня с крупными, сильно выдающимися зернами или же с мелкой сыпью одинаковых кварцевых зернышек уже наперед определяются качества помола, т. е. вид и качество волокон древесной массы. Проф. Кирхнер, произведя подсчет количества зерен, приходящихся на 1 см<sup>2</sup> камней из каменоломен Эльбы, т. н. квадратных песчаников, нашел для вырабатываемых марок камней следующие числа:

Марка	S	—	1 200	—	1 400	зерен	—	камень	средн.	тверд.
»	O	—	1 000	—	1 200	»	—	»	»	мягкий
»	I	—	900	—	1 100	»	—	»	»	твердый
»	II	—	600	—	700	»	—	»	»	»
»	III	—	300	—	600	»	—	»	»	»

Следовательно, вместе с числом зерен в этих песчаниках изменялось и качество соединяющего их вещества. Практика установила, что для получения более тонкого, длинного и мягкого волокна необходимы более мелкозернистые и мягкие камни, аналогично примеру с рапилом и напилником. Отделение трахеид от баланса происходит благодаря внедрению кварцевых зерен в массу древесины и их поступательному движению. Чем грубее зерна, тем выше они выступают над поверхностью камня, тем глубже они проникают в древесину, тем больше расстояние между ними и, следовательно, тем большая площадь древесины (между двумя зернами) и тем более толстые слои ее д. б. оторваны при движении зерен. При мелких и частых зернах отрываемый слой тоньше и имеет форму более мелких отдельных участков. Это—первая стадия дефибрирования, определяемая формой кварцевых зерен. Сорванные с баланса пластинки и сколки древесины, увлекаемые движением камня, подвергаются на своем пути дальнейшим ударам выступающ. кварцевых зерен и трению между балансом и камнем. Естественно, что, чем тоньше эти пластинки и сколки, тем легче и скорее они распадаются на составляющие их трахеиды, что и оправдывает выбор мелкой сыпи и мягкого камня для получения тонкого и мягкого волокна. При крупных зернах пластинки и сколки гораздо крупнее и потому не успевают до выхода из пресса распасться на трахеиды, и мы встречаем в массе, сходящей с камня, очень много грубых, нераспавшихся частиц. Основываясь на этом, немцы, а за ними и другие европ. ф-ки, продолжали оставаться при Д. прежней конструкции, т. е. при холодном дефибрировании, лишь тщательнее подбирая структуру камня для требующегося им качества массы. Американцы, сами того не сознавая, ввели новый фактор в про-

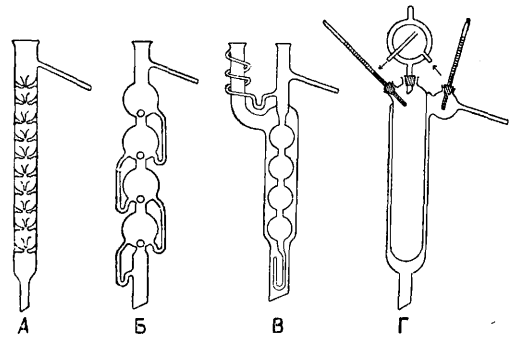
цессе дефибрирования—высокую  $t^{\circ}$ . Если сходящая с Д. масса при горячем дефибрировании имеет  $t^{\circ}$  60—65°, то, учитывая все потери тепла, мы должны допустить, что  $t^{\circ}$ , при которой происходит отщепление отдельных волокон от остальной массы, также значительно выше, чем при холодном дефибрировании, и превышает даже 100°. При этом волокна легче отделяются друг от друга, благодаря чему лучше сохраняют свою первоначальную форму отдельных трахеид. Таким образом получаются отдельные более длинные волокна, лучше переплетающиеся между собою, что так важно при производстве бумаги или картона. См. *Древесная масса, Бумажное производство.*

Лит.: см. *Древесная масса.*

Л. Жеребов.

**ДЕФЛЕГМАТОР**, аппарат, применяемый в технике перегонки жидких смесей. Назначение—облегчать точное разделение близко-кипящих компонентов и получение отдельных состав. частей смеси в чистом состоянии. Действие Д. (де ф л е г м а ц и я п а р а) состоит в частичной конденсации паров перегоняемой жидкости, при чем конденсат—т. н. ф л е г м а—возвращается обратно в перегонный сосуд. Перегонка с дефлегмацией происходит с меньшей скоростью и требует большего расхода тепла, чем простая перегонка; зато первый способ сразу дает более полное разделение и сокращает необходимое число перегонок. Всякий обратный холодильник является Д., если он конденсирует не все пары целиком. Системы Д., применяемые в лабораториях и в заводских установках, строятся также по принципу обратного холодильника.

Лабораторные Д. [2] изготовляются из стекла и соединяются с горлом перегонного сосуда и с холодильником; в таких Д.

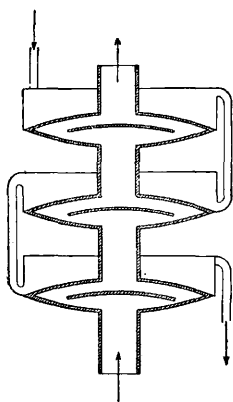


Фиг. 1.

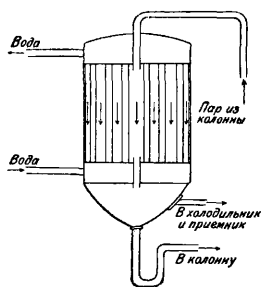
несущенная часть паров (перегон) обогащается ниже кипящей фракцией (укрепление пара), а флегма—фракцией выше кипящей. Конструкции лабораторных Д. весьма разнообразны. Простейшие из них имеют воздушное охлаждение, при чем поверхность конденсации увеличивается шарообразными расширениями трубки (Д. системы Вюрца) или вдавливанием ее стенок внутрь шиповидн. отростками (французский Д., фиг. 1, А). В более совершенных системах имеются приспособления для промывания восходящих паров сгущенной флегмой: Д. системы Линнемана и Д. системы Глинского содержат металлические сетки между

шариками; в Д. систем Лебеля и Геннингера (фиг. 1, Б) добавлены боковые сточные трубочки для жидкости, а число шариков доходит иногда до 25; Д. системы Гемпеля представляет широкую трубку, наполненную стеклянными шариками или цилиндриками, колечками, металл. стружками и т. п. В Д. систем Виссингера и Гоубена [2] охлаждение производится током посторонней жидкости (воды или ртути), при чем  $t^{\circ}_{\text{жид.}}$  отгоняемой фракции определяется скоростью пропускания охлаждающей струи. Очень точное разделение смесей дают так назыв. гомотермич. Д., в которых конденсационное пространство окружено жидкостью или паром с постоянной  $t^{\circ}$ , поддерживаемой вблизи  $t^{\circ}_{\text{жид.}}$  перегоняемой жидкости. Сюда относятся Д. (б и р е к т и ф и к а т о р ы) Голодеца для низкикипящих смесей [3] (фиг. 1, В), Д. сист. Тихвинского [4] для высококипящих смесей и сист. Гана [5] (фиг. 1, Г), внутренняя гильза к-рого наполняется жидкостью с  $t^{\circ}_{\text{жид.}}$  соответствующей  $t^{\circ}_{\text{жид.}}$  отгоняемой фракции. Наконец, за последнее время в лабораторную практику введены Д. колонного типа, представляющие подобие заводских аппаратов и обладающие наиболее совершенным действием: таковы дефлегматорные колонки Роберта [6], Дефтона [7] и другие [8, 9].

Заводские Д. [10], первоначально мало отличавшиеся от лабораторных, по мере своего усовершенствования превратились в сложные колонные аппараты (см.), название же Д. сохранено лишь за отдельной частью ректификационного аппарата. В технических Д. старых систем производилось не только получение флегмы из пара, но и промывание паров флегмой. Еще недавно большим применением пользовались Д.-анализаторы, на которые возлагалась задача фракционированной конден-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

сации пара. Такие Д. либо представляли собой тип многокамерного конденсатора, из к-рого каждая фракция флегмы отводилась отдельно на соответственный ярус колонны, либо они представляли собой самостоятельный колонный аппарат в миниатюре, где осуществлялся противоток пара и конденсата, напр. Д. системы Писториуса (фиг. 2). В настоящее время за Д. оставлена лишь функция получения флегмы для питания ею ректификационной колонны, «укрепляющей» пары. Т. о., колонна имеет отдельный обслуживающий ее Д., в к-ром часть пара (или даже

весь пар) конденсируется благодаря интенсивному охлаждению, напр., водой. Количество дефлегмированных паров регулируется впускком воды в конденсатор (Д.); полученная флегма отводится в верхнюю часть колонны. Обычная форма современного Д.—трубчатый холодильник (фиг. 3); устройство и его способ включения понятны из чертежа. Вариантми подобных систем являются: объединение в одном приборе функций дефлегматора и холодильника для собираемого отгона; монтаж такого Д.—внутри колонны; охлаждение Д. производится самой перегоняемой смесью, которая таким образом подогревается (рекуперация тепла). В некоторых случаях с успехом применялись и гомотермические дефлегматоры; особенно полезными оказались последние в области низких температур (разделение сжиженных газов). См. *Самостояние газов, Перегонка и Ректификация*.

Лит.: 1) Houben J., Die Methoden d. organ. Chemie, 3 Aufl., B. 1, p. 358—361, 589—598, Lpz., 1925; 2) Houben J., «Ch.-Ztg.», Cöthen, 1904, B. 28, p. 525; 3) Golodetz, «Ch. Ind.», 1912, B. 35, p. 102, 141; 4) Тихвинский М., «Ж.», 1909, т. 41, стр. 81, 386; 5) Hahn A., «В.», 1910, B. 43, p. 420; 6) Robert M. H., «CR», 1919, t. 168, p. 998; 7) Dufton, «J. Ch. I.», 1919, v. 38, p. 45; 8) Peters, W. A. K., «J. Eng. Chem.», 1926, v. 18, p. 69; 9) Friedrichs F., «Z. ang. Ch.», 1919, B. 32, p. 340 (сравнение различных Д.); 10) Фокин Л. Ф., Методы и орудия химич. техники, ч. 2 — Обработка жидкостей, гл. 8, Ленинград, 1925.

В. Янковский.

## ДЕФЛЕГМАЦИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ, см.

*Нефти переработка.*

**ДЕФЛЯЦИЯ**, процесс развевания, удаления ветром продуктов разрушения горных пород. Сильный ветер подхватывает мелкие минеральные частицы, высоко поднимает их и уносит на далекое расстояние, где они, отлагаясь, образуют осадки, называемые лёссом. Более крупные частицы перекачиваются по поверхности и скопляются в гряды и холмы (дюны, барханы). Процесс Д. особенно интенсивен в сухих, лишенных растительности местностях, но и в травянистых областях, напр. в черноземной полосе СССР, в засушливые годы ураганы сносят верхние слои вспаханной земли; в некоторых же местах тучный чернозем засыпается летучим песком. В пустынях летящий песок ударяет по встречающимся на пути горным породам и вытаскивает в них (явления корразии) всякого рода неправильные углубления. Более слабые породы разрушаются скорее, крепкие же выступают в виде оригинальных форм рельефа: золотых столбов, столовых гор, куполов и проч.

Лит.: Вальтер И., Законы образования пустынь, пер. с нем., СПб, 1914; Обручев В., О процессах выветривания и развевания в Центр. Азии, «Зап. Минер. об-ва», СПб, 1895, т. 33, вып. 1; египет. Золотой город, «Семлеведение», М., 1911, кн. 3.

**ДЕФОРМАЦИЯ**, изменение формы упругого тела, вызываемое действующими на него внешними силами, если для тела устранена возможность перемещений, свойственных абсолютно твердому телу. Деформация упругого тела будет определена, если будут известны для каждой его точки проекции  $U$ ,  $V$  и  $W$  ее перемещений на координатные оси. Если предположить, что упругое тело закреплено в начале координат и лишено возможности вращения относительно координатных осей, то, при действии на него растягивающей



определяться 3 слагающими  $e_{xx}$ ,  $e_{yy}$  и  $e_{zz}$ . В конечном преобразовании эти зависимости приводятся к виду:

$$\left. \begin{aligned} n_{xx} &= \lambda(e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) + 2\mu e_{xx} \\ n_{yy} &= \lambda(e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) + 2\mu e_{yy} \\ n_{zz} &= \lambda(e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) + 2\mu e_{zz} \\ t_{xy} &= \mu e_{xy} \\ t_{xz} &= \mu e_{xz} \\ t_{yz} &= \mu e_{yz} \end{aligned} \right\} (7)$$

В этих выражениях  $\lambda$  и  $\mu$  — коэфф-ты (предположение Lamé). В технике вместо этих коэффицентов обычно пользуются модулями упругости: продольной  $E$  и поперечной  $G$ , а также коэфф-том  $\eta$  Пуассона, выражая эту зависимость так:

$$\lambda = \frac{E\eta}{(1+\eta)(1-2\eta)}; \mu = G = \frac{E}{2(1+\eta)}. \quad (8)$$

Подставив эти значения в выражение (7), получим:

$$\left. \begin{aligned} n_{xx} &= \frac{E}{1+\eta} \left[ e_{xx} + \frac{\eta}{1-2\eta} (e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) \right] \\ n_{yy} &= \frac{E}{1+\eta} \left[ e_{yy} + \frac{\eta}{1-2\eta} (e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) \right] \\ n_{zz} &= \frac{E}{1+\eta} \left[ e_{zz} + \frac{\eta}{1-2\eta} (e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}) \right] \\ t_{xy} &= \frac{E}{2(1+\eta)} e_{xy} = G e_{xy}; t_{xz} = G e_{xz}; t_{yz} = G e_{yz} \end{aligned} \right\} (9)$$

Величины же слагающих Д. выразятся так:

$$\left. \begin{aligned} e_{xx} &= \frac{1}{E} \left[ n_{xx} - \eta(n_{yy} + n_{zz}) \right] \\ e_{yy} &= \frac{1}{E} \left[ n_{yy} - \eta(n_{xx} + n_{zz}) \right] \\ e_{zz} &= \frac{1}{E} \left[ n_{zz} - \eta(n_{yy} + n_{xx}) \right] \end{aligned} \right\} (10)$$

При решении техн. задач о величине и распределении напряжений в упругом теле приходится определять их по заданным внешним силам. Шесть слагающих напряжений в любой точке тела связаны между собой, как известно, следующими тремя дифференциальными ур-ями равновесия:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial n_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial t_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial t_{xz}}{\partial z} + X_v = 0 \\ \frac{\partial n_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial t_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial t_{yz}}{\partial z} + Y_v = 0 \\ \frac{\partial n_{zz}}{\partial z} + \frac{\partial t_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial t_{zy}}{\partial y} + Z_v = 0 \end{aligned} \right\} (11)$$

в к-рых  $X_v$ ,  $Y_v$  и  $Z_v$  — слагающие объемного веса. Этих ур-ий, как известно, недостаточно для определения напряжений. Но т. к. вызываемые этими напряжениями Д. должны удовлетворять шести дифференциальным зависимостям (3) и (3а), то, с присоединением их к ур-ям (11) и составленным условий равновесия на поверхности тела, получится достаточное число условий для определения слагающих напряжений. Зная последние и пользуясь выражениями (10), можно определить величины слагающих Д. ( $e_{xx}$ , ...,  $e_{yz}$ ), после чего задача сводится к определению перемещений  $U$ ,  $V$  и  $W$ , что может быть выполнено путем интегрирования системы линейных уравнений (1) и (1а). Проведение этих расчетов относится к задачам теории упругости.

Плоская задача. Д. называется плоской, если перемещения всех точек тела параллельны одной и той же плоскости. В этом случае перемещения  $U$  и  $V$  будут ли-

нейными функциями координат  $x$  и  $y$ , а перемещение  $W = 0$ . В частных случаях возможно наложение условия действия по направлению оси  $Z$  равномерного растяжения или сжатия, в каком-то случае перемещение  $W$  будет линейной функцией от  $z$ . К такому виду плоской Д. приводится большое число техн. задач, в к-рых длинное тело можно рассечь параллельными плоскостями на отдельные элементы, находящиеся в одинаковых условиях Д. В связи с таким предположением будет иметь место ряд упрощений, а именно: 1) слагающие напряжений  $t_{xz} = 0$  и  $t_{yz} = 0$ ; напряжение  $n_{zz}$  или равно 0 или м. б. выражено в функции  $n_{xx}$  и  $n_{yy}$ ; 2) слагающие деформаций  $e_{xz} = 0$  и  $e_{yz} = 0$ ; слагающая Д.  $e_{zz}$  или равна 0 или представляется постоян. величиной. Соответственно этому: а) дифференциальные уравнения равновесия (11) приводятся к двум уравнениям:

$$\frac{\partial n_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial t_{xy}}{\partial y} + X_v = 0; \frac{\partial n_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial t_{yx}}{\partial x} + Y_v = 0; (12)$$

б) кроме того,

$$n_{zz} = \eta(n_{xx} + n_{yy});$$

в) дифференциальные зависимости (3) между соответствующими Д. приводятся к одной:

$$\frac{\partial^2 e_{xx}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 e_{yy}}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 e_{xy}}{\partial x \partial y}. \quad (13)$$

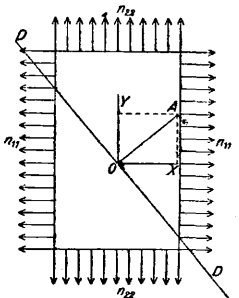
Остальные зависимости тождественно удовлетворяются; величины (10) слагающих Д. приводятся к виду:

$$\left. \begin{aligned} e_{xx} &= \frac{1}{E} (n_{xx} - \eta n_{yy}); \quad e_{yy} = \frac{1}{E} (n_{yy} - \eta n_{xx}); \\ e_{xy} &= \frac{2(1+\eta)}{E} t_{xy} = \frac{1}{G} t_{xy}. \end{aligned} \right\} (14)$$

Такие же упрощения получаются, когда упругое тело представляется в виде тонкой цилиндрич. пластинки, толщиной  $2h$ . Для срединной плоскости  $XU$  такой пластинки слагающие напряжения  $n_{xx}$  и  $n_{yy}$  определяются ур-ями вида (12); что касается величины напряжения  $n_{zz}$ , то, т. к. оно по крайним плоскостям пластинки равно 0, его с достаточной степенью точности можно принять равным 0 по всей толщине тонкой пластинки.

Переход от пространственного упругого тела к плоскому позволяет применить для изучения распределения Д. и напряжений оптический метод. Начало метода можно видеть в опытах Брюстера (1815 г.), который показал, что нек-рые изотропные аморфные тела, обычно оптически постоянные по всем направлениям, под действием внешних сил, т. е. под влиянием происходящих при этом Д., временно изменяют свои оптическ. свойства и становятся, как говорят, двуупреломляющим телом, т. е. обнаруживают в поляризованном свете явления хроматической поляризации.

Предположим, что на прямоугольную стеклянную пластинку, находящуюся под действием равномерно распределенных по ее граням давлений  $n_{11}$  и  $n_{22}$  (фиг. 1) падает поляризован. луч света  $DD$  с



Фиг. 1.

колебаниями, направленными по ОА. Как только под действием внешн. сил в пластинке возникнут неодинаковые деформации по направлениям X и Y, распространение световых колебаний по этим направлениям будет происходить неодинаково, и пластинка станет двуупрепляющей, вследствие чего плоскополяризованный луч разложится на два взаимно перпендикулярных колебания. Т. к. скорости  $v_x$  и  $v_y$  распространения колебаний будут неодинаковы, то после прохождения луча через пластинку толщиной  $c$ , будет получаться разность  $\Delta$  хода обоих лучей, пропорциональная произведению разности скоростей ( $v_x - v_y$ ) на пройденный путь:

$$\Delta = k_1 \cdot c(v_x - v_y),$$

где  $k_1$  — постоянная величина, не зависящая от свойств материала. Чем больше будет разность скоростей, тем больше будет разность напряжений и соответствующих им  $D$ , а потому

$$v_x - v_y = k_2(n_{11} - n_{22});$$

отсюда следует, что

$$\Delta = k_1 \cdot k_2 \cdot c(n_{11} - n_{22}),$$

и

$$n_{11} - n_{22} = k \frac{\Delta}{c},$$

где  $k$  — коэффициент оптической упрягости; он различен для разных материалов (для стекла принимают  $k$  равным 40 000 кг/мм). Т. о., запаздывание в лучах будет характеризовать разность главных напряжений ( $n_{xx} - n_{yy}$ ) и, следовательно, будет определять величину наибольшего касательного напряжения:  $t = \frac{1}{2}(n_{11} - n_{22})$ . На анализаторе, воспринимающем на себя пучок поляризованных лучей, прошедших через испытываемую пластинку, это явление запаздывания будет характеризоваться появлением окрашивания пластинки. В зависимости от распределения  $D$ , пластинка будет окрашиваться в различные цвета; в случае однородной  $D$ , изменение цвета будет одинаковым по всей пластинке; если в зависимости от односторонних или местных нагрузок по  $D$  будут распределяться неодинаково по пластинке, то распространение окрашивания будет характеризоваться различными цветами, к-рые будут распределяться в виде цветных кривых (радуг или колец Ньютона), форма и густота которых бывает различна (см. табл.). В частном случае, когда главные напряжения  $n_{11} = n_{22}$ , разность между ними равна нулю, и, следовательно,  $D$  будут равны между собой, разности в распространении лучей не будет, а потому и не будет окрашивания. Т. о., применение поляризационного метода для изучения пластинок, подвергающихся напряжению, позволяет непосредственно установить распространение  $D$  и напряжений в испытываемом образце. Преимущество его заключается в том, что

Хроматический масштаб напряжений для ксилонитового (целлюлоидного) образца, толщ. 6 мм, сечением 60 мм<sup>2</sup>.

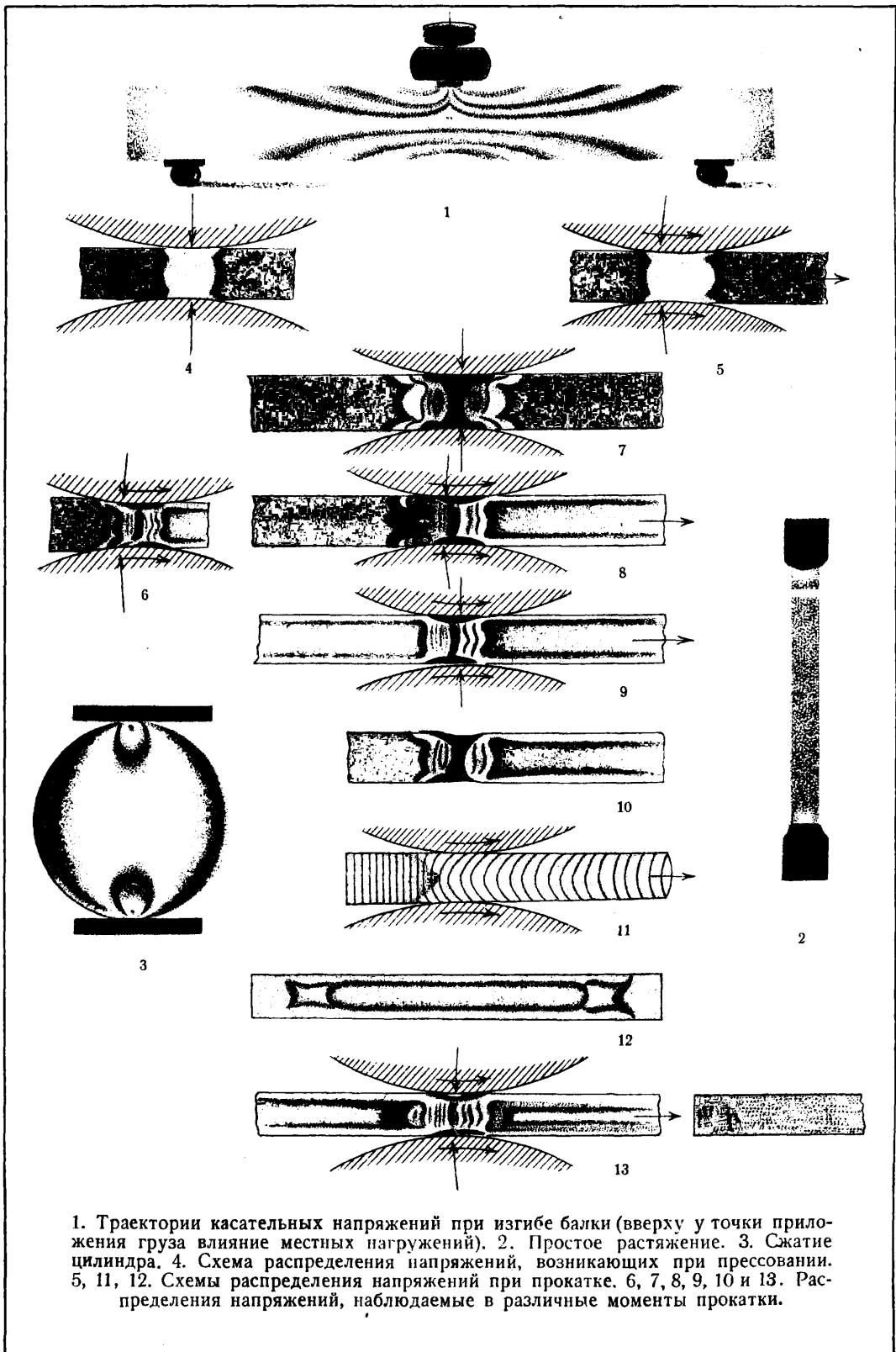
Порядок	Цвет окраски	кг/см <sup>2</sup>	Порядок	Цвет окраски	кг/см <sup>2</sup>	
—	Собственный цвет	—	III	Оранжевый . . . . .	143	
I	Черноватый . . . . .	—		Пурпуровый . . . . .	158	
	Сероватый . . . . .	13		Фиолетовый . . . . .	168	
	Беловатый . . . . .	23		Голубой . . . . .	171	
	Белый . . . . .	26		Голубовато-зеленый . . . . .	186	
	Желтовато-белый . . . . .	36		Зеленый . . . . .	193	
II	Желтый . . . . .	63	IV	Желтый . . . . .	216	
	Коричневатый . . . . .	76			Красный . . . . .	230
	Оранжевый . . . . .	78			Пурпуровый . . . . .	233
	Пурпуровый . . . . .	80			Серовато-голубой . . . . .	246
	Фиолетово-голубой . . . . .	87			Голубовато-зеленый . . . . .	250
	Индиго . . . . .	93		Зеленый . . . . .	258	
	Голубой . . . . .	103	V	Желтовато-зеленый . . . . .	276	
	Зеленовато-голубой . . . . .	118			Красный . . . . .	290
	Желтовато-зеленый . . . . .	123			Серо-голубоватый . . . . .	313
	Желтый . . . . .	135			Зеленый . . . . .	320

он дает возможность выявить картину распространения напряжений и  $D$ , для таких сложных моделей, для к-рых теоретич. решение или затруднительно или даже невозможно. На вкладных листах дан ряд цветных фотографий, показывающих распространение  $D$  и напряжений в различных моделях. Этот метод м. б. использован также для определения величины разности главных напряжений. Для этого достаточно рядом с испытываемым образцом поместить эталонный стержень из того же материала и подвергать его равномерному растяжению с измерением действующей на него силы. Сопоставляя изменение цветов этого эталона при различных напряжениях в нем с цветами на испытываемом образце и следя не только за цветом, но и за его порядком, можно с достаточной степенью точности определить количественное распределение напряжений.

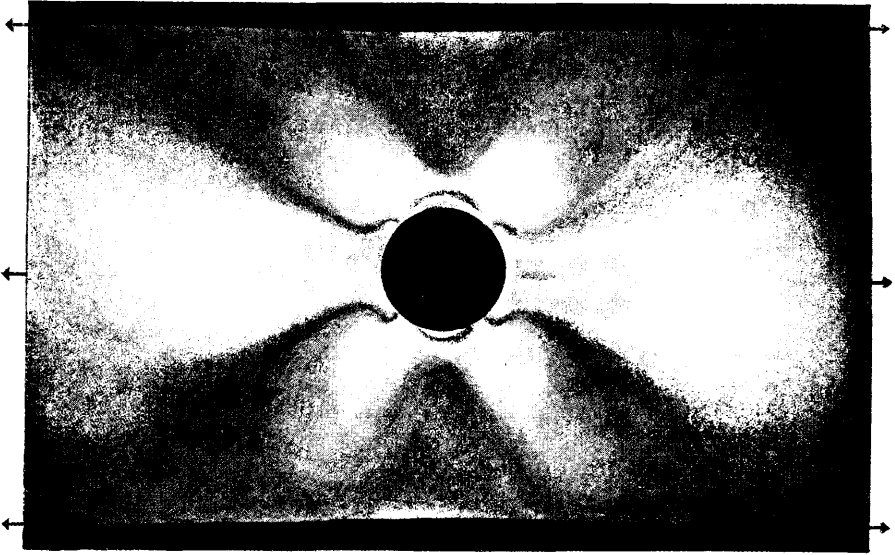
Оптический метод позволяет рассматривать распределение  $D$  только в условиях плоской задачи. Но именно то обстоятельство, что при рассмотрении, в условиях плоской задачи, простых (односвязных) контуров распределение напряжений в пластинке, как показал М. Леви, не зависит от упругих постоянных  $E$  и  $\eta$ , придает большое значение этому методу, т. к. устанавливает возможность изучать любые модели из прозрачных материалов, необычных для этих моделей, с полной уверенностью в том, что при изготовлении этих моделей из стали и др. изотропных материалов напряжения в них будут распределяться так же, как и в прозрачных материалах. И. Мишель показал, что в случае многосвязных контуров распределение напряжений не зависит от упругих свойств материала, если внешние силы, приложен к каждому отдельному контуру, представляют систему сил, взаимно уравновешивающихся, или систему, приводящуюся к паре.

Для оптич. исследований применяют специальные приборы, изготавливаемые оптич. фирмами. На фиг. 2 показана схема установки Цейсса; в основе она состоит из двух скрещенных призм Никола — поляризатора  $P$  и анализатора  $A$ , между которыми помещается испытываемый образец в прессе  $Q$ ; изображение получается на плоскости  $MM$  в особой камере. Более простую и легко выполнимую конструкцию представляет уста-

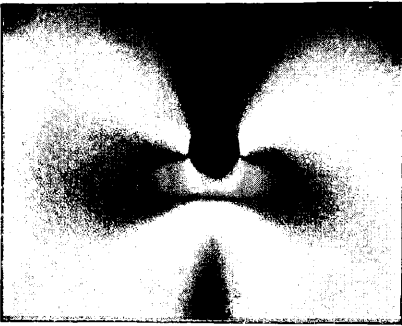




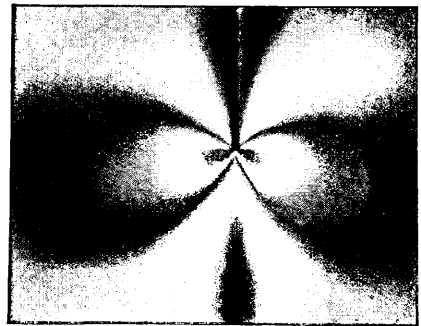
1. Траектории касательных напряжений при изгибе балки (вверху у точки приложения груза влияние местных напряжений). 2. Простое растяжение. 3. Сжатие цилиндра. 4. Схема распределения напряжений, возникающих при прессовании. 5, 11, 12. Схемы распределения напряжений при прокатке. 6, 7, 8, 9, 10 и 13. Распределения напряжений, наблюдаемые в различные моменты прокатки.



14



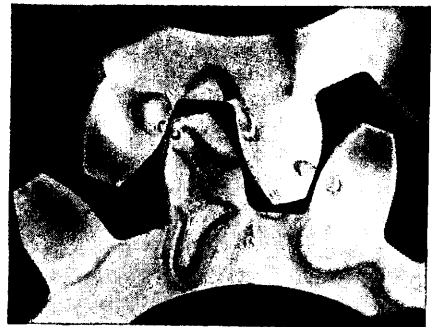
15



16



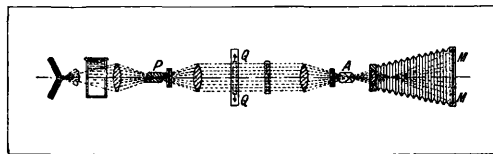
17



18

14. Влияние отверстия на распределение напряжений при растяжении. 15. Напряжения в конце трещины растягиваемого прямоугольного бруска. 16. Влияние круглого отверстия в конце трещины растягиваемого бруска. 17. Распределение напряжений в шестерне, насаженной на вал. 18. Распределение напряжений в шестерне под действием вращающего момента.

новка Кирпичева и Зайцева (фиг. 3). Она состоит из 2 марблитовых (зачерненных) зеркал, из к-рых зеркало *P* воспринимает свет от электр. лампочек и отбрасывает его в виде поляризованного пучка, проходящего



Фиг. 2.

через испытуемый образец, помещенный в прессе *Q*; второе зеркало *A* служит анализатором, в к-ром отражается деформированный образец. Обычно испытание производится над образцами из стекла или ксилонита. Лучшим из них является последний, т. к. не будучи столь хрупким как стекло, он обладает лучшей дупреломляющей способностью, так что пригоден для опытов уже при толщине 2—3 мм; кроме того, он легко подвергается обработке лобзиком и стамеской.

Определение *D*. в брусьях и стержневых системах. В повседневных задачах техники приходится иметь дело преимущественно с брусьями и стержнями, т. е. с элементами, имеющими небольшие поперечн. размеры по сравнению с длиной; такое соотношение размеров позволяет

к-рому работа сил, приложенных к находящейся в равновесии материальной системе, на любых бесконечно малых возможных перемещениях равна нулю, следовательно, в упругих системах сумма работ внешних и внутренних сил равна нулю. В общем виде работа внешних сил м. б. представлена в виде произведения  $\sum S_k \delta_k$ , в к-ром под  $S_k$  подразумевается любая внешняя сила, пара или момент, а под  $\delta_k$ —соответствующее им линейное или угловое перемещение. Работа внутренних сил м. б. выражена через слагающие внутренних сил, приложенных к любому бесконечно малому элементу длиной *ds* и определяемых величинами: нормальной силой *N*, поперечной силой *Q* и изгибающим моментом *M*, и через соответствующие им деформации: продольное удлинение  $\Delta ds$ , поперечный сдвиг  $\Delta \gamma$  и поворот сечения при изгибе  $\Delta \varphi$ . Исходя из принципа независимости сложения действий, работу внутренних сил для любого бесконечно малого элемента можно выразить так:

$$dT = N \Delta ds + Q \Delta \gamma + M \Delta \varphi,$$

а для всего тела она определится интегралом из этого выражения. Т. о., исходя из условия равенства нулю суммы работ внешних и внутренних сил и учитывая, что работа внутренних сил противоположна по знаку работе внешних сил, можно написать, что:

$$\sum S_k \delta_k = \int N_k \Delta ds + \int Q_k \Delta \gamma + \int M_k \Delta \varphi. \quad (15)$$

Если деформации вызваны приращением какой-либо внешней силы  $S_m$ , то величины  $\Delta ds$ ,  $\Delta \gamma$  и  $\Delta \varphi$  для каждого бесконечно малого элемента выражаются так:

$$\Delta ds = \frac{N_m}{E \omega} ds, \quad \Delta \gamma = k \frac{Q_m}{G \omega} ds, \quad \Delta \varphi = \frac{M_m}{EJ} ds,$$

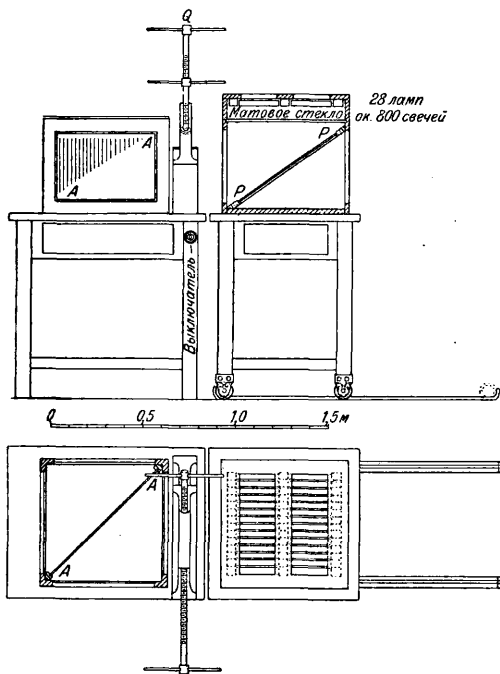
где *J* и  $\omega$  соответственно—момент инерции и площадь сечения, *k*—коэфф., зависящий от формы сечения (в прямоугольных сечениях  $k = \frac{6}{5}$ , в круглых— $k = \frac{32}{27}$ ). Если *D*. вызвана изменением темп-ры, то  $\Delta ds = \alpha t_0 ds$ ,  $\Delta \varphi = \alpha \frac{\Delta t}{c} ds$ , где  $t_0$ —тем-ра осевого волокна элемента, равная  $\frac{1}{2}(t_1 + t_2)$ , и  $\Delta t$ —разница температур крайних волокон, равная  $(t_1 - t_2)$ ; *c*—толщина сечения. Подставив эти выражения *D*. в ф-лу (15), получим:

$$\sum S_k \delta_{km} = \int N_k \frac{N_m}{E \omega} ds + \alpha t_0 \int N_k ds + k \int Q_k \frac{Q_m}{G \omega} ds + \int M_k \frac{M_m}{EJ} ds + \alpha \Delta t \int M_k \frac{ds}{c}, \quad (16)$$

где  $\delta_{km}$ —перемещение  $S_k$  под влиянием изменения  $S_m$ . Когда рассматриваются *D*. в сочлененных системах (фермах и т. п.), в которых внутренние силы определяются только продольными усилиями *N*, а площади поперечных сечений по длине каждого стержня обычно постоянны, выражение (16) приводится к такому:

$$\sum S_k \delta_{km} = \sum N_k \frac{N_m}{E \omega} \lambda + \sum N_k \alpha t \lambda, \quad (17)$$

в котором  $\lambda$ —длина каждого стержня между шарнирами. Выражения равенства работ (16) и (17) не изменятся, если вместо ряда внешних сил будет действовать одна сила



Фиг. 3.

пренебречь влиянием поперечных *D*. и рассматривать брусья и стержни как состоящие из бесконечно малых элементов длиной *ds* с постоянным поперечным сечением. При этих условиях вывод общего выражения *D*. или перемещения можно сделать, исходя из начала возможных перемещений, согласно

$S_k=1$ , вызывающая внутренние силы  $\bar{N}_k$ ,  $Q_k$  и момент  $\bar{M}_k$ , но они приведутся к виду

$$\delta_{km} = \int \bar{N}_k \frac{N_m}{E\omega} ds + at_0 \int \bar{N}_k ds + k \int \bar{Q}_k \frac{Q_m}{G\omega} ds + \int \bar{M}_k \frac{M_m}{EJ} ds + \alpha \Delta t \int \frac{\bar{M}_k}{c} ds, \quad (18)$$

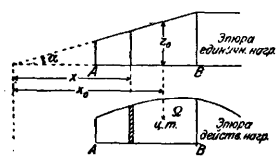
$$\delta_{km} = \sum \bar{N}_k \frac{N_m}{E\omega} \lambda + at \sum \bar{N}_k \lambda. \quad (19)$$

В таком виде эти выражения известны под названием у-рий Мора и служат для непосредственного определения перемещений, для чего в соответственных точках системы прикладываются по направлению искомого перемещения сила, равная 1, если определяется линейное перемещение, или момент, равный 1, если определяется поворот сечения, или, наконец, пара с моментом, равным 1, и плечом, равным длине стержня, если определяется поворот стержня. Эти единичные силы и моменты называются фиктивными, или воображаемыми, и служат только для определения перемещений. В тех случаях, когда определяется перемещение по направлению действующей силы или момента, для определения его удобно пользоваться теоремой Кастильяно, по которой перемещение определяется как частная производная из выражения потенциальной энергии по соответствующей силе или моменту:

$$\delta_{kk} = \frac{\partial V}{\partial S_k} = \int \frac{N_k}{E\omega} \cdot \frac{\partial N_k}{\partial S_k} ds + k \int \frac{Q_k}{G\omega} \cdot \frac{\partial Q_k}{\partial S_k} ds + \int \frac{M_k}{EJ} \cdot \frac{\partial M_k}{\partial S_k} ds. \quad (20)$$

Нетрудно, однако, видеть, что это выражение представляет собой частный случай выражения (18), так как всегда можно предположить, что  $N_k = \bar{N}_k \cdot S_k$ ,  $M_k = \bar{M}_k \cdot S_k$  и т. д., а потому величины производных  $\frac{\partial N_k}{\partial S_k} = \bar{N}_k$ ,

$\frac{\partial M_k}{\partial S_k} = \bar{M}_k$ , ..., что приводит выражение (20) к виду (18). Обычно при вычислении перемещений пренебрегают влиянием поперечной силы  $Q$  на  $\Delta$ , т. к. оно незначительно по сравнению с влиянием продольной силы и особенно момента. Влияние  $Q$  нарастает с увеличением поперечных размеров по отношению к длине. В системах с прямыми осями (балки, рамы и т. п.) процесс интегрирования по ф-лам (18) и (20) с успехом



Фиг. 4.

м. б. заменен вычислением влияния моментов по их эпюрам, что м. б. сделано или приемом Мора—путем рассмотрения эпюры как фиктивной нагрузки, или приемом Верещагина—путем сопоставления эпюр действительной и единичной нагрузок. Эпюры единичных нагрузок всегда имеют очертания по прямым, наклоненным под углом  $\alpha$  к оси стержня; эпюры от действительной нагрузки могут иметь криволинейное очертание. Для каждого прямого участка эпюры момент от единичной нагрузки всегда м. б. выражен через ординату эпюры  $z = x \operatorname{tg} \alpha$ , где  $x$ —расстояние ординаты от нулевой точки пересечения прямой, очерчивающей эпюры, с осью стержня (фиг. 4). В соответствии

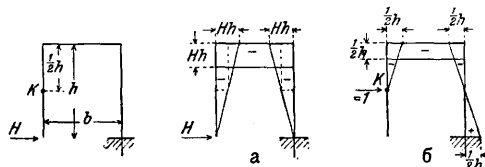
с этим, входящий в выражение (18) интеграл может быть приведен к такому виду:

$$\int \bar{M}_k \frac{M_m}{EJ} dx = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{E} \int \left( \frac{M_m}{J} dx \right) x. \quad (21)$$

Оставшийся под интегралом множитель  $\frac{M_m}{J} dx$  представляет собой элемент площади эпюры моментов от действительной нагрузки на участке  $dx$ , измененный в отношении  $1:J$ ; при постоянном моменте инерции последний выходит за знак интеграла. Самое же произведение  $\left( \frac{M_m}{J} dx \right) x$  представляет собой статический момент той же площади относительно нулевой точки единичной эпюры, а потому весь интеграл м. б. выражен в таком виде:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{E} \int \left( \frac{M_m}{J} dx \right) x = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{E} \Omega z_0 = \Omega \frac{z_0}{E}. \quad (22)$$

В этом выражении  $\Omega$ —площадь всей эпюры момента от действительной нагрузки—изменена в отношении  $1:J$ , а  $z_0 \operatorname{tg} \alpha$  определяет собой ординату  $z_0$  эпюры единичной нагрузки под  $c$ . т. площадь эпюры от действительной нагрузки. Т. к. в этом выражении перемещение определяется произведением площади на соответствующую ординату, то знак его определяется алгебраически по знакам эпюр. При ломаном очертании эпюры единичных нагрузок полное перемещение определяется суммой произведений  $\Omega z_0$  каждого участка. Напр., пусть требуется определить горизонтальное перемещение точки  $K$  ломаного бруска (фиг. 5) под действием



Фиг. 5.

горизонтальной силы  $H$ , приложенной на левом конце бруска. На фиг. 5, а и б, показаны эпюры моментов от действительной и единичной нагрузок. По ф-ле (22) перемещение выразится так:

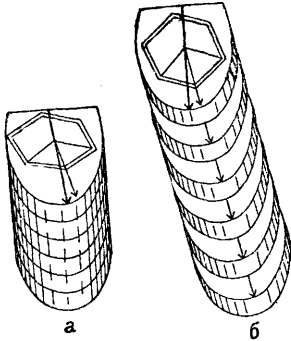
$$\delta_{KH} = 2 \left[ \frac{1}{2} h \cdot \frac{Hh}{2} \cdot \frac{h}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{Hh}{2} \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{3} \right] + b \cdot Hh \cdot \frac{1}{2} h - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} h \cdot \frac{Hh}{2} \cdot \frac{h}{6} = \frac{3Hh^3}{16} + \frac{bHh^3}{2}.$$

Аналогичные приемы расчета по эпюрам могут быть сделаны также и для интегралов, содержащих  $N$  и  $Q$ .

Лит.: Общай: Ясинский Ф., Собрание сочинений, т. 3, СПб, 1902; Митинский Н., Строительная механика. Сопроотивление материалов, СПб, 1911; Тимошенко С., Курс теории упругости, ч. 1, СПб, 1914; Love A., A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity, Cambridge, 1928; Clebsch A., Theorie d. Elastizität fester Körper, Lpz., 1862; Clebsch A., Théorie de l'élasticité des corps solides, P., 1883; Lamé, Leçons sur la théorie mathém. de l'élasticité des corps solides, 2 éd., P., 1866; de Saint-Venant, La résistance des corps solides, P., 1864; Boussinesq, Applications des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, P., 1885; Neumann F., Vorlesungen über die Theorie d. Elastizität d. festen Körper und d. Lichtäthers, Lpz., 1895; Love A., Lehrbuch d. Elastizität, Lpz.—B., 1907; Теодор О., Allgemeine Theoreme d. mathem. Elastizitätslehre (Integrations-theorie), Enzyklopädie d. math. Wiss., B. 4, Abt. 2, H. 1, Lpz., 1907. Оптический метод: Кирпичев В., Оптическое изучение упру-

гих деформаций, «Вестн. Об-ва технол.», СПб, 1913; Оптич. метод определения напряжений, «Американ. техн.», Нью Йорк, 1926, 7; Заайцев А., Оптич. метод изучения напряжений, Л., 1927; Maxwell C., On the Equilibrium of Elastic Solids, «Trans. Roy. Soc. Edinburgh», Edinburgh, 1853, v. 20; Leger M., Transmission des forces extérieures au travers des corps solides, «Mémoires et comptes rendus des travaux de la Société des ing. civils», Paris, 1879, série 3, v. 12, p. 288—344; Mesnager A., Contribution à l'étude de la déformation élastique des solides, «Annales des ponts et chaussées», Paris, 1901, série 8, trim. 4, p. 135; Coker E., The Determination by Photo-Elastic Methods of the Distribution of Stress, «Transactions of the Institute of Naval Archit.», London, 1911. И. Прокофьев.

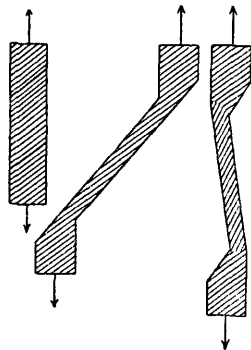
**ДЕФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛОВ**, изменение под действием сил формы и размеров дан-



Фиг. 1.

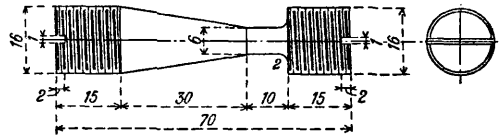
ного объема металла. Эти изменения м. б. у пр у г и м и, если после прекращения действия сил объем металла принимает первоначальную форму, и остаточными, если металл после прекращения действия сил останется в измененном (деформированном) виде. При Д. м. в горячем состоянии (выше  $t^0$  рекристаллизации) механические свойства

металла не изменяются, а при Д. м. в холодном состоянии это явление сопровождается изменением механических свойств. Величина усилия (выраженная в кг/мм<sup>2</sup>), производящего начало остаточной или пластической Д. м., называется пределом упругости данного материала. Механизм деформации одного металлического кристалла в условиях выше предела упругости (пластическая Д. м.) был изучен Полани (Polanyi) и его сотрудниками в 1923 г. Пластическая деформация кристалла всегда происходит так, что часть кристаллографич. определенных плоскостей и направлений сдвигаются друг относительно друга. При малой симметрии, как, напр., у цинка, это скольжение происходит по одной плоскости. Положение этой плоскости на деформированном кристалле выражается рядом эллипсов (вкладной лист, 2) и у Zn имеет место при нагрузке 36 г/мм<sup>2</sup> при 15° (по Заксу). На фиг. 1 (образец а сделан круглым из одного кристалла Zn) можно себе ясно представить этот механизм деформации растяжением одного кристалла, где большая стрелка указывает большую ось эллипса скольжения, а малая — направление силы, поворачивающей слой кристалла. Т. о., деформация кристалла не совпадает с направлением деформи-



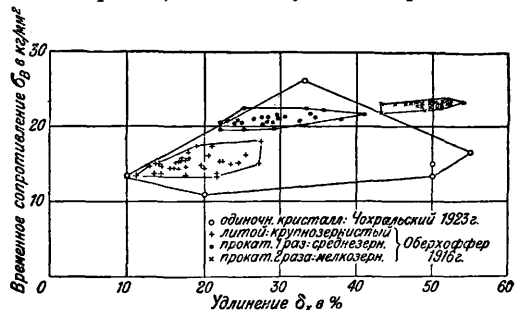
Фиг. 2.

рующего усилия (фиг. 2), поэтому деформированный кристалл (фиг. 1, б) принимает не круглую, а эллиптич. форму. Если образец



Фиг. 3.

состоит из нескольких (немногих) кристаллов, то аналогичная Д. м. происходит с каждым кристаллом, и деформированный образец имеет неправильную внешнюю форму (вкладной лист, 1). Технически металлы все состоят из очень многих кристаллов, но каждый из них деформируется самостоятельно, и при наступлении усилия, превосходящего предел упругости, каждый кристалл разбивается на параллельные плоскости по спайностям, видимым на вкладном листе, 3, 4 и 5, и назыв. линиями сдвига. На этом основании Фремон предложил следующий метод определения предела упругости. Изготавливается конической формы полированный образец (фиг. 3) и подвергается некому напряжению, превосходящему предел упругости в тонкой цилиндрич. части, где появятся на полированной поверхности линии сдвига, но так как напряжение не превосходит предела упругости в другой, толстой части образца, то на конусе в нек-ром месте



Фиг. 4.

между тонкой и толстой частями появится граница этих линий сдвига. Зная нагрузку и измерив диаметр образца у этой границы, можно определить величину  $\sigma_E$ . На вкладном листе, 6 и 7, приведены микрофотографии деформированного участка и границы между деформированным и недеформированным. Из рассмотрения фиг. 4 (опыты Чохральского, 1923 г. и Оберхоффера, 1916 г.) следует, что, чем меньше размер кристаллов, составляющих образец, тем правильнее форма деформируемого металла. Наиболее мелкокристаллич. образец дает: 1) большую прочность, 2) большую однородность, т. е. большую надежность механич. качеств; поэтому современ. техника применяет гл. обр. металлы мелкокристаллич. структуры (см. Термическая обработка), которые обладают наибольшим упругим сопротивлением деформирующему действию механических усилий. Деформирован. (наклепанный) металл (остаточная деформация) обладает более высоким пределом упругости, чем он имел до

деформации,—отсюда применяется иногда очень неподходящее название—усиление металла (Verfestigung). Напр., при уменьшении площади сечения железной (С~0,07%) проволоки на 96,5% при холодной протяжке свойства изменились след. обр. (в %):

Модуль упругости	±0
Предел	+215
» пропорциональности	+246
» текучести	+282
Разрывное усилие	+159
Удлинение (L=10d)	-87

Мы считаем название усиление (Verfestigung) материала деформацией при t° ниже рекристаллизации неподходящим потому, что такой металл обладает ничтожным сопротивлением удару. В технике, однако, метод деформации на холоду применяется для раздробления кристаллов, а хрупкость, возникшая при этом, уничтожается термич. обработкой,—напр. патентированием проволоки (см. Волочение, т. IV, ст. 420). Следует указать, что кристаллы металла, деформированного на холоду (наклепанный металл), обладают способностью вблизи темп-ры рекристаллизации сливаться вместе, образуя очень крупные кристаллы (вкл. лист, 8 и 9), т. е. наклепанный металл при низкой t° нагрева приобретает структуру, характеризующуюся очень низкими механич. качествами, особенно на удар; поэтому холодная обработка должна сопровождаться правильной термич. обработкой, после которой металл может получить очень высокие механические качества.

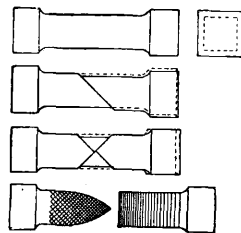
Лит.: Б а б о ш и н А., Влияние холодной обработки, т. 4, М., 1926; О к н о в, Явления наклепов в котельном железе, «Металлург», М., 1927, 2; Б о л х о в и т н о в М. Ф., Материаловедение, М., 1927; S a c h s G., Grundbegriffe d. mechan. Technologie d. Metalle, Lpz., 1925; O b e r h o f f e r P., Das technische Eisen, 2 Aufl., B., 1925; R o s e n h e i n W., An Introduction to the Study of Physical Metallurgy, L., 1919; G u i l l e t L., Methodes d'etude des alliages metalliques, P., 1928; J e f f r i e s Z. a. A r c h e r R., The Science of Metals, N. Y., 1924; C z o c h r a l s k i J., Moderne Metallkunde in Theorie u. Praxis, B., 1924; T a m m a n n G., Lehrbuch d. Metallographie, 3 Aufl., Lpz., 1923; T a m m a n n G. u. B o t s c h w a r A., Über d. Lichtfiguren d. Kupfers u. d. Eisens, «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1928, B. 175, p. 121—130.

И. Грачев.

**ДЕФОРМАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ**, деформация, остающаяся после удаления действующих на тело сил, сопряженная с относительн. перемещениями смежных между собой частиц тела. Под пластичностью понимают способность частиц сохранять в новом положении взаимное сцепление, существовавшее до процесса Д.; в этом отношении пластически деформируемое тело напоминает жидкость, характерной особенностью которой является способность составляющих ее частиц восстанавливать непрерывность жидкого тела после любых, относительных между частицами, перемещений.

Процесс протекания пластич. Д. существенно зависит от того, является ли тело аморфным или кристаллическим. В теле аморфных атомы расположены в случайном, неорганизованном порядке, подобно тому

как это имеет место в жидкости, и пластич. Д. происходит в результате множества единичных перемещений одних частиц относительно других; с этой точки зрения аморфное тело можно рассматривать как переохлажденную вязкую жидкость. В телах кристаллических атомы находятся в строго определенном взаимном расположении, определяемом свойственной данному телу кристаллической системой. В каждой системе определенные кристаллографическ. плоскости являются плоскостями наименьшего сопротивления сдвигу, поэтому пластическая Д. кристалла происходит путем одновременных сдвигов всех атомов, находящихся в одних плоскостях кристаллографической решетки, относительно атомов соседних плоскостей в направлении, также вполне предугаданном кристаллографически. На вкладном листе, 5, показано деформированное вплоть до разрыва кристаллич. тело, состоящее в поперечном сечении из одного кристалла. На фиг. 1 схематич. показана Д. растяжения монокристаллич. тела, кристаллографич. плоскости сдвига к-рого наклонены под углом 45° к направлению внешнего усилия.



Фиг. 1.

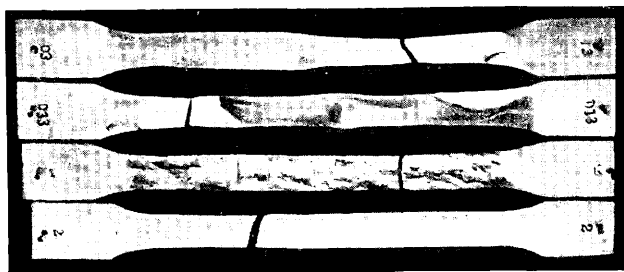
В нижеследующей табл. указаны кристаллографические элементы пластическ. Д. кристаллов, обозначенные индексами по Миллеру (гексагон. система—по Браве), из к-рых видно, что плоскостями сдвига являются те, к-рые наиболее густо усеяны атомами.

Кроме описанной простой деформации сдвига, кристаллы дают также при известных условиях Д. д в о и н и к о в а н и я, при которой некоторая область кристалла перебрасывается поворотом на небольшой угол в положение, симметричное с исходным. Такая деформация наблюдается, напр., при растяжении монокристалла цинка при начале образования шейки, по плоскости (1012) с углом поворота в 4°5'.

Кристаллографические элементы пластической деформации кристаллов.

Металл	Кристаллогр. система	Плоскость сдвига	Направление сдвига	Наиболее густо усеянные атомами	
				Плоскость	Направление
Cu Ag Au Al	Куб с центрированными гранями	(111)	[101]	(111)	[101]
W α-Fe		(112) (101) (101) (112) (123)	[111]	(110)	[111]
Zn Cd	Гексагональная	(0001)	[1010]	1/ (0001) 2/ (1010)	[1010]

Механич. сторона процесса возникновения пластич. Д. в кристаллах характери-



1



5

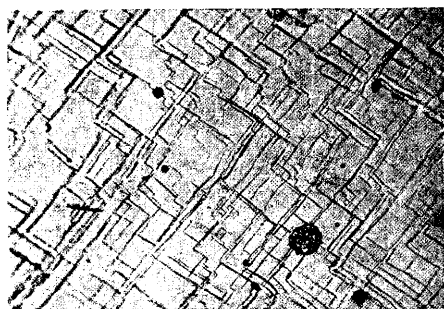


а

б

в

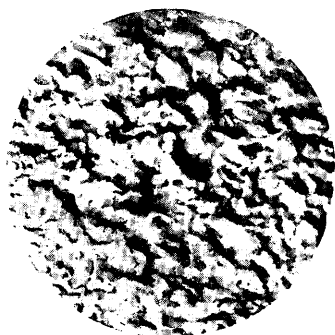
2



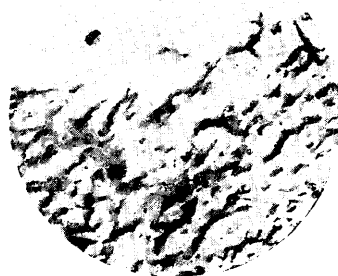
3



4

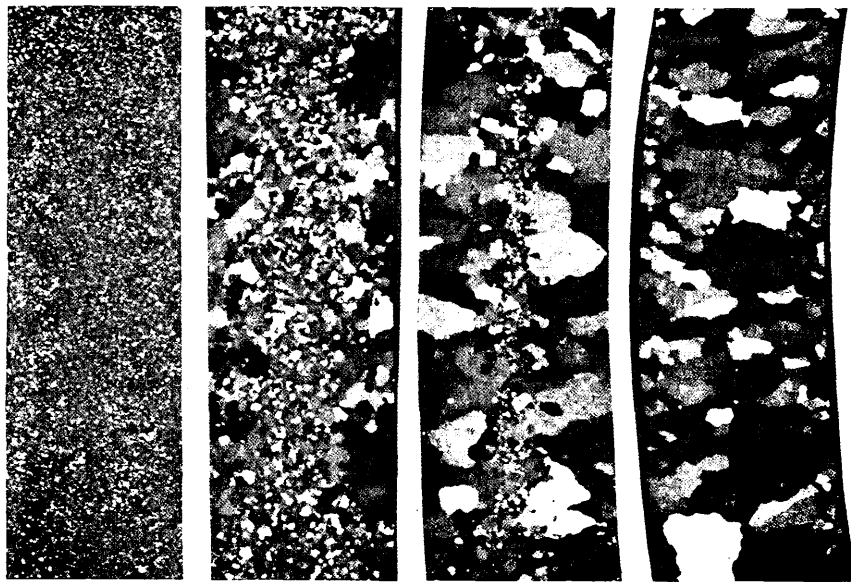


6



7

1. Разорванные образцы из алюминия: а) и б) из отдельных кристаллов, а) крупнозернистый, б) мелкозернистый. 2. Эллипсы скольжения растянутых одиночных кристаллов: а) цинк, б) олово, в) висмут. 3, 4, 5. Микрофотографии кристаллов, которые под действием усилий превосходящих предел упругости, разбились на параллельные плоскости (плоскости спайности). 6, 7. Микрофотографии деформированного участка и границы между деформированным и недеформированным участком поверхности конического образца Фремона.



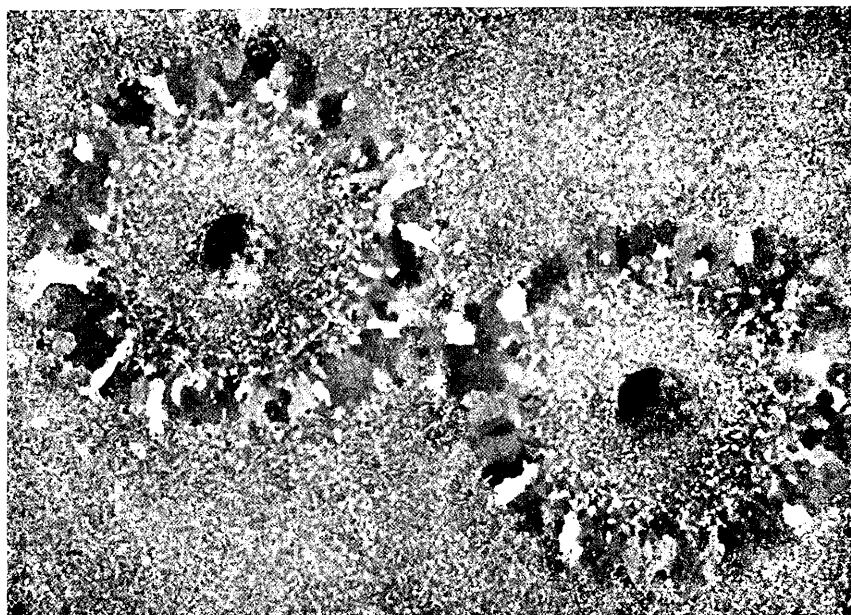
*a*

*б*

*в*

*г*

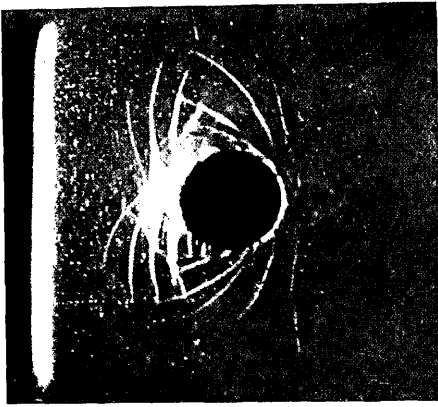
8



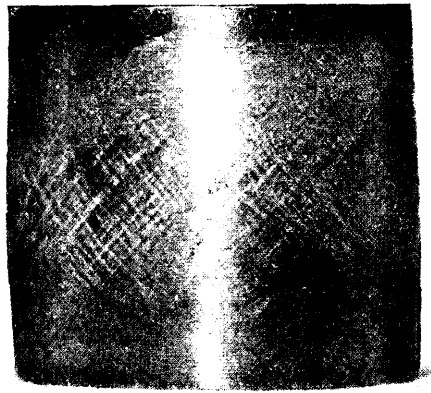
9

8. *a*) Сильно наклепанный и нагретый до 215° лист Sn; большая наклепка повела к образованию большого количества кристаллов. *б*) То же, согнутый по окружности  $R=300$  см и нагретый затем до 215°; в зоне 7-мм ширины, получившей только упругую деформацию, прилегают крупные кристаллы. *в*) То же, но  $R=75$  см; средняя неизменная зона уменьшилась до 2 мм. *г*) То же, но  $R=21$  см; центральная зона исчезла, на краях появились мелкие кристаллы. 9. Лист олова, толщиной 2 мм, пробит на холоду и нагрет до  $t^{\circ}$  рекристаллизации 200°.

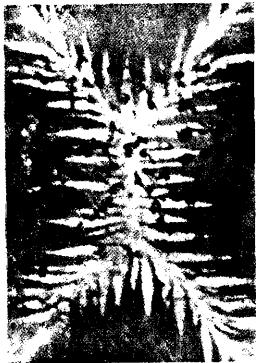




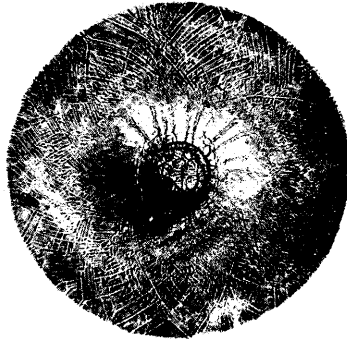
1



2



3а



4

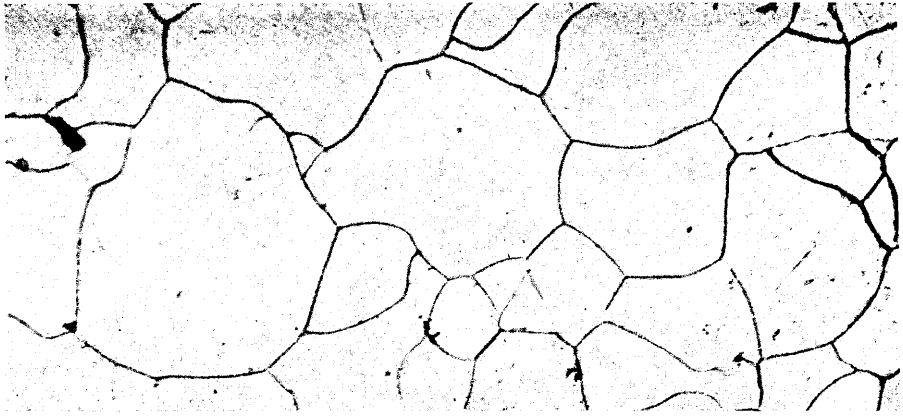


3б

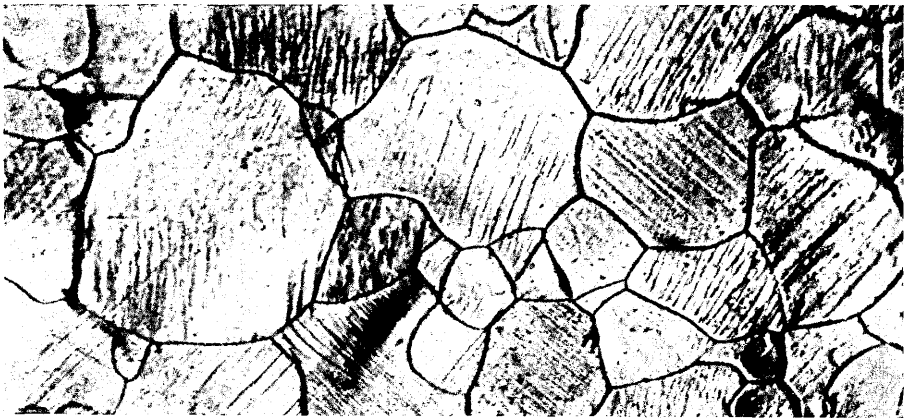


5

1. Фигуры текучести в том же материале при продавливании круглого отверстия. 2. Пластические деформации парафинового цилиндра, подвергнутого сжатию. 3а и 3б. Зоны текучести у железных стержней прямоугольного сечения. 4. Фигуры текучести, появившиеся при вдавливании штампея в круглую железную пластинку. 5. Деформированное вплоть до разрыва кристаллическое тело, состоящее в поперечном сечении из одного кристалла.



6 А



6 Б



7

6. А и Б. Микрофотографии одной и той же группы зерен мягкого железа до и после деформации.  
7. Поверхностные трещины деформированного зерна феррита, окруженного перлитом.

зутся при этом постоянной величиной составляющей скальвающего напряжения в плоскости и направлении сдвига, свойственной данному материалу (кристаллограф. предел упругости). Так. обр., для растягиваемой палочки монокристалла предел упругости, выраженный величиной главного напряжения, становится, в отличие от поликристалла, функцией ориентировки. При этом оказываются возможны случаи, когда, вследствие неблагоприятной ориентировки, нормальное напряжение по плоскости наименьшего сопротивления разрыву (обычно совпадающей с плоскостью легчайшего сдвига) превзойдет сопротивление сил сцепления раньше, чем скальвающее напряжение в той же плоскости превзойдет предел упругости. Тогда произойдет хрупкий разрыв в пластического по существу материала, условие которого дается зависимостью:

$$\frac{\sin \chi}{\cos \lambda} > \frac{R}{T},$$

где  $\chi$  и  $\lambda$  — углы, образуемые осью кристалла соответственно с плоскостью и направлением сдвига,  $R$  — сопротивление материала разрыву и  $T$  — сопротивление сдвигу (предел упругости).

При дальнейшем растяжении кристалла появляется т. н. упрочнение, или повышение, кристаллографич. скальвающего напряжения. О причине упрочнения существует множество гипотез (образование аморфных прослоек, появление внутренних напряжений, искажение атомной решетки), из к-рых ни одна еще не может считаться окончательно принятой.

При разрыве монокристаллы обнаруживают значительно более высокое удлинение, чем поликристаллы, особенно при низкой степени симметрии решетки. Напр., однокристалльный цинк (гексагональная система) удлиняется на 600% против 20—30% для многокристаллического.

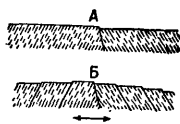
Фактор времени оказывает значительно большее влияние на пластич. свойства тел аморфных, чем на пластическ. свойства тел кристаллических; нек-рые аморфные тела, крайне хрупкие при быстром нагружении, могут дать весьма значительные остающиеся Д., подвергаясь длительному воздействию нагрузки; напр., такое хрупкое тело, как стекло, может дать в результате многолетнего нагружения весьма большой остаточный прогиб.

Употребляемые на практике материалы являются обычно не в виде одного кристалла, а представляют собою тела, составленные из множества отдельных кристаллов, называемых кристаллитами или зернами. Д. такого агрегата протекает значительно сложнее, чем отдельных кристаллов, вследствие различной ориентировки соседн. зерен; препятствуя Д., это обстоятельство обуславливает значительное повышение предела упругости технических материалов по сравнению с монокристаллами. Существует мнение, что на границах отдельных зерен или кристаллитов имеется некоторое количество вещества в аморфном или полуаморфном состоянии, что еще более усложняет ход пластич. деформации в таких поликристаллич. телах. Большинство материалов, употребляемых в

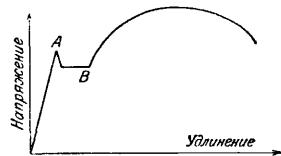
технике, представляет собою, кроме того, агрегаты кристаллитов разных типов; напр., сталь может содержать в себе зерна феррита и перлита, обладающие весьма различной твердостью и пластичностью. Пластические деформации такого поликристаллич. агрегатного тела зависят как от свойств входящих в агрегат составляющих, так и от их взаимного расположения.

Следы описанных выше плоскостей сдвига в кристаллах, составляющих тело, м. б. обнаружены при помощи микроскопа на поверхности шлифа, изготовленного из этого тела. На фиг. 2, А показана схематически в разрезе часть поверхности тела на границе двух зерен до Д., а на фиг. 2, Б — та же часть после Д., вызвавшей сдвиги по ряду плоскостей. Места сдвигов под микроскопом видны в виде темных полос, т. к. лучи света, попадая на наклонные плоскости сдвигов, отражаются в сторону и не попадают в объектив микроскопа. На вкладном листе, в, а, в, представлены микрофотографии одной и той же группы зерен мягкого железа до и после деформации.

Задолго до момента разрыва, кроме линий, соответствующих пластическим Д., в поле зрения микроскопа появляются полосы, которые следует признать не за сдвиги, а



Фиг. 2.



Фиг. 3.

за поверхностные трещины. Такие трещины видны на фотографии деформированного зерна феррита, окруженного перлитом (вкладной лист, 7).

Механич. картина пластич. Д. поликристалла при растяжении характеризуется также непрерывным упрочнением или повышением сопротивления вслед за пределом упругости. К причинам, действующим при Д. одного кристалла, здесь присоединяется влияние различной ориентировки зерен («интерференционная теория» Джефриса и Арчера), втягиваемых в работу в порядке возрастания неблагоприятности этой ориентировки.

Появление пластич. Д. при растяжении у нек-рых металлов (медь, алюминий, твердая сталь) происходит постепенно, тогда как у других (железо, мягкая сталь) возникает сразу в значительных размерах (1—2%), давая на диаграмме растяжения (фиг. 3) так наз. площадку текучести В. Во время этого процесса величина напряжения остается постоянной, испытываемый же образец, если поверхность его была отполирована, постепенно покрывается сетью наклонных матовых полос (т. н. линий Людерса или Гартмана), являющихся внешним выражением зон прошедшей пластич. Д. и свидетельствующих о неоднородном характере процесса Д. Механически явление текучести складывается из 1) внезапного спада сопротивления сдвигу вслед за началом Д. и 2) местного повышения напряжения на границе деформированной зоны с недеформированной. Вследствие

первой причины на диаграмме растяжения можно часто (особенно при очень пологом переходе от головки образца к стержню) наблюдать в начале диаграммы зуб (фиг. 3, А), высота которого иногда достигает 50% от уровня площадки текучести.

Наступлению текучести часто предшествует появление очень малых пластических Д., вследствие которых предел упругости оказывается ниже предела текучести.

При изгибе весьма характерно одновременное существование в одном и том же сечении и упругой и пластич. стадий Д., а именно—в области, ближайшей к нейтральной оси, могут еще оставаться напряжения ниже предела упругости, тогда как в крайних волокнах тело уже деформируется пластически. На фиг. 4 даны изобразяния по фасаду и разрезу областей упругих и пластич. Д. и эпюра напряжений в сечении под грузом при изгибе. Зональность деформаций имеет место при сжатии, смятии и других случаях нагрузки; так, напр., на вкладном листе, 2, видны пластич. Д. парафинового цилиндра, подвергнутого сжатию; на вкладном листе, 4, засняты фигуры текучести, появившиеся при вдавливании штемцеля в круглую железную пластинку, а на вкладн. листе, 1 фигуры текучести в том же материале



Фиг. 4.

при продавливании круглого отверстия; на вкладном листе, 3 а, б, показаны зоны текучести у железных стержней прямоугольного сечения  $1,31 \times 1,98$  см, подвергнутых кручению на угол  $1,76^\circ/\text{см}$  и на угол  $1,07^\circ/\text{см}$ .

Влияние повышения  $t^\circ$  на пластич. Д. выражается непрерывным облегчением последней с соответствующим понижением предела упругости; этот предел стремится к нулю по мере приближения к  $t^\circ_{пл}$ . При достижении  $t^\circ$  известного предела (для стали не выше верхней критич. точки) Д. проходит вовсе без упрочнения, вследствие одновременно идущего процесса рекристаллизации. Нагревание деформированного металла не ниже  $t^\circ$  рекристаллизации снимает полученное им упрочнение (отжиг), при сохранении полученной в процессе Д. формы.

Явлением пластич. Д. широко пользуются при горячей и холодной обработке металлов, напр., при ковке, прокатке, волочении и т. д. Аналитич. исследования явления пластических Д. даны в работах Надаи (Nádaи), Мизеса (Mises) и Беккера.

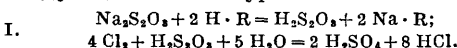
Лит.: Болховитинов Н. Ф., *Металловедение*, М., 1927; Николаев В., *Физические начала архитектурных форм. Опыт исследования хронической деформации зданий*, СПб, 1905; Jeffries Z. and Archer R., *The Science of Metals*, New York, 1924; Nádaи A., *Der bildsame Zustand d. Werkstoffe*, В., 1927; Вескер R., *Über Plastizität, Verfestigung und Rekristallisation*, «Z. f. techn. Physik», Leipzig, 1926; Mises R., *Mechanik d. festen Körper im plastisch deformierten Zustand*, «Nachrichten von d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen», Berlin, 1913; Tamman G., *Aggregatzustände*, 2 Aufl., Leipzig, 1923; Sachs G., *Grundbegriffe d. mechan. Technologie d. Metalle*, Lpz., 1925.

Н. Шапов.

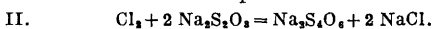
**ДЕХЛОРИРОВАНИЕ**, дехлорация, отнятие хлора из хлорсодержащих органических соединений, производимое обычно при помощи сильных восстановителей, как сво-

бодные щелочные металлы (Na, K) или водород в момент выделения («in statu nascendi»):  $R \cdot Cl + 2H = R \cdot H + HCl$ . В более общем смысле под Д. понимается как химич. связывание элементарного свободного хлора, так и нейтрализация окислительных свойств хлорной (белильной) извести, жавелевой воды, других солей хлорноватистой кислоты (гипохлоритов) и самой хлорноватистой кислоты. Чаще всего нейтрализация (восстановление, редукция, уничтожение) окислительных свойств свободного хлора и перечисленных его соединений, имеющих характер перекисей, производится при помощи серноватистокислого натрия  $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ —*гипосульфита* (см.), получившего техническое название антихлора.

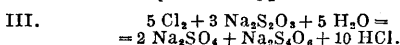
В последние два десятилетия Д. получило распространение в водопроводном деле в связи с нашедшим широкое применение в очистке питьевых вод (и отчасти в обезвреживании сточных вод) способом обработки воды элементарн. (свободным, жидким, компримированным) хлором и его перекисными соединениями (см. Вода). Д. питьевой воды хим. реагентами применяется при обработке воды избытком хлора или его перекисными соединениями для получения более определенных результатов обезвреживания, особенно в случае подозрительного в санитарном отношении водосточника. Теоретически (в кислом растворе) Д. протекает по следующим химич. у-риям:



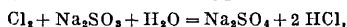
Однако, при ничтожных концентрациях, применяемых для Д. воды в условиях нейтральной или слабо щелочной среды, реакция Д. гипосульфитом имеет явную тенденцию остановиться на стадии образования тетрагидроксиангидрида натрия:



По Дьенеру (Dienert) [1], для вод, не содержащих больших количеств углекислоты, практически реакция Д. гипосульфитом может быть выражена у-рием:



По уравнению (I) на одну молекулу хлора приходится  $\frac{1}{4}$  молекулы гипосульфита ( $\frac{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O}{4} = \frac{248,22}{4} = 62,055$ ), по уравнению (II)—2 молекулы гипосульфита ( $2 \cdot 248,22 = 496,44$ ), по уравнению (III)— $\frac{1}{5}$  молекулы гипосульфита ( $248,22 \cdot \frac{3}{5} = 148,93$ ). Для Д. воды употребляется также сернистокислый натрий (сульфит натрия)  $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ . В этом случае Д. идет по у-рию:



и на 1 молекулу хлора требуется 1 молекула сульфита натрия (252,18).

Д. химич. реагентами требует тщательного химич. контроля и, вследствие сложности, редко применяется. В России Д. химич. реагентами практиковалось на водопроводах: в Кронштадте (1910 год) и в Ростове н/Д. (1911 год). На водопроводе г. Парижа применялось дехлорирование гипосульфитом натрия во время войны 1914—18 гг., когда хлорирование водопроводной воды произ-

водилось повышенными дозами хлорной извести (3 мг активного хлора на л воды).

В настоящее время входят в употребление физико-химич. методы Д., основанные на способности некоторых пористых тел адсорбировать (поглощать) избыточные количества хлора. С успехом применяются фильтрование воды через фильтры, загруженные активированным углем, или через различные патентованные фильтры, в роде «Dechlor»<sup>[2]</sup>.

Термин Д. применим также к естественному процессу восстановления (затраты, потребления) активного хлора (как элементарного, так и из его перекисных соединений). По Дьенеру, естественное Д. воды следует некоторому логарифмическ. закону. Наиболее значительно естественное Д. в первые 5 м.; затем оно быстро замедляется, так что в последующие 3 ч. составляет едва четвертую часть Д. первых 5 м. Естественное Д. не вполне пропорционально примененной дозе хлора. Допустимой остаточной дозой хлора в хлорированной воде, поступающей к потребителю, в результате естественного процесса Д., совершающегося за счет восстановительных свойств органических веществ воды, считается 0,1—0,05 ч. на 1 000 000 ч. воды. Определение остаточных доз хлора можно производить колориметрически, пользуясь реакцией окрашивания крахмала в синий цвет вытесняемым иодом; однако, эта реакция мало чувствительна и требует больших объемов воды (1 л) для обнаружения количества менее 0,1 мг хлора в л. Гораздо чувствительнее для этих определений о-толидин в солянокислом растворе, дающий даже при дозе 0,01 мг хлора заметное желтоватое окрашивание. В Америке, где особенно распространено хлорирование воды, почти никогда не пользуются Д. В Европе часто пользуются избыточными дозами хлора с последующим Д.

Лит.: <sup>1)</sup> «Annales des services techniques d'hygiène de Paris», P., 1921, t. 1, p. 151—152; <sup>2)</sup> Хлопкин Г. В., Основы гигиены, т. 1, вып. 2, стр. 133, М., 1922; см. также Хлорирование, т. 1.

С. Озеров

**ДЕЦИЛОВЫЙ АЛЬДЕГИД**, каприновый альдегид, деканаль,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CHO}$ , встречается в эфирных маслах: апельсиновом, мандариновом, неролиевом, касиевом, лимонграсовом, ирисовом; получается синтетическим путем из иодистого децила или при сухой перегонке смеси бариевых солей каприновой и муравьиной кислот. Д. а.—жидкость с сильным характерным запахом, напоминающим при сильном разведении запах апельсиновых корок;  $t_{\text{кип.}}^{\circ}$  209—212°. Очень легко окисляется и полимеризуется при действии света и воздуха, почему обычно хранится в виде спиртового раствора или в смеси с бензилбензоатом. Д. а. применяется в парфюмерном производстве для «округления» запаха, так как прибавление очень незначительных количеств Д. а. придает натуральность и свежесть искусствен. цветочным композициям.

Аналогичное применение находят дециловый спирт  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_2\text{OH}$ , получаемый восстановлением натрия метилового эфира каприновой кислоты. Дециловый спирт—вязкая жидкость, кипящая при 231° и застывающая при охлаждении в кристаллич. массу с  $t_{\text{пл.}}^{\circ}$  +7°. Эфиры децилового

алкоголя—уксусный и децилкарбонный—также находят применение в парфюмерии.

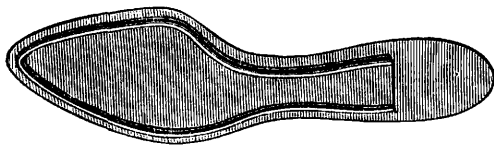
Лит.: см. Эфирные масла.

Б. Рутовский

**ЖЕЛУТОНГ** (Jelutong, Getah Djelotcong), дед-Борнео, низкий сорт каучука, содержащий до 15% каучукоподобных углеводородов и до 40% смол; получается путем подсочки дерева *Dyera costulata* Hook fil., растущего в лесах Борнео и Суматры. Сырой Д.—светлая, растирающаяся белая масса с неприятным запахом, содержит около 45% влаги, 0,7% золы, около 49% растворимых в ацетоне веществ. Д., выделенный из растворителей, представляет собой беловатую, хрупкую массу; продается в виде грубого желтоватого порошка, не омыляется, растворяется в бензоле. Уд. в. Д. 1,007, влажность 3%, содержание золы 0,5%, на воздухе становится красно-желтого цвета. Д. является ценным материалом для резиновых смесей.

Лит.: Marzahn R., Materialienkunde für d. Kautschuk-Techniker, 2 Aufl., B., 1920.

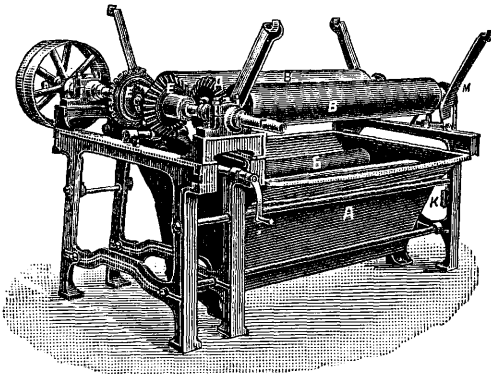
**ЖЕМИРОВАНИЕ** обувное, способ укрепления раштовой стельки при механич. пошивке обуви с помощью щитка (по-английски gem) из толстой материи. Вырубленная на штампе и надлежащим образом подготовленная стелька оклеивается с бахтармы



полотном. Полотно, охватывая приподнятый бахтарменный край стельки с обеих сторон, укрепляет его и предохраняет от разрывов при прошивании ранта. Такой способ укрепления дает возможность использовать на раштовую стельку более легкий товар. В СССР такая стелька (см. фиг.) применяется на всех обувных фабриках, вырабатывающих раштовую обувь.

**ДЖИКЕРС**, джиггер, аппарат для крашения ткани путем проводки ее в направленном виде через красильный раствор попеременным перекачиванием с ролика на ролик. Д. состоит из деревянного, железного или чугунного ящика А (см. фиг.), внутри которого обычно находятся 3—5 направляющих роликов Б, диам. ~ 5 см (в некоторых случаях вместо них устанавливается один большой ролик, диаметром ~ 50 см). Над ящиком расположены 2 ведущих валика В, диам. ~ 15—20 см, на которые поочередно накатывается ткань; каждый валик имеет на конце копическую зубчатку Д, соединяющуюся с соответственной шестерней Е, сидящей на приводном валу и могущей перемещаться вдоль него. Соединяя поочередно ту или другую шестерню Д с соответствующим валиком, заставляют последний вращаться и накатывать ткань. На дне Д. проходит эмзевик (для глухого пара) или перфорированная паровая трубка (для острого пара); оставшийся красильный раствор стекает через отверстие в дне. Валики и ролики изготавливаются из дерева, железа, меди, фарфора и покрываются слоем резины. При работе на Д. ткань, накатанную на ролик в количестве 6—18 кусков (в зависимости от

веса), помещают на откосы вплотную к одному из ведущих валиков, заправляют ее по направляющим роликам через красильный раствор, находящийся в ящичке, и накатывают на ведущий валик, соединяя его



с шестерней приводного вала. Когда вся ткань накатана, соединяют шестерню с другим ведущим валиком; тогда происходит скатывание с первого и накатывание на второй валик. Такое перекатывание ткани с валика на валик через красильный раствор носит название «пропуска», или «прохода», и продолжается 5 ÷ 15 м.; число пропусков достигает 12, в зависимости от применяемых красителей и требуемой интенсивности окраски. Во избежание образования складок необходимо во время скатывания ткани с валика несколько тормозить его; с этой целью на шкив М, находящийся на конце валика, надевают ремень с грузом К.

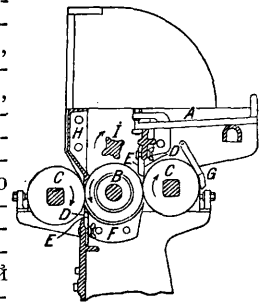
Д. применяют для крашения субстантивными, основными, сернистыми и кубовыми красителями; окрашиванию на нем подвергают хлопчатобумажные, льняные, полшерстяные, шелковые и полшелковые ткани. Д. отличается весьма «короткой ванной»: в нем отношение веса красильн. раствора к весу ткани колеблется в пределах (3 ÷ 5:1). Для крашения некоторыми сернистыми, а также кубовыми красителями раньше применяли т. н. подводные джиггеры, в которых ведущие валики находились под уровнем красильного раствора; этим красильный раствор на ткани предохранялся от окисления и предупреждалось образование пятен на ней. В настоящее время эти Д. почти не применяются, т. к. указанные недостатки можно устранить, если снабдить Д. отжимными валиками, устанавливаемыми перед ведущими; эти валики равномерно отжимают избыток красильного раствора, что способствует ровности окраски. После крашения ткань промывают; обычно это делается в том же Д. или в соседнем.

Лит.: Петров П., Виктор П. и Малютин П., Химия технологии волокон, веществ, стр. 108—110, Иваново-Вознесенск, 1923; Handbuch d. Färberei d. Spinnfasern, bearb. von R. Loewenthal, 3 Aufl., B. 2, p. 1415—1418, B., 1923. Д. Грибоедов.

**ДЖИН**, машина для отделения хлопкового волокна от семян. Наряду с последними усовершенствованными типами машин, применяемыми в хлопкоочистительной промышленности, среди населения хлопкопроизводящих районов до сих пор распространены

примитивные кустарные Д., напр., ножной джин (чарка-джин, чагрик) или индийский джин, китайский джин, с ничтожной производительностью в 2—10 кг очищенного волокна в рабочий день. Их конструкция основана на принципе прилегания волокна к вращающимся валикам и отделения его от семян при помощи ножей. Родины современных машин являются С.Ш.А. Здесь произрастают гл. обр. две разновидности хлопчатника: си-айленд и упланд, резко отличающиеся друг от друга длиной и крепостью волокна, при чем си-айленд снимается с семян гораздо легче, чем упланд. Для каждой из этих разновидностей хлопчатника были построены специальные Д., и, т. о., развитие Д. пошло по двум направлениям. К первому типу относятся машины, основанные на принципе прежних, так назыв. валичных Д. Ко второму типу Д. относятся так называемые пильные Д. (Saw gin), имеющие рабочими органами круглые пилы, отрывающие волокно от семян при прохождении между узкими прорезями колосниковой решетки. Пильные Д. применяются для очистки средне- и коротковолокосого хлопка упланд и его многочисленных разновидностей в Америке, Индии, СССР, Китае и пр.

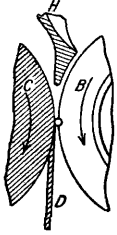
**Валичные Д.** Из Д. первого класса в настоящее время наибольшим распространением пользуются так называемые ножево-валичные Д. и Д. системы Макарти. План и разрез ножево-валичного джина (Knife roller gin) представлены на фиг. 1. Неочищенный хлопок (сырец) забрасывается на стол А, откуда он поступает в питательный ящик, где и приходит в соприкосновение с ножевым валиком В, который снабжен особыми чугунными дисками-ножами специальной формы. Хлопок, продвигаясь по направлению вращения вала В, приходит в соприкосновение с кожаными валиками С, которые имеют шероховатую со спиральной насечкой поверхность. К поверхности каждого кожного валика прижимается пластинка (нож) D при помощи пружины E. Хлопковые волокна пристаю к кожаной поверхности валика и увлекаются между пластинкой D и валиком, тогда как семена остаются у края ножа и, отделившись от волокна, падают через решетку F на пол. Освободившееся волокно собирается с кожного валика чистой планкой G. Хлопок, не захваченный первым кожаным валиком, переносится вращением ножевого ва-



Фиг. 1.

ла ко второму, где повторяется тот же самый процесс. Для каждого сорта хлопка машины д. б. надлежащим образом отрегулированы. Разводка плиты H (фиг. 1 и 2) от дисковых ножей д. б. такой, чтобы семена не могли проходить между ними, во избежание раздавливания семян; при слишком близкой разводке волокно подвергается порче. Нож D должен занимать такое положение, чтобы

его острый край не пересекал проходящих мимо него волокон, что достигается установкой края ножа на линии центров валиков или немного за этой линией в направлении движения валика *C*. Расстояние между кожаными валиками и дисковыми ножами должно равняться приблизительно  $\frac{1}{3}$  диаметра семян. Вспомогательный валик *I* служит для разрыхления комков хлопка и равномерной подачи его к ножам. Производительность *D.* — от 35 до 50 кг очищенного хлопка в час. Вал с дисковыми ножами делает 250—300 об/м., кожаные валики 120—150 об/м. Расходуемая мощность — ок. 2 HP.

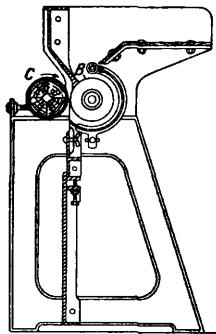


Фиг. 2.

Кроме двойных, применяются также о р д и н а р н ы е ножево-валичные *D.* (Plain knife roller gin), снабженные только одним кожаным валиком *C* (фиг. 3) и имеющие поэтому несколько меньшую производительность.

Существенный недостаток всех этих машин заключается в том, что захваченные кожаными валиками волокна тянутся в вертикальном направлении, тогда как другие их концы действием ножевых дисков передвигаются горизонтально; вследствие этого волокна получают искривленную форму, теряя свой естественный вид и отчасти свои природные качества.

Значительным усовершенствованием ножево-валичных *D.* явилась машина, изобретенная в 1840 году американцем Макарти. В ординарной машине *М а к а р т и* (фиг. 4) хлопок забрасывается на стол *A* и, скользя по наклонной плоскости, попадает под действие возвратно-поступательного движения деревянной доски (толкача) на железной решетке *B*. Толкач этот приводит хлопок в соприкосновение с вращающимся валиком *C*, который обтянут кожей. К кожаному валику прилегает вертикальная стальная пластинка *D*, нижний край которой отточен в виде тупого закругленного лезвия и прижимается к валику *C* пружиной *E*. Валик *C* захватывает своей грубой поверхностью волокна хлопка и протаскивает их под нож. Часть семян отрывается от волокна, но большая часть их удерживается волокнами на ребре ножа.

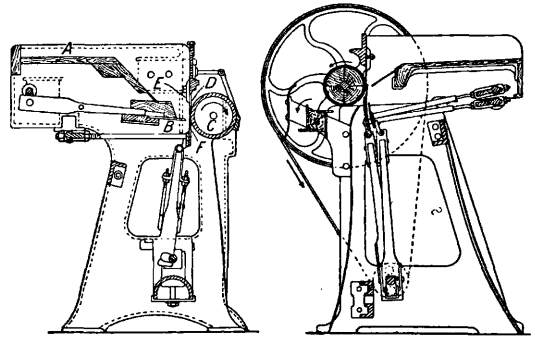


Фиг. 3.

Под ножевой пластиной расположено ножевое било *F*, представляющее собою слегка изогнутый нож, получающий быстрое движение вверх и вниз от главного вала машины. Повторные удары била отделяют волокно от семян, которые, падая, проваливаются через решетку *B*, а волокна увлекаются кожаным валиком и снимаются с него очистительной планкой. Скорость вращения кожанаго валика 100—150 об/м. Производительность *D.*, в зависимости от сорта хлопка, колеблется от 4 до 7,5 кг очищенного коротковолокнистого и

от 8,5 до 26 кг длиноволокнистого хлопка в час. Потребная мощность около 1 HP. Одним из главных недостатков этой машины является присутствие многочисленных узелков и жгутиков в волокне. Последнее можно объяснить тем, что било *F*, поднимаясь выше ножа, или отбивает семена или увлекает их с собой, результатом чего является выдергивание из-под ножа семенами присоединенных к ним волокон. Такое вытягивание, происходящее в обратном направлении к движению кожанаго валика, одновременно с противоположным движением оторванных волокон, спутывает их между собой. Перегиб волокон вокруг ножа является также причиной их порчи.

Джин Макарти двойного действия (Double action Macarthy gin) изображен на фиг. 5; он отличается от предыдущего тем, что имеет два била. Благодаря такому устройству достигается большая производительность при

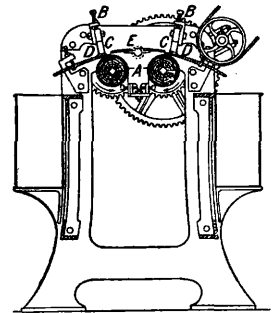


Фиг. 4.

Фиг. 5.

меньшей скорости вращения, что является значительным преимуществом. Но, с другой стороны, усложнение конструкции затрудняет монтаж и регулировку этого джина. Кожаный валик обыкновенно делается из кожаных кружков, насаженных на призматич. железный стержень. После обточки вала на поверхности его делается спиральная канавка. Диаметр кружков ок. 7 дм. Скорость вращения вала кривошипа 550 об/м. Потребная мощность 1,25 HP. Производительность немногим больше ординарного *D.*

*D.* системы бр. Лей (Leigh Bros.) — усовершенствованный тип Макарти — представляет собою двухваличный джин с одним двусторонним бильным ножом (фиг. 6). Два обтянутых кожей рабочих вала *A* расположены на одной высоте, параллельно друг другу. К каждому из них при помощи винтов *B* и решеток *C* прижаты ножевые пластинки *D*. Нож *E*, быстро двигаясь вправо и влево, отбивает семена.



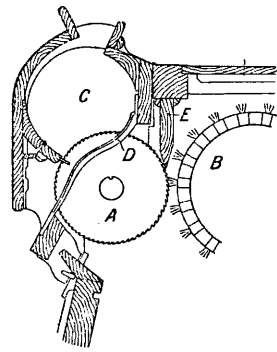
Фиг. 6.

Очищенный хлопок падает под машину, а зерна скатываются в ящики, проходя через решетки *C*. Производительность машины в  $1\frac{1}{2}$ —2 раза больше, чем джина Макарти.

В 90-х гг. появился новый тип валичного Д., конструкции Прайора (Prior roller gin), но успеха он не имел. В последнее время для Д. Маккарти удалось сконструировать автоматическ. питатель, вследствие чего оказалось возможным ввести батарейное питание, значительно сократить обслуживающий штат и улучшить обстановку труда.

**Пильные Д.** Пильные Д. строятся двух типов: а) обыкновенные (Plain gin), однокамерные, употребляемые для джিনিрования более чистых сортов сырца, б) шелушильные (Huller gin), или двухкамерные, применяемые преимущественно для очистки сорных хлопков. По методу снятия волокна с пил Д. подразделяются на щеточные (Brush gin), в которых волокна снимаются при помощи щеток, и воздушные (Airblast gin), в к-рых функцию щеток выполняет струя воздуха, вдуваемая вентилятором.

**Обыкновенный пильный Д.** (Plain brush gin). Главной частью машины является стальной пильный вал А (фиг. 7),

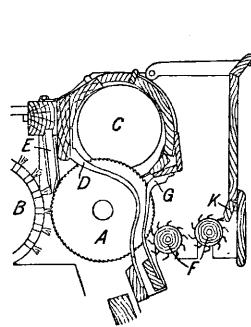


Фиг. 7.

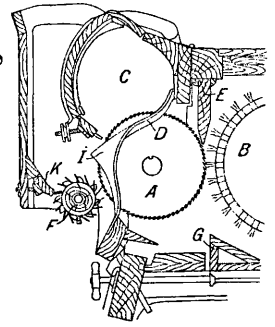
на к-рый насажен ряд дисковых пил, диаметром от 10 до 12 дм., разделен. металлическими или деревянными прокладками, диаметром 5—6 дюймов и толщиной  $\frac{3}{4}$  дюйма. Позади пильного вала, на одной с ним высоте, расположен щеточн. барабан В, диаметром около 15 дюймов, состоящий из ряда деревянных планок, к-рые расположены по образующей, с вставленной в них щетиной. Между пильным валом и сырцовой камерой С, расположенной в верхней передней части Д., находится колосниковая решетка D, состоящая из ряда изогнутых чугунных ребер (колосников); расстояние между центрами колосников равно расстоянию между дисками пильного вала. Колосниковая решетка располагается так, что пильные диски, проходя в промежутки колосников, на протяжении  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  своей окружности находятся в сырцовой камере. Хлопок-сырец, пройдя через особые питатели, поступает в сырцовую камеру, где попадает на быстро вращающиеся пильные диски. Захваченные пильными зубьями волокна свободно протаскиваются пилами между колосниками, семена же, к-рые не могут пройти через эти узкие промежутки, отрываются от волокон и скатываются по наклонной поверхности колосников из джина в конвейер, которым и отводятся дальше. В нижней части сырцовой камеры, недалеко от места входа в нее пил, находится семенная гребенка, задерживающая недостаточно очищенные семена. Волокна, захваченные зубьями пил, снимаются с последних щеточным барабаном. Здесь ток воздуха, развиваемый вращением барабана, снимает их со щеток и уносит в волокновод. В верхней части Д., между пилами и щеточным барабаном, находится отбойная доска Е, к-рая препят-

ствует струе воздуха проникать в сырцовую камеру и забивать хлопок между пилами.

**Шелушильный Д.** (фиг. 8 и 9) снабжен двумя сырцовыми камерами, при чем сырец поступает из питателя в первую, шелушильную камеру. Внизу первой камеры расположены один или два усажненные остриями (колками) валика F, которые, быстро вращаясь в том же направлении, как и пилы, разрыхляют хлопок и, освобождая его от листьев, стеблей, корбочек и т. п. примесей, подводят к нижней части пил. Хлопок захватывается пилами и протаскивается в рабочую камеру через добавочные шелушильные колосники G или между тонкими приливами I главных колосников. Промежутки между добавочными колосниками или между ребрами рассчитаны так, что примеси, отделяющиеся от хлопка, падают снова на колковые валики и выбрасываются наружу. Отделение примесей и выбрасывание их наружу регулируются поворачивающейся доской К с гребенкой. Колковый валик имеет  $2\frac{1}{2}$  ÷  $4\frac{1}{2}$  дм. в диам. и вращается со скоростью 300 ÷ 700 об/м. Увлеченный пилами через шелушильные колосники сырец поступает в нижнюю часть сырцовой камеры и далее очищается, как обыкновенно. При чистых сортах сырца этим



Фиг. 8.



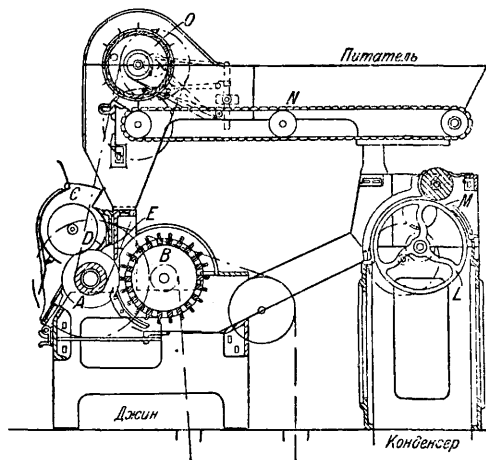
Фиг. 9.

же Д. можно работать как однокамерным, питая его непосредственно через верхнюю рабочую камеру. Щеточные Д. для заводской чистки хлопка имеют 60, 70 и 80 пил; пилы имеют 10 или 12 дм. в диам. и 0,85 мм в толщину. Зубья пил насаются по направлению вращения, при чем на 1 дм. насакается 7 зубьев. В рабочем состоянии пилы выступают из колосников в сырцовую камеру на  $1\frac{1}{16}$ — $1\frac{5}{16}$  дм.

Для лучшей работы Д. необходимо, чтобы сырцовая камера была расположена непосредственно над пильным валом. В этом случае хлопок, находящийся в сырцовой камере, приходит во вращение и образует лежащий на пилах валик. При этом он является не сплошным, а полым, т. к. внутри его под действием центробежной силы образуется пустота. Диаметр пустого пространства в валике равняется  $\frac{1}{4}$  ÷  $\frac{1}{2}$  диаметра валика; чем это пространство больше и чем рыхлее структура валика, тем совершеннее идет процесс джিনিрования. Для облегчения вращения сырцового валика боковые стенки сырцовых камер выполняются в виде вращающихся дисков с центрами, совпадающими



ми с осью сырцового валика. Число об/м. пильного вала колеблется от 375 до 500, щеточного барабана—от 1 000 до 1 500. Часовая производительность одного 70-пильного



Фиг. 10.

10-дюймового джина (при 400 об/мин. пильного вала) составляет 400 кг, а 80-пильного 12-дюймового—550 кг сырца. Потребная мощность 8 ÷ 10 НР. Колосники отливаются из мелкозернистого чугуна; та часть колосника, где проходит пила с волокном, закаливается.

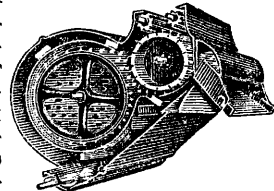
**Конденсер.** Снятое с пил волокно гонится током воздуха, возникающим от вращения щеточного барабана в т. н. конденсер, назначение к-рого удалять из волокна воздух и собирать волокно в виде непрерывной ленты. Конденсеры бывают обычные, обслуживающие отдельно каждый джин, и батарейные—для целой системы из 4—5 Д. (батарей). Установка джина с конденсером показана на фиг. 10. Конденсер состоит из барабана *L*, диаметром около 600 мм, обтянутого сеткой с небольшими отверстиями (2 мм). Воздух проходит через сетку, волокно же задерживается на поверхности барабана и благодаря медленному вращению последнего собирается на нем в виде плотного слоя, который через щель *M* выходит из конденсера. Сетчатый барабан заключен в кожух и только снизу открыт для выпуска воздуха в особую пылн. камеру,



Фиг. 11.

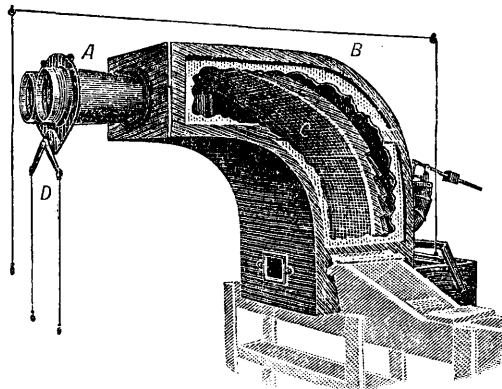
где происходит оседание пыли. На хлопкоочистительных заводах обыкновенно на каждую батарею *D*. ставится один общий конденсер, в к-рый снятое пилами волокно поступает по общему волокноотводу (фиг. 11): трубы *a* служат для удаления воздуха поверх крыши; в последнее время воздух иногда удаляют эксгаустерами через фильтр-камеры.

**Питатели.** Для равномерной подачи сырца в *D*. служат питатели, к-рые бывают горизонтальные (старый тип) и вертикальные. Горизонтальный питатель (фиг. 10) состоит из 2—3 бесконечных лент *N*, поперек которых прикреплены деревянные планки. На эту питательную решетку кладут вручную хлопок-сырец, к-рый и подается ею к быстро вращающемуся (до 200 об/м.) деревянному барабану *O*, усуженному железными шпильками. Шпильки захватывают сырец и бросают в сырцовую камеру. Подача регулируется изменением скорости движения полотна.



Фиг. 12.

Вертикальный, или барабанный, питатель, наиболее распространенного при батарейных установках типа, представлен на фиг. 12. Он состоит из двух деревянных рифлен. валиков, диам. 5—6 дм. Валики, медленно вращаясь (1—2 об м.), пропускают выпадающий на них из распределительной ленты (дистрибутора) хлопок



Фиг. 13.

на ниже лежащие колковые барабаны. Последние захватывают колками хлопок, протаскивают его по провололочной концентрич. сетке и выбрасывают затем по наклонному лотку в сырцовую камеру *D*. Оставшийся в сырце сор проходит через сетку, падает на дно питателя и удаляется оттуда конвейерным винтом. Регулировка питания производится при помощи изменения скорости вращения питающих рифленых валиков. В самое последнее время появились автоматич. регуляторы питания, основанные на использовании плотности хлопкового валика, вращающегося в сырцовой камере *D*. Всякое изменение его плотности, помощью системы рычагов и пружин, влияет на скорость вращения рифленых валиков питания.

При батарейных установках на хлопкоочистительных з-дах подача сырца из амбаров осуществляется пневматическим путем, при помощи вентилятора; распределение же сырца по *D*. производится или механически при помощи распределительной ленты (система Менгера) или тем же воздухом по железным трубам (система Лумус).

Существенную часть системы Менгера является т. н. сепаратор (фиг. 13), назначение к-рого—передать сырец из пневматической трубы на распределительную ленту, отогнав из него воздух. По приемной трубе *A* хлопок засасывается в камеру сепаратора *B*; внутри сепаратора находится сегчатая стенка *C*, через к-рую сырец не может пройти и поэтому падает вниз; воздух же идет к вентилятору. Сепаратор стоит на деревянном лотке, внутри к-рого движется лента с пальцами; последняя, протаскивая сырец по верхнему лотку и обогнув шкив, передает сырец в нижний лоток, имеющий отверстия против питателя каждого *D*. Питатели постепенно заполняются сырцом, а излишек его выбрасывается в противоположном конце лотка, где лента гибает второй шкив и начинает двигаться по верхнему лотку. Этот излишек сырца по мере накопления вновь засасывается в сепаратор, для чего служат особая труба и переключающий клапан *D*. В системе Лумус над каждым питателем имеются течки (рукава), соединенные между собой двумя рядом идущими трубами. Передняя труба, лежащая непосредственно над течками, продолжена в сырцовый амбар, задняя соединяется с вентилятором. Трубы сообщаются между собою в течках через сетки. Течки снабжены брезентовыми клапанами, к-рые могут закрывать доступ через течки. Благодаря особому автоматич. клапану система работает периодически, и, т. о., сырец то засасывается из амбара, то поступает в питатели. Система Лумус работает вполне автоматически и применяется главным образом при чистых и сухих сортах сырца.

Бесщеточные пыльные *D.* были изобретены в 1902 г. Р. Б. Лумпкином, но до 1922 г. они не имели распространения в хлопковой промышленности. Лишь в 1922 г. появились усовершенствованные конструкции бесщеточных *D.*, в которых воздух при помощи особого вентилятора подается через направляющие каналы к соплам, расположенным у задней стороны пил на расстоянии  $\frac{1}{32}$ — $\frac{3}{32}$  дм. Непосредственно под этими подводными каналами расположены приемные каналы, направляющие волокно в общий волоконотвод. В одних системах сорные примеси отделяются ниже хлопкового потока, в других же они отлетают сверху воздухопровода. Форма сопла и изгиб железного направляющего воздуха листа рассчитаны на направление всей струи вдуваемого воздуха в приемный мундштук волоконотводящего канала; при этом размеры отверстий рассчитаны так, что засос окружающего воздуха в волоконотвод может происходить лишь в самом незначительном размере, чем предупреждаются потери и раздувание очищенного волокна по сторонам. Давление воздуха в выходном отверстии сопла обычно достигает 200—300 мм вод. столба; давление в волоконотводе сзади *D.* колеблется от 10 до 25 мм вод. ст. Число оборотов пыльного вала до 450 ÷ 800 в м. Воздуходувные *D.* могут применяться как однокамерные, так и двухкамерные и работают исключительно 12-дм. пилами. Остальное дополнительное оборудование в этих *D.* ничем не отличается от щет-

точных. При батарейных установках пыльные валы всех *D.* часто соединяются последовательно между собою гибкими спелениями, так что не требуются отдельные ремни на каждую машину. Несмотря на уменьшение числа подшипников и движущихся частей в этих *D.*, их общая установка требует большей мощности двигателя, так как добавляется вентилятор для сопел.

Лит.: Таггарт В. С., Пряđenje хлопка, пер. с англ., т. 1—3, М., 1923—26; Федоров С. А., Ученые о волокн. материалах, М., 1909; «Хлопковое дело», М., 1923—28; Федоров В. С., Этапы развития длинного машиностроения, М., 1924; «Oil Miller», Atlanta, 1926—28. А. Шлосберг.

**ДЖОУЛЬ**, единица измерения работы или энергии. Обозначение: *J*. В настоящее время различают: абсолютный *D.*, равный  $10^7$  эргов, или работе одного стэна на протяжении 1 мм и международный *D.*, равный работе электрической мощности в 1 *W* в течение 1 сек., т. е. равный 1 ватт-секунде. Точные измерения показали, что 1 международный *D.* = 1,00032 абсолютного *D.* Следует отметить, что англ. произношение слова *D.* принято только в СССР. В Англии, как и во Франции, принято франц. произношение: «жуль» (joule). См. *Спр. ТЭ*, т. 1.

**ДЖОУЛЯ ТЕПЛО**, выделяющаяся при прохождении электрич. тока через проводник теплота. По закону Джоуля, в единице объема тела поглощается электрич. мощность  $jE$ , где  $j$ —плотность тока, а  $E$ —напряженность электрич. поля в данном месте. Для линейных проводников закон Джоуля м. б. выражен в интегральном виде: количество теплоты, выделяющейся в проводнике с сопротивлением  $R \Omega$ , при силе тока в  $I$  А, за  $t$  секунд, равно

$$Q = RI^2 t J = 0,239RI^2 t \text{ cal}_{20}.$$

**ДЖУЗГУН**, кандым, Calligonum Pal-lasia L'Herit, невысокий кустарник, достигающий 2 м высоты, при 13 см толщины, из семейства Polygonaceae, произрастает, начиная с Сев. Кавказа и нижнего течения Волги, в районе сухих и жарких песчаных пустынь Арало-Каспийской низменности. Древесина *D.* весьма плотная, доставляет хорошее топливо, пережигается в уголь, идет на мелкие столярные поделки и хорошо полируется. *D.* легко размножается семенами и черенками. Этот кустарник является весьма ценным растением при закреплении песков, благодаря своей способности образовывать длинные стелющиеся корни и при засыпании песком образовывать на засыпан. частях ствола придаточн. корни. Н. Кобранов.

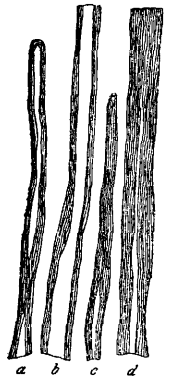
**ДЖУТ**, джутовое волокно, текстильное сырье, добываемое из лубяных растений рода Corchorus, семейства липовых (Tiliaceae). Главная масса волокна получается из двух видов: Corchorus olitorius L. и Corchorus capsularis L. Кроме этих двух видов, имеется еще целый ряд других, как то: C. fuscus, C. fascicularis, C. trilocularis и C. decemangulatus; последние четыре вида встречаются преимущественно дико растущими, и получаемое из них в незначительном количестве волокно употребляется лишь туземным населением. *D.* имеет до 200 разных местных наименований; из них наиболее распространены: Pat, Nalita, Tita, Jhota, Jhut, Teeta, Nadika, Saca, Koshta.

**Добывание волокна Д.** Оба вида *C. carpsularis* и *C. olitorius*—однолетние растения, достигающие высоты 2,5–4,5 м, а в отдельных случаях даже 6 м. Стебель, в зависимости от густоты посева, почвенных и климатических условий, бывает толщиной 13–26 мм. *C. olitorius* меньше ростом, встречается часто в диком виде и культивируется не только для получения волокна, но и как овощное и лекарственное растение: листья джута употребляют туземным населением в пищу, а семена—как слабительное средство. Кроме Индии, Д. культивируется на островах Яве и Суматре, в Алжире, Египте, южном Китае, южных частях Америки и Австралии. Однако джут из этих стран очень редко попадает на мировые рынки, оставаясь в пределах своего района. Обычно пределом распространения культуры джута считаются 36° с. ш., хотя отдельные опыты показали, что культура Д. может быть продвинута севернее. В России попытки культивирования джута в Никитском ботаническом саду (близ г. Ялты) и в Багуме, проведенные в 80-х годах, не увенчались успехом. Культура Д. в Сицилии дала хороший урожай (8,4 ц с 1 га), но и там не получила развития. Джут требует влажного и жаркого климата, хорошей богатой почвы. Нормально посев джута производится в марте или апреле месяце, хотя в отдельных районах делается и значительно позже, вплоть до июня. Посев производится преимущественно вручную на хорошо подготовленной почве. На засев 1 га, в зависимости от качества семян, а также от густоты посева, требуется от 14,5 до 22,5 кг семян. Уборка посевов, предназначенных для волокна, производится через 85–100 дней после посева, тотчас же после цветения, а предназначенных для семян—через 110–140 дней, т. е. средний вегетационный период составляет ок. 4 месяцев. Урожай волокна с 1 га в среднем составляет 1,4 т, а в отдельных южных районах в хорошие годы доходит до 2 т. Волокно джута, полученное со стеблей поздней уборки, предназначенных для получения семян, является более грубым, более одревесневшим и для обработки менее приемлемым. Сбор семян достигает от 11 до 12 ц с 1 га.

Стебли, после срезы и удаления веток и листьев, связываются в пучки и просушиваются в течение нескольких дней. После просушки связанные пучки погружают в воду, в реке или же в больших водоемах. Во время мочки возникает под влиянием микроорганизмов процесс брожения, в результате которого происходит растворение клеточных веществ, соединяющих волокно с древесиной и корой. В зависимости от  $t^{\circ}$  мочка продолжается 8–20 дней. Считают, что процесс мочки требует сумму тепла в 350–400°. Когда пучки волокна начинают легко отделяться от древесины и распадаться на отдельные технич. волокна, стебли вынимают из мочильни, комлевую часть стебля надламывают через колено, или бьют о край доски, или же разбивают палкой. Отделив т. о. волокно от древесины, его сдирают рукой во всю длину стебля. После обдиранки волокно промывают от приставшей грязи и некоторых растворившихся, но еще не отделившихся

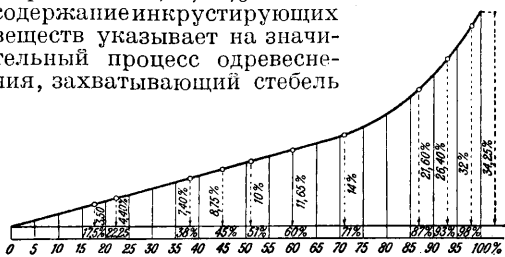
частиц и развешивают для сушки на бамбуковых тростях. Джутное волокно, несмотря на такой примитивный способ обработки, получается чистое, без частиц древесины и спутанных волокон. В виду того, что часть волокна у комля является особо грубой и ломкой, ее срезают у комля на 30–60 см; это дает особый сорт джута (cuttings): Упаковка волокна Д. производится при помощи гидравлическ. пресса в кипы, объемом 0,267 м<sup>3</sup> и весом 181,4 кг (400 англ. фи.); эти последние после распаковки перерабатываются на специальных машинах и идут в производство. Джутное волокно в упакованном виде рассортировывается в Калькутте по территориальному признаку следующим образом: 1) Serajgunge, из районов, орошаемых реками Новой Брамепутрой и Джамуной (Jamura)—наилучшее джутное волокно как по тонине, так и по крепости; лучшие сорта его идут для самых высоких номеров пряжи. 2) Narajunge, из районов, затопляемых Старой Брамепутрой,—волокно несколько грубее и не столь равномерно по цвету; лучшие сорта его идут на выпрядку высоких номеров, а остальные на средние номера. 3) Uttarya, из возвышенных местностей, орошаемых притоками Брамепутры; уступает первым двум. 4) Daissee, или Crown Jute, из возвышенных мест возле Калькутты; примешивается только частично к основе. 5) Dowrah, из районов, орошаемых грязной водой притоков Ганга,—жесткое, короткое волокно со значительными грубыми комлями; употребляется, главным образом, на низшие сорта пряжи для утка. 6) Rejections—грубые короткие волокна, полученные в результате отсортировки от вышеприведенных сортов. 7) Cuttings—комли, отрезан. от различн. сортов при упаковке. Кроме этих подразделений, существует классификация по качеству.

**Строение волокна Д.** Техническое волокно, состоящее из плотно прилегающих друг к другу элементарных волокон (клеток), достигает длины 1,25–2,5 м. Клетка, как видно из продольного разреза (фиг. 1, см. также *Волокна продольные*—фиг. 18 и 19), образован внутри канал, наполненный воздухом. Исследование элементарного джутного волокна показывает, что строение видов *C. carpsularis* и *C. olitorius* неодинаковое (Визнер). В первом случае мы имеем (фиг. 1, а) канал, входящий почти до конца элементарной клетки, со слабым уплотнением стенки, во втором случае (с) канал не доходит до конца элементарной клетки, давая в конце значительное утолщение стенок. Каналы имеют место не только в каждой отдельной клеточке, но и в местах прилегания отдельных клеточек. Случай (b), когда канал бывает почти правильный, без особых утолщений и утонений, — редок; столь же редко встречается и полное прекращение канала на относительно большую длину (с и d). По исследованиям Мюллера,



Фиг. 1.

А. Герцога, Шапошникова, средний состав воздушно-сухих волокон составляют: 62,48 ÷ 63,76% клетчатки; 9,86 ÷ 8,93% воды; 1,03% веществ, экстрагируемых водой; 24,32 ÷ 24,41% инкрустирующих веществ; 0,39% жира и воска; 0,68% золы. Столь высокое содержание инкрустирующих веществ указывает на значительный процесс одревеснения, захватывающий стебель

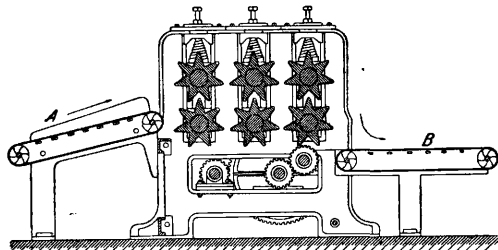


Фиг. 2.

в момент его развития. Этим обстоятельством и объясняется относительная грубость и жесткость джутового волокна по сравнению, например, с льняным. Удельный вес джутового волокна составляет 1,436. Нормальная влажность для джута составляет 13,75%, против 12% для льна и пеньки. На фиг. 2 приводится кривая, которая указывает процентное содержание влаги по отношению к сухому материалу при разной относительной влажности воздуха. По данным проф. Шапошникова, норма влажности должна быть принята в 14%; в его опытах джут, принимая более 27% влажности, оставался сухим наощупь. Высокая, по сравнению с другими лубяными волокнами, гигроскопичность имеет большое значение на практике. По крепости Д. занимает среди наиболее распространенных лубяных волокон последнее место: так, крепость льна 61, пеньки 53,6, а джута 37,9 кг/мм<sup>2</sup>. В химическом отношении Д. значительно отличается от других растительных волокон. Джутовое волокно, по исследованиям Кросса и Бевана, состоит из целлюлозы, с значительной примесью лигнина, а также бастозы, которая родственна лигнину, но отличается своей гибкостью. Д. обладает свойством прочно окрашиваться без предварительной подготовки основными анилиновыми красителями. При обработке флороглюцином джутовое волокно окрашивается в красный цвет; при обработке иодом и серной кислотой — в коричневый цвет, хлор-цинк-иодом — в слабо фиолетовый цвет, сернокислым анилином — в темножелтый цвет. Бастоза весьма легко окисляется, на чем и основана характерная для нее цветная реакция образования турбулиевой сипи. Для отбелки джутового волокна применяют только щелочные реактивы; кислот следует, по возможности, избегать; нельзя также применять кальциевых солей. Под влиянием щелочных растворов — едких щелочей, извести, мыла и других — джутовое волокно сильно набухает и некие его составные части переходят в раствор, однако, при правильной обработке волокно от этого не только не страдает, но даже укрепляется. Благодаря способности волокна Д. легко окрашиваться в разные цвета на практике получили большое распространение крашеные джутовые пряжи и ткани для декоративн. целей, ковров и т. п.

**Прядение Д.** В зависимости от своего назначения пряжа получается двумя способами: коротким прядением и длинным. По первому способу получается пряжа до 12-го номера, по второму — более тонкая, до 30-го номера, а в последнее время, благодаря усовершенствованию техники прядения Д., — даже до 35-го номера. Д. поступает на фабрику сильно спрессованным и для предварительного разрыхления поступает на машину — кипоразбиватель, представленный на фиг. 3. Материал кладется на бесконечное полотно А и подводится им к первой паре рифленых валцов, которыми он разминается и затем передается следующей паре; по выходе из последней пары (третьей) материал падает на отводящее бесконечное полотно В. Нижние валцы — принудительного движения, верхние — нажимные. Число об/мин. главного вала равно 80. Производительность машины — одна кипа в 2 минуты.

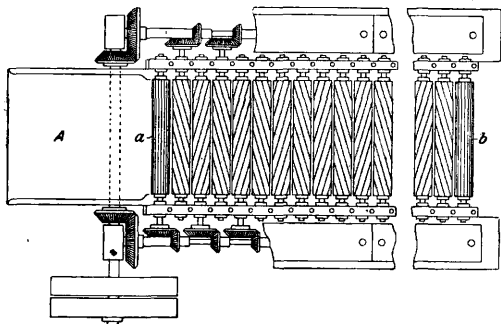
Следующей операцией является умягчение Д. при помощи поливки и пропитки его эмульсией (из воды, масла, ворвани, мыла и т. п.). Такое умягчение производится двояким путем: или джутовые пучки укладывают рядами в специальные ящики и каждый ряд поливают из ручной лейки или рукава, или же поливка производится непосредственно на мьяльной машине и после этого джут укладывается в специальные ящики. Наиболее употребителен первый способ. При поливке необходимо смачивать обильнее комлевые части, как наиболее грубые и жесткие. В виду жесткости джутового волокна процесс эмульгирования имеет важное значение для всего дальнейшего процесса прядения. Количество и состав употребляемой эмульсии зависят от качества волокна. Летом поливка должна быть больше в виду быстрого высыхания, зимою — меньше. Наиболее употребительны следующие рецепты замасливания (считая на 1 т волокон): 1) воды 160—240 л, ворвани 10—22,5 кг, минерального масла 10—13 кг; 2) китового жира 6,7 л, тюленьего жира 6,7 л, минерального масла 6,2 л, мыла 1 кг и воды 133,2 л; 3) для тонкой пряжи — китового жира 10,5 л, тюленьего жира 10,5 л, минерального масла



Фиг. 3.

3,6 л, воды 133,2 л. На некоторых ф-ках СССР применяется следующий состав: дельфиньего жира 8 кг, зеленого мыла 1,5 кг, кальцинированной соды 1,4 кг, каустическ. соды 0,3 кг, керосина 2 кг, олеонафта 23,5 кг и воды 300 л. Важно, чтобы волокно пропиталось равномерно по всему ящику, и потому оно выдерживается в нем, в зависимости от помещения и качества волокна, 24 ÷ 48 час.

Следующим процессом является механич. мялчение. Эту работу выполняют на джутовых мялках разных типов и форм. В мялке з-да Lawson (Лидс) имеется 6 пар рифленых вальцов, расположенных по дуге круга. Теоретическ. производительность этой машины равна 7 т за 8 часов работы. В промышленности пользуются преимущественно мялкой типа Urquhart, Lindsay & Co (фиг. 4). В ней имеется 39 пар плющильных вальцов, из которых нижние—приводные, верхние—нажимные. Первая *a* и последняя *b* пары имеют прямые рифли, расположенные параллельно оси вальцов, в остальных—рифли идут по винтовой линии, чередуясь направлениями. Вследствие такого расположения рифлей происходит распластывание

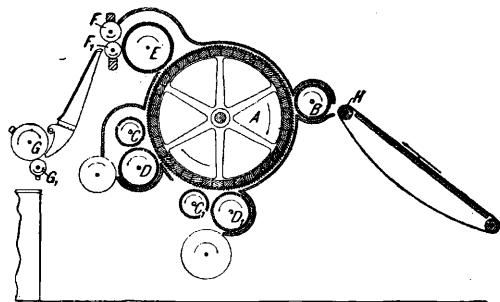


Фиг. 4.

материала, разделение пучка и слипшихся в ленточку волокон. Материал подается к первой паре вальцов вручную по столу *A*. Теоретическая производительность мялки Urquhart при 135 об/м. главн. вала—11 т за 8 часов. Для получения хорошего и однородного прядильного материала необходимо отрезать или отрубать грубые комли; иногда удаляют также и верхушки. Удаленные комлевы и верхушечные части перерабатываются в пряжу низшего сорта. Удаление комлей производится разными способами: в одних случаях отрезают острым ножом или косой, обрубает топором, в других это делают машинным способом на разрывных или отрезочных машинах, в третьих—прочесывают комли на специальных расчесывающих машинах.

После этого волокно джута готово к следующему процессу: п р е д п р я д е н и ю. В зависимости от характера прядения—короткого или длинного—волокно подвергается разной обработке. При коротком прядении волокно поступает прямо на карду. Этот процесс называется к а р д о в а н и е м. Основной целью кардования является: разъединение слипшихся волокон, разделение их на технич. волокна, разрывание на более короткие, удаление пыли и коротких волоконцев и получение ленты. Эту операцию выполняют кардные поверхности, равномерно усаженные иглами. Прежде всего *D*. поступает на т. н. г р у б у ю к а р д у (Breaker card), где подвергается воздействию игол главного барабана или цилиндра (фиг. 5), затем первого очистителя, первого рабочего вальяна, второго очистителя и второго рабочего вальяна. Т. о. происходит разъединение, разрывание и распрямление

отдельных волокон, к-рые выходят между рифлеными чугуи. вальцами в виде широкой ленты. Работа основана на действии игол, имеющих перекрестное направление; передача с одной рабочей поверхности на другую обусловлена разностью периферич. скоростей. Карда з-да James F. Low & Co (Мансфит близ Денди) изображена на фиг. 5: цилиндр *A*, питатель *B*, рабочие вальяны *C* и *C*<sub>1</sub>, очистители *D* и *D*<sub>1</sub>, съемный вальян жестяного барабана *F*, вытяжной цилиндр *F*<sub>1</sub>, выпускные цилиндры *G* и *G*<sub>1</sub>, деревянный ролик бесконечного полотна *H*. Производительность карды—около 1 т за 8 часов. Средняя длина технических волокон в ленте с грубой карды равна 50 см. Грубые карды бывают: 1) с одним съемным вальяном и двумя парами рабочих очистителей, расположенных внизу машины (Single doffer breaker card), 2) с тем же количеством цилиндров, но расположенных сверху машины (Up striker breaker card), и 3) с двумя съемными вальянами и двойным числом остальных цилиндров (Double doffer breaker card). После грубой карды волокно джута в виде ленты переходит на тонкую карду (Finisher card). Эта машина работает по тому же принципу, как и грубая карда, но выполняет дальнейшую, более тщательную обработку волокон: дополнительно укорачивает их с приданием возможной равномерности, очищает, выпрямляет и, наконец, сообщает им некоторую «параллелизацию», нарушенную грубой кардой. Кроме того, на тонкой карде происходит сдвигание и вместе с тем уравнивание ленты. Тонкая карда имеет более частые и более тонкие иглы (гарнитуры). Питание тонкой карды происходит двумя путями: или лента с грубой карды непосредственно переходит на бесконечное полотно тонкой карды, или же грубокардные ленты



Фиг. 5.

предварительно соединяются в виде двух или трех свитков на особой машине (Lap machine) и затем уже передаются питателю кардмашины. При этом способе возможна дублировка до 18 лент, тогда как обычно она не превышает 10. В зависимости от требуемого номера пряжи тонкие карды бывают: 1) с одним съемным и тремя парами рабочих цилиндров, 2) с одним съемным и четырьмя парами рабочих цилиндров и 3) с двумя съемными и четырьмя парами рабочих цилиндров. Производительность такой карды определяется в среднем в 525 кг за 8 часов. Тонкие карды изготавливаются теми же фирмами, что и грубые карды.

Для дальнейшей обработки после кардования применяются так наз. ленточные машины. Задача ленточных машин заключается в том, чтобы ленту с тонкой карды дублировать, вытянуть и расположить волокна параллельно. Основную часть ленточных машин составляет гребнечесальный аппарат. В зависимости от назначения и качества пряжи волокно проходит через две или три ленточных машины, к-рые в основном построены на тех же принципах, что и ленточные машины на льняных ф-ках. Для более грубой пряжи работают на двух ленточных машинах, для более тонкой—на трех. На некоторых предприятиях для получения более ровной и чистой пряжи даже средние и низкие номера подвергаются обработке на трех ленточных машинах. Вторая ленточная имеет лишь более тонкие и частые иглы, чем первая, и расстояние между приемными и вытяжными валиками во второй меньше, чем в первой; третья ленточная имеет еще более тонкие и частые иглы, чем вторая. Каждая ленточная машина имеет не менее трех самостоятельных головок. В зависимости от устройства гребнечесального аппарата, различают три типа ленточных машин: 1) Rotary drawing frame с вращающимся цилиндрическим гребнем; 2) Pushbar drawing frame, в к-рой гребни движутся от зубчаток; 3) Spiral drawing frame, в которой плоские гребни получают движение от червяка. С последней ленточной машины лента поступает на машину, имеющую назначение произвести дальнейшее вытягивание, прочесывание, а после этого скручивание и намотку на катушку. Эта часть работы относится к грубопрядильному процессу и производится на банкаброше. Для установления степени крутки существуют специальные таблицы соответственно номерам пряжи. Банкаброш состоит из механизмов: вытяжного, гребнечесального, крутильного и навивального. Банкаброши

8 час. равна  $\frac{n \cdot 60 \cdot 8}{a \sqrt{NE} \cdot 36}$  ярдов; весовая производительность в английских фи. за 8 часов равна  $\left(\frac{n \cdot 60 \cdot 8}{a \sqrt{NE} \cdot 36} : 300\right) \frac{1}{NE}$ .

Последним процессом для получения пряжи является работа прядильного ватера, который превращает ровницу в пряжу. На этой машине достигается необходимая тонина при помощи вытягивания ровницы в пределах соответствующего номера и производится окончательная крутка для получения крепости. Пряжа затем наматывается на катушку. *Прядение* (см.) джута производится на сухом ватере; мокрое прядение, вследствие малой длины элементарных волокон, не практикуется. Ватеры двусторонние бывают с разным числом веретен, а именно:

Число веретен	128	144	160	172	184	200	216
Деление веретена в дм.	5	4 1/2	4	3 3/4	3 1/2	3 1/4	3
Число об/м.	2000	2200	2800	3000	3200	3400	3600

Для пряжи №№ от 1 1/2 до 2 1/2 применяются катушки в 5'', для №№ от 4 до 6 применяются катушки в 4'', для № 10—катушки в 3 1/2 или 3 3/4''. Этим процессом заканчивается процесс короткого прядения. Длинное джутовое прядение (Jute line gain) разнится от короткого только в части подготовки ленты. Вместо пропуска на кардах волокно после отделения от верхушечных и комлевых частей обрабатывается на чесальных машинах (геклинг). Затем, для получения ленты, Д. поступает на раскладочную машину. Длина волокна после раскладочной машины доводится до 75 см, в то время как в коротком прядении после кардования она доходит до 25—35 см.

С прядильного ватера как длинного, так и короткого прядения пряжа поступает на клубочные или шпульные машины, после чего передается в ткацкий отдел для выработки тканей. В табл. 1 приводятся примерные

Табл. 1. — Планы прядения джута.

№ пряжи	Ставка на 12 ярд. грубокардной лоты в англ. фи.	Вытяжка на грубой карде	Вес 300 ярдов грубокардной ленты в англ. фи.	Сдвигание на тонкой карде	Вытяжка на тонкой карде	Вес 300 ярдов тонкокардной ленты в англ. фи.	Сдвигание на 1-й ленточной	Вытяжка на 1-й ленточной	Вес 300 ярд. лент 1-й ленточной в англ. фи.	Сдвигание на 2-й ленточной	Вытяжка на 2-й ленточной	Вес 300 ярд. лент со 2-й ленточной в англ. фи.	Вытяжка на банкаброше	Вес 300 ярд. ровницы в англ. фи.	Вытяжка на прядильном ватере
1 1/2	28	13,00	53,8	10	16,00	33,6	4	4,00	33,6	2	4,50	15,0	6,00	2,5	3,75
2	30	13,32	56,3	10	12,48	45,1	4	4,50	40,0	2	7,86	10,2	5,00	2,0	4,00
3	30	13,32	56,3	10	12,48	45,1	4	4,50	40,0	2	7,86	10,2	5,00	2,0	6,00
4	30	13,32	56,3	10	14,26	39,5	4	4,25	37,1	2	6,30	11,7	8,31	1,4	5,68
5	30	13,32	56,3	10	14,26	39,5	4	4,25	37,1	2	6,30	11,7	8,31	1,4	7,10
6	21	9,70	54,1	10	14,26	37,9	4	4,25	35,7	2	6,30	11,3	8,00	1,4	7,80
7	21	9,70	54,1	10	14,26	37,9	4	4,25	35,7	2	6,30	11,3	8,00	1,4	9,10

строят на 56, 64, 72, 80 веретен. Размер катушек 10×5'', число об/мин. веретена ~ 700, производительность банкаброшно-го веретена в 1 мин. равна  $\frac{n}{a \sqrt{NE}}$ , где  $n$ —число оборотов веретена,  $a$ —коэф. крутки,  $NE$ —англ. номер, т. е. число мотков по 300 ярдов в 1 англ. фунте (1 ярд=36''). Отсюда теоретическая производительность за

планы прядения для номеров от 1 1/2 до 7 в англ. нумерации (по данным Н. Н. Лебедева).

Существуют три способа нумерации джутовой пряжи: шотландская (NS) указывает число англ. фи. в 14 400 ярдах пряжи; англ. нумерация (NE) указывает число мотков по 300 ярдов пряжи в 1 англ. фи.; метрическая нумерация (NM), употребляемая реже других, указывает число км пряжи в 1 кг. Перевод с одной системы нумерации на др. делается по след. ф-ле:

$$NE = \frac{48}{NS} = 1,653575 \text{ NM.}$$

Расчет шотландского мотовила: 1 прядь (один оборот мотовила)=2½ ярдам; 120 прядей (1 пасма)=300 ярдам; 12 пасм (1 талька, моток)=3 600 ярдам; 4 тальки (1 связка, сплидель)=14 400 ярдам.

**Джутовые изделия.** Первое место по размерам выработки занимают мешочные изделия, к-рые, благодаря гигроскопичности, чистоте волокна и отсутствию костры, а главное—дешевизне, вытеснили во всем мире льняные и пеньковые мешки. Исключение в этом отношении представляет СССР, где льняные мешки до настоящего времени занимают хотя и второстепенное, однако все же довольно значительное место по отношению к джутовым мешкам, к-рые употребляются для сахарного песка, семян, чая, кофе, риса, перца, цемента, алебастра и пр. С развитием мукомольного дела, благодаря особому свойству джутовой пряжи расплющиваться после пропускания ее через аппретурный каландр и давать весьма плотную застилизную ткань, сильно развилась выработка мучных джутовых мешков. Кроме того, из Д. вырабатывается упаковочный холст, особенно для хлопка, шерсти, табаков, фруктов и т. д. На производство этих изделий употребляют пряжу №№ 2÷6. На втором месте стоит применение джута для производства ковров. Выработка ковров производится из пряжи №№ 3, 5, 7. Широко распространена также выработка всяких мебельных тканей. Джутовые ткани, после набивки, употребляются для разных декоративных целей. Джутовые ткани получили широкое распространение в линолеумном деле: благодаря способности джутовой пряжи хорошо расплющиваться, происходит полное и равномерное покрытие ткани массой линолеума и отсутствуют шероховатости, возникающие при употреблении других видов тканей. В последнее же время, после войны 1914—18 гг., стала широко практиковаться выработка джутового столового белья (скатертей, салфеток). Благодаря дешевизне Д. возможна выработка специальных тканей для гостиниц, ресторанов, кафе, к-рые употребляют их лишь несколько дней, а затем, не пуская в стирку отправляют для переработки. Производство этих изделий все более распространяется, т. к. техника длинного джутопрядения, значительно усовершенствованная за последние 15 лет, в состоянии выпускать джутовую пряжу отности добротности и большой тонины до 35-го номера. В последние годы джутовые изделия сильно конкурируют с льняными и пеньковыми средней тонины и добротности. Кроме того, джут в производстве примешивают в лен, пеньку, в целях удешевления изделий. Джутовое волокно, обработанное без эмульсии и подвергнутое двойному кардованию, обладает значительной гигроскопичностью и применяется для антисептических целей. Особо стоит применение Д. для выработки канатов, веревок и изоляционной ровницы. Последняя находит широкое применение при прокладке кабелей. Для этой цели вырабатывают ровницу следующих №№: 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25 и даже 2. При производстве металлических канатов Д. применяется в качестве сердцевины. Отбросы джута после переработки идут для выработки бумаги, а джутовые угары применяются в качест-

ве обтирочного материала для железнородных, механических мастерских и т. д.

**Экономика.** В 1912/13 году в мировом балансе основного текстильного сырья Д. занимал второе место после хлопка, достигая 1 725 350 т. С 1923 года в Индии происходит бурный рост джутовой промышленности (табл. 2 и 3). Выработка джутовых фабрик

Табл. 2.—Рост посевов джута в Индии.

Годы	Посевная площадь в акрах	Выход в кшах	Средний выход на акр
1914 . . . . .	3 349 400	10 099 500	3,02
1922 . . . . .	1 799 900	5 938 000	3,30
1923 . . . . .	2 741 400	8 893 000	3,24
1926 . . . . .	3 846 200	10 230 000	2,66
1927 . . . . .	3 352 100	12 187 000	3,60
1928 . . . . .	3 166 200	9 916 000 (предвар.)	—

Табл. 3.—Рост джутовой промышленности в Индии.

Годы	Число веретен	Число ткацких станков	Число рабочих
1855 . . . . .	1 500	—	—
1875 . . . . .	59 500	3 965	—
1887/88 . . . . .	146 302	7 384	—
1900/01 . . . . .	329 900	16 059	101 630
1911/12 . . . . .	617 519	32 927	201 324
1913/14 . . . . .	708 716	34 033	204 000
1927 . . . . .	1 000 000	50 354	325 000

в 1924 году состояла из джутовых мешков—413 700 100 шт. и джутовых тканей—1 348 700 000 ярдов, не считая других джутовых изделий. Немалую роль в столь быстром темпе развития джутовой промышленности сыграла дешевизна туземных рабочих рук: заработная плата колеблется от 3 до 6 рупий (рупия=85 коп.) в неделю. За Индией по масштабу джутовой промышленности следуют:

Англия . . . . . 274 548 веретен и 12 417 станков  
Германия . . . . . 204 671 » » 8 513 »

В остальных странах джутовая промышленность развивалась значительно слабее. Американск. джутовая промышленность, начавшая было развиваться до 1910 г., за последние 15—20 лет в виду дороговизны рабочих рук приостановилась. Америка ввозит главн. образ. дешевые джутовые изделия из Индии.

Джутовая промышленность России возникла значительно позже, чем в других европ. странах. Первая фабрика была построена в 80-х гг. 19 в. В России до войны 1914—18 годов насчитывалось 11 предприятий с 55 000 веретен и 3 800 ткацких станков. Все эти предприятия переработали в 1912/13 г. 44 800 т. После войны часть предприятий отошла к Польше, Латвии и Эстонии, и в СССР осталось 5 джутовых предприятий: в Харькове, Одессе, Ленинграде, Пушкине (близ Москвы), Кулотине (Нижегородской губернии) с общей суммой в 24 500 веретен и 1 600 ткацких станков. Ф-ки, к-рые после 1919 г. работали на смешанном льноджутовом волокне, начиная с 1926/27 г. полностью перешли на Д. Ввоз Д. после 1918—19 гг.

обнаруживается значительную тенденцию роста: в 1923/24 году ввезено 2 689 т, в 1924/25 г.—7 145 т, в 1925/26 г.—9 726 т, в 1927/28 г.—19 500 т, а на 1928/29 г. намечается ввоз 38—40 тысяч т. В ближайшем будущем льняные фабрики должны прекратить выработку льняных мешков и холста из льна, — вследствие этого джутовой промышленности СССР предстоит значительное развертывание производства. Выработка союзных фабрик за последний год достигла 45 млн. штук мешков; выработка ближайших двух лет должна быть почти удвоена и доведена до 90 млн. шт. Джутовые фабрики б. ч. объединяются с пеньковыми и входят в единые пенько-джутовые тресты (Ленинградский и Украинский). Общее количество рабочих, занятых в джутовой промышленности, достигает 13,5 тыс. чел. Производительность одного веретена колеблется от 1,3 до 1,6 кг в час. Джутовые фабрики, оборудованные английскими машинами для короткого прядения, вырабатывают пряжу №№ 2÷6. Выпускаются преимущественно мешки (сахарные, провиантские, цементные, алабастровые, рисовые, экспортные и др.) и упаковочный холст. Благодаря более грубому волокну Д. по сравнению со льном, джутовые изделия на 20% тяжелее льняных. Джутовые мешки имеют меньшую обрабатываемость, нежели льняные.

Быстрое развитие джутовой промышленности во всем мире объясняется гл. обр. дешевизной этого вида сырья, потому что при всех колебаниях цен Д. всегда дешевле льна, с которым ему приходится конкурировать. Европейские льняные и джутовые фабрики во всех своих производственных планах и калькуляциях подходят к ценам на джутовое волокно исключительно по сравнению с другими льбяными волокнами, в первую очередь—со льном и пенькой. Разница в ценах становится еще более разительной, если учесть разницу в угагах производства между Д. (3—5%) и льном соответствующего качества (21—26%).

За последние годы, учитывая, что техника дает возможность использования Д. для более высоких номеров пряжи в качестве примеси к пеньке и льну, что цены на Д. имеют тенденцию к повышению, а также по другим экономич. и политич. причинам, в целом ряде стран начали изыскивать другие волокна, к-рые могли бы заменить Д. в грубых тканях. СССР, наиболее заинтересованный в освобождении от зависимости в английском сырье, начал с 1924 г. культивировать кенаф (см. *Волокна прядильные*, кен а ф), к-рый по своим прядильным свойствам может заменить Д. в мешочной промышленности. По предположению правительственных организаций, кенаф должен в СССР в ближайшие 5 лет вытеснить полностью импортируемый джут.

Лит.: Лебедев Н. Н., Прядение джута, Л., 1927; Угаров А., Механическая обработка джута и кенафа, М., 1898 (устар.); Шапошников В. Г., Общая технология волоконных и красящих веществ, Москва—Киев, 1926; Федоров С. А., Механическая технология волоконных веществ, М., 1909; Архангельский А., Волокна, пряжа, ткани, М., 1914; Woodhouse T. A., Kidgour P., Jute a. Jute Spinning, part 1, Manchester, 1920; «Flax, Hemp a. Jute Yearbook», Belfast, 1925; Wolf R., Die Jute,

ihre Industrie u. volkswirtschaftliche Bedeutung, B., 1913; Kertes z A., Die Textilindustrie sämtlicher Staaten, Brschw., 1917; P f u h l E., Jute u. ihre Verarbeitung, B., 1888—91.

Б. Миронский.

**ДЗЕЛЬКВА**, а з а т, *Zelkova crenata* Spach., дерево из сем. Ulmaceae, имеет очень ограниченную область распространения, произрастая дико в сев. части Персии и в СССР (Закавказье, Мингрелия, Имеретия и Карабах). Отличался весьма быстрым ростом в молодости, Д. достигает 24—30 м высоты, при диаметре в 1,5—2,1 м. При росте в насаждениях ствол Д. достигает высокой полндревесности. Ее древесина, в молодости беловатого цвета с слабо зеленоватым оттенком, приобретает с возрастом красновато-бурое ядро, отличается резко очерченными годичными слоями и узкими, длинными, почти прямолинейными сердцевинными лучами; она обладает высокой плотностью, вязкостью, упругостью, весьма тяжела (объемный уд. в. в сухом состоянии 0,95) и чрезвычайно прочна. Благодаря этим высоким технич. качествам древесина Д. находит себе применение в столярном деле и в строительстве, когда требуется древесина высшей прочности, как, напр., при постройке мельниц, мостов и для свай. Это ценное дерево очень редкое и принадлежит к вымирающим, но заслуживает разведения; при этом надо иметь в виду, что Д. требует влажной почвы, боится поздних весенних заморозков и способна переносить некоторое отенение. В Японии произрастает особый вид дзельквы—*Zelkova Keaki*, которая обладает прекрасной и весьма ценной древесиной, пригодной для столярных изделий, почти неусыхающей и прекрасно полирующейся.

Н. Кобранов.

**ДИАБАЗ**, излившаяся основная горная порода; характеризуется присутствием известковонатриевых плагиоклазов (лабрадор, битовит); кроме этих минералов, в состав Д. входят авгит, иногда оливин (оливиновый Д.) и в значительно меньшей мере первичная роговая обманка, биотит, титанистый железняк, апатит и кварц (кварцевый Д.). Д., излившаяся в архейскую и в палеозойскую эпохи, имеют в своем составе вторичные минералы (хлориты, уралитовая

Химический состав различных диабазов (в %).

Соединения	Сред. состав (Зангал)	Троицк, Урал	Полтав. округ	Сев. Кавказ, р. Асса	Варюлит, Капсельск. АССР	Д.-Вост. край р. Ангара
SiO <sub>2</sub> . . . . .	50,10	49,69	47,39	49,19	49,97	45,78
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,41	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	15,67	13,82	13,19	16,83	14,22	19,36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,55	9,58	6,86	1,96	8,14	5,17
FeO . . . . .	6,72	5,81	8,12	8,15	3,79	6,62
MnO . . . . .	0,23	Следы	0,40	—	—	—
MgO . . . . .	5,89	6,28	6,37	7,50	4,14	7,84
CaO . . . . .	8,80	11,11	11,11	12,38	11,21	9,32
Na <sub>2</sub> O . . . . .	2,95	2,09	2,62	3,24	2,79	1,98
K <sub>2</sub> O . . . . .	1,38	0,55	0,59	Следы	2,39	2,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,37	—	0,32	—	—	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,93	1,75	1,85	—	—	1,34
Потери при прокалив.	—	—	—	1,41	3,50	—
CO <sub>2</sub> . . . . .	—	0,18	—	—	—	—
S . . . . .	—	—	0,32	—	—	—

роговая обманка). Структура Д. или зернистая или таблитчатая (белые или зеленоватого цвета кристаллы плагиоклаза в виде



табличек расположены в различных направлениях, промежутки между ними заполнены зеленоватым-черным авгитом). Форма залегания Д.—потоки, покровы, жилы и интрузивные пласты. Последние более мощны и застывали иногда на глубине; они не содержат хлоритов, почему Д. таких интрузий являются переходом к габбро (габбродиабазы). При метаморфизме Д. переходят в диабазовые и хлоритовые сланцы. Химический состав диабазов приведен в таблице, помещенной на ст. 620.

Уд. в. Д.  $2,8 \div 3,0$ ; временное сопротивление на сжатие  $1\ 800 \div 2\ 000$  кг/см<sup>2</sup>; твердость средняя. Д. принимает легкую полировку, почему идет для поделок и украшений. Черный шведский и финляндский Д. в промышленности носят неправильное название «шведск. гранит». Д. применяется как строительный материал и щебень. На зап. берегу Онежского озера разрабатывают Д. для изготовления брусчатки, идущей для мощения улиц Москвы и Ленинграда. См. *Базальт*.

Лит.: Изиковский П. Л., Берега Онежского озера—камен. база РСФСР, «Минер. сырье», М., 1926, I; см. также *Горные породы*. П. Топольникий.

**ДИАДНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ**, а ф ф и н о р н о е и с ч и с л е н и е, метод непосредственного вычисления над диадами, или аффинорами, без разложения их на составляющие по координатным осям. Гиббс предложил ввести за скобку вектор  $A$ , встречающийся в сумме произведений вида  $Am \cdot m'$ , напр.:

$$Am \cdot m' + An \cdot n' + Ap \cdot p' = A(m \cdot m' + n \cdot n' + p \cdot p'). \quad (1)$$

Выражение, заключенное в скобки, не имеет смысла в обычном векторном исчислении. Можно, однако, ввести новую геометрическую величину—а ф ф и н о р (или д и а д у):

$$\Phi = m \cdot m' + n \cdot n' + p \cdot p'. \quad (2)$$

Для обозначения аффиноров применяются обычно прописные греческ. буквы. Аффинофор  $\Phi$  является суммой трех линейных диад, или диадных произведений, называемых также неопределенными произведениями. Жирная точка получает т. о. значение знака диадного умножения. В каждой диаде различают три первых вектора, стоящих слева от знаков диадного умножения, и три вторых множителя, стоящих справа от знаков диадного умножения. Каждый аффинофор  $\Phi$  обладает тем свойством, что его скалярное произведение на любой последующий вектор  $A$  образуется путем умножения всех вторых множителей на этот вектор  $A$ , а скалярное произведение вектора  $A$  на последующий аффинофор  $\Phi$  образуется путем умножения всех первых множителей аффинора на вектор  $A$ :

$$\Phi A = m \cdot m' A + n \cdot n' A + p \cdot p' A,$$

$$A \Phi = Am \cdot m' + An \cdot n' + Ap \cdot p'.$$

Аффинофор, у которого первые и вторые множители поменялись местами, называется аффинором, сопряженным данному:

$$\Phi_c = m' \cdot m + n' \cdot n + p' \cdot p; \quad (3)$$

$$\Phi A = A \Phi_c; \quad A \Phi = \Phi_c A. \quad (4)$$

Если аффинофор равен своему сопряженному, то он называется симметричным аффинором, или тензором. (В некоторых случаях слово тензор имеет более общее значе-

ние. См. *Тензорное исчисление*.) Умножение аффинора  $\Phi$  на радиус-вектор  $r$  создает аффино преобразование пространства, при котором все параллельные прямые остаются после преобразования тоже параллельными прямыми. В самом деле, если конец вектора  $r$  описывает прямую  $r = A + \lambda B$ , параллельную  $B$ , то конец преобразованного вектора

$$r' = \Phi r = \Phi A + \lambda \Phi B$$

описывает прямую, параллельную  $\Phi B$ , направление которой зависит от направления  $B$ . Каждый аффинофор можно разложить на симметричную и антисимметричную части:

$$\Phi = \frac{1}{2}(\Phi + \Phi_c) + \frac{1}{2}(\Phi - \Phi_c).$$

Симметричная часть не меняется при перестановке первых и вторых множителей и называется часто тензором данного аффинора

$$T = ts \Phi = \frac{1}{2}(\Phi + \Phi_c). \quad (5)$$

Антисимметричная часть меняет знак при перестановке первых и вторых множителей и называется часто аксиатором данного аффинора

$$\theta = ax \Phi = \frac{1}{2}(\Phi - \Phi_c). \quad (6)$$

Каждый тензор имеет три главных направления, взаимно перпендикулярных. Если взять единичные векторы  $i_1, i_2, i_3$ , параллельные этим направлениям, то тензор  $T$  может быть выражен в виде

$$T = p_1 i_1 \cdot i_1 + p_2 i_2 \cdot i_2 + p_3 i_3 \cdot i_3. \quad (7)$$

Если  $p_1 = p_2 = p_3 = 1$ , то получается единичный тензор

$$I = i_1 \cdot i_1 + i_2 \cdot i_2 + i_3 \cdot i_3.$$

Значение  $I$  не зависит от выбора направлений трех взаимно перпендикулярных векторов, в частности

$$I = i \cdot i + j \cdot j + k \cdot k.$$

Для любого вектора  $A$  справедливо соотношение  $IA = AI$ . Если  $e_1, e_2, e_3$ —некомпланарные векторы, а  $e^1, e^2, e^3$  обратные им векторы (см. *Векторное исчисление*), то

$$I = e_1 \cdot e^1 + e_2 \cdot e^2 + e_3 \cdot e^3.$$

Для уяснения геометрического значения аксиатора вычисляют:

$$\begin{aligned} ax \Phi &= \frac{1}{2} m \cdot m' A - \frac{1}{2} m' \cdot m A + \dots = \\ &= \left[ \frac{1}{2} [m'm] A \right] + \dots = \left[ \frac{1}{2} [m'm] + \frac{1}{2} [n'n] + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} [p'p] \right] A. \end{aligned}$$

Вектор

$$v = \frac{1}{2} \{ [m'm] + [n'n] + [p'p] \} \quad (8)$$

называется вектором аксиатора; он равен половине суммы векторных произведений вторых множителей аффинора на соответствующие первые множители. Вектор  $v$  позволяет изображать аксиатор при помощи подстроной скобки:

$$\underline{v} = ax \Phi, \quad \underline{v}_c = -\underline{v}. \quad (9)$$

Таким образом,

$$\underline{v} A = [vA] = -A \underline{v}, \quad (10)$$

но вместе с тем  $[vA] = \underline{v} A$ , где  $\underline{A}$  есть другой аксиатор, вектор  $k$ -рого равен  $A$ . Для

полного определения тензора необходимо 6 численных указаний (3 для определения направления осей и 3 постоянных  $p_1, p_2, p_3$ ). Для полного определения аксиатора необходимы 3 численные указания, дающие величину и направление вектора этого аксиатора.

Умножением (скалярное) линейных диад производится т. о., что второй множитель первой диады множится на первый множитель второй диады:

$$(a \cdot b)(m \cdot n) = a \cdot bm \cdot n = a \cdot n(bm). \quad (11)$$

Умножение полных диад, или аффиноров, производится т. о., что каждая линейная диада первого аффинора множится на каждую линейную диаду второго аффинора. Из двойного векторного произведения

$$[[vm]n] = \underline{v}mn = \underline{vn} \cdot m - v \cdot nm$$

следует:

$$\underline{mn} = n \cdot m - nm. \quad (12)$$

В частности,

$$\underline{kk} = k \cdot k - I = -(i \cdot i + j \cdot j), \quad (13)$$

$$\underline{kkk} = -k. \quad (13')$$

Умножение на  $\underline{k}$  представляет в плоскости  $i, j$  некую аналогию с умножением на  $\sqrt{-1}$ .

Примеры. 1) Момент инерции тела относительно оси, параллельной единичному вектору  $c$  и проходящей через начало, равен

$$\sum \mu_i [cr_i]^2 = - \sum \mu_i cr_i r_i c = c T c,$$

где

$$T = - \sum \mu_i r_i r_i \quad (14)$$

тензор инерции и тела,  $r_i$ —радиус-вектор и  $\mu_i$ —масса материальной точки  $P_i$  тела. Если тело вращается вокруг начала с угловой скоростью  $\bar{\omega}$ , то кинетический момент вращения получает выражение

$$U = \sum \mu_i [r_i [\bar{\omega} r_i]] = - \sum \mu_i r_i r_i \bar{\omega} = T \bar{\omega}.$$

Эти выражения позволяют легко вывести уравнение Эйлера движения твердого тела вокруг постоянной точки

$$T \frac{d\bar{\omega}}{dt} + \bar{\omega} T \bar{\omega} = M, \quad (15)$$

где  $M$ —момент внешних сил относительно начала.

2) В деформированном теле возникают напряжения, характеризуемые тензором напряжений:

$$P = \sigma_1 i_1 \cdot i_1 + \sigma_2 i_2 \cdot i_2 + \sigma_3 i_3 \cdot i_3. \quad (16)$$

Сила упругости, действующая на площадку  $dS = n dS$  внутри тела, равна тогда

$$P = Pn dS = P dS. \quad (17)$$

3) В электрическом поле существует в каждой точке вектор напряженности поля  $E$  В/см и вектор смещения  $D$  С/см<sup>2</sup>. Действие этого поля на материальные тела м. б. охарактеризовано при помощи фиктивного тензора напряжений

$$P = \frac{1}{2} (E \cdot D + D \cdot E - ED) \text{ Дж/см}^3.$$

4) Аффинор

$$\Gamma = I + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} (k\varphi)^n = \exp \underline{k\varphi} = k \cdot k - \underline{kk} \cos \varphi + k \sin \varphi$$

называется в е р з о р о м. Этот аффинор вра-

щает на угол  $\varphi$  всякий вектор, перпендикулярный  $k$ , и оставляет без изменения вектор, параллельный  $k$ .

Аффинором обратным данному

$$\Phi = a \cdot m + b \cdot n + c \cdot p \quad (18)$$

называется аффинором, составленный из соответствующих обратных векторов:

$$\Phi^{-1} = m' \cdot a' + n' \cdot b' + p' \cdot c'. \quad (19)$$

Так как  $mm' = 1$ , а  $mn' = mp' = 0$  и т. п., то

$$\Phi\Phi^{-1} = \Phi^{-1}\Phi = I. \quad (20)$$

При умножении любого аффинора  $\Phi$  на вектор  $r$  получается линейная вектор-функция, обладающая характерным свойством линейных  $\Phi$ -ий, а именно:

$$\Phi(m+n) = \Phi m + \Phi n,$$

$$\Phi(am) = a\Phi m.$$

Соотношение

$$r' = \Phi r$$

м. б. записано в координатах. Если  $e_1, e_2, e_3$ —единичные векторы, параллельные осям координат  $Ox_1x_2x_3$ , то

$$r' = x'_1 e_1 + x'_2 e_2 + x'_3 e_3 = (a^{11}x_1 + a^{12}x_2 + a^{13}x_3) e_1 + (a^{21}x_1 + a^{22}x_2 + a^{23}x_3) e_2 + (a^{31}x_1 + a^{32}x_2 + a^{33}x_3) e_3$$

или

$$r' = x_\lambda e_\lambda = a^{\lambda\mu} x_\mu e_\lambda,$$

где правая часть суммируется по индексам  $\lambda, \mu$ , из к-рых каждый может иметь значения 1, 2, 3. Аффинор  $\Phi$  м. б. выражен в координатах как сумма 9 линейных диад:

$$\Phi = a^{\lambda\mu} e_\lambda \cdot e_\mu, \quad (21)$$

где правая часть суммируется по индексу  $\lambda$  и по индексу  $\mu$ , из к-рых каждый может иметь значения 1, 2, 3. Т. о. для определения аффинора необходимо знание 9 чисел  $a^{\lambda\mu}$ . При вращении координатных векторов  $e$  изменяются значения определяющих чисел  $a^{\lambda\mu}$ , но некоторые комбинации из этих чисел имеют абсолютное геометрическое значение и остаются инвариантными. К числу таких инвариантов аффинора (18) принадлежат: первый скаляр

$$S_1\Phi = am + bn + cp, \quad (22)$$

второй скаляр

$$S_2\Phi = \underline{abmn} + \underline{bcnp} + \underline{capm}, \quad (23)$$

третий скаляр

$$S_3\Phi = \underline{abc} \cdot \underline{mnp}. \quad (24)$$

Пространственные производные от аффиноров определяются таким же образом, как в векторном исчислении. Так, напр.:

$$\nabla \cdot A = \lim_{\tau=0} \frac{1}{\tau} \oint dS \cdot A \text{ (набла-аффинор)}, \quad (25)$$

$$\nabla\Phi = \lim_{\tau=0} \frac{1}{\tau} \oint dS \Phi = \text{tr } \Phi \text{ (трактор от } \Phi), \quad (26)$$

$$\nabla\Phi = \lim_{\tau=0} \frac{1}{\tau} \oint dS \Phi = \text{vtx } \Phi \text{ (вортекс от } \Phi). \quad (27)$$

Легко видеть, что

$$\nabla \cdot r = I, \quad \nabla r = -2I. \quad (28)$$

Пользование Д. и. чрезвычайно упрощает сложные расчеты, связанные с исследовани-

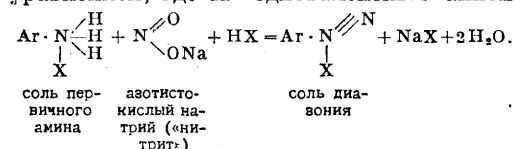
ем упругих деформаций, механики твердого тела, гидродинамики, аэродинамики, электродинамики, кристаллики. оптики. Во всех этих случаях применение Д. и. не только сокращает вычисления, но и дает гораздо более глубокое представление о физической зависимости между отдельными величинами, встречающимися при изучении векторных и тензорных полей. Только пользование Д. и. дает возможность полностью овладеть методом векторных преобразований. Правда, за последнее время получило большое распространение инвариантное исчисление, применяемое непосредственно к координатам векторов и аффиноров, но для практических целей пользование методом Д. и. чрезвычайно удобно, так что изучение этого метода вполне окупается той пользой, к-рая получается от его применения.

Лит.: Gibbs-Wilson, Vector Analysis, New Haven, 1913; Burali-Forti C. e Marcolongo R., Omografie vettoriali, Torino, 1909; Budde E., Tensoren und Dyaden im dreidimensionalen Raum, Brschw., 1914; Burali-Forti C. et Marcolongo R., Analyse vectorielle générale, t. 1—Transformations linéaires, Paris, 1912; Schooten J. A., Grundlagen d. Vektor-u. Affinoranalysis, Lpz., 1914; Jaumann G., Grundlagen d. Bewegungslehre von einem modernen Standpunkte aus dargestellt, Lpz., 1905; Runge C., Vektoranalysis, B. 1, Lpz., 1919; Schooten J. A., Der Ricci-Kalkül. Eine Einführung in die neueren Methoden u. Probleme d. mehrdimensionalen Differenzialgeometrie, Berlin, 1924; Ignatowsky W., Die Vektoranalysis u. ihre Anwendung in d. theoretischen Physik, T. 1—2, Lpz.—B., 1926; Spielrein J., Lehrbuch d. Vektorrechnung, 2 Aufl., Stg., 1926. Я. Шпильрейн.

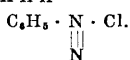
**ДИАЗОНИЙ**, — группа следующей строения:

$N \equiv N - Ar$ , где Ar — ароматический радикал.

Соли диазониевых оснований, согласно представлениям Вернера о строении аммониевых солей (см. *Комплексные соединения*), соответствуют формуле  $[ArNH_2]X$ . Для получения солей Д. обычно пользуются реакцией диазотирования, выражаемой в общем виде уравнением, где X — одновалентный анион:

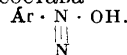


Примером солей Д. может служить имеющий большое практич. значение хлористый фенилдиазоний



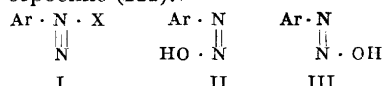
В большинстве случаев соли Д. легко растворяются в воде, при чем растворы оказываются почти сплошь диссоциированными на ионы. В органич. растворителях они чаще всего трудно растворимы. В сухом состоянии они представляют собой бесцветные кристаллические вещества, очень непрочные и при нагревании (а в нек-рых случаях и при обыкновенной  $t^\circ$ ) легко разлагающиеся со взрывом, сила которого иногда бывает очень значительной. В растворах соли Д. также довольно легко разлагаются. Реакцией образования солей Д. в технике пользуются весьма часто (см. *Диазосоединения*) как для приготовления промежуточных продуктов, так и для получения синтетических красителей. В этом случае, однако, их не выделяют в

чистом виде, а пользуются их водными растворами, полученными в результате диазотирования. Под действием эквимолекулярных количеств щелочей или влажной окиси серебра они образуют сильно щелочные растворы мало устойчивых гидратов диазониевых оснований состава



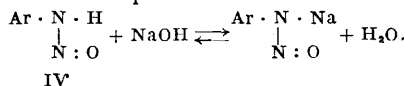
Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, М.—Л., 1925; Воронцов Н. Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; Гаттерман Л., Практич. руководство по органич. химии, пер. с нем., Л., 1926. В. Горшков.

**ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ**, мало стойкие продукты, получаемые при действии азотистой к-ты на первичные амины ароматического ряда. Благодаря своей большой реакционной способности Д. получили широкое применение как в области научного исследования, так и в химич. технологии красящих и волокнистых веществ, где они являются промежуточн. ступенью для синтеза всех азокрасителей в субстанции и на волокне. Д. были впервые открыты в 1858 г. П. Гриссом и исследованы Б. Бамбергером [1] и А. Ганчем [2]. Последний разработал наиболее полную, получившую всеобщее признание теорию строения Д., объясняющую наличие различных форм и реакций Д. По взглядам А. Ганча, Д. в минеральной сильно кислой среде представляют собой соли аммония, в виду чего в них следует признать наличие пятиатомного азота и принять строение (I). Эти соли получили название диазониевых (по аналогии с аммониевыми). В кислой среде при  $t^\circ$  близкой к  $0^\circ$  они довольно стойки. Собственно Д., в к-рых оба азота являются трехатомными и связанными между собой двойной связью, обнаруживают, в виду последнего обстоятельства, пространственную изомерию и возможны в двух формах: син-строение (II) и анти-строение (III):



(Ar — ароматический радикал, X — анион).

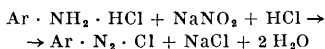
Анти-форма Д., называвшаяся раньше изодиазосоединением, является наиболее прочной формой Д. и получается из диазониевых солей при действии крепких щелочей. Она же м. б. получена и при конденсации нитрозо-продуктов с гидросиламином. В анти-форме Д. возможна еще внутренняя изомерия, когда Д. переходят в нитрозамины (IV), дающие со щелочными металлами соли, которые в некоторых случаях имеют практическое применение:



Наименее стойкой и в силу этого наиболее способной к реакциям является син-форма Д., существующая в слабо кислой и, переходя, в слабо щелочной среде и обычно получаемая из диазониевой соли при нейтрализации минеральной к-ты. Все изомеры Д. могут взаимно переходить друг в друга в зависимости от реакционной среды. Д. в своей син-форме способны к двум типам реакций, из к-рых первые протекают с выделением атомов азота

диазо-группы, во вторых же диазо-группировка остается и в конечном продукте реакции. Реакции первого типа дают возможность перейти от аминов через Д. к углеводам вполне определенного строения, фенолам, тиофенолам, галоидопроизводным, нитрилам и т. п., в виду чего Д. находят большое применение в научно-исследовательских работах. Более подробно об этом рода реакций см. [3, 4, 5, 6]. Второй тип реакций Д. находит весьма большое практич. применение на ф-ках красок при синтезе азокрасителей (см. *Красящие вещества*) и на текстильных фабриках при окраске тканей ледяными красителями (см. *Крашение*). К этому же типу следует отнести и получение из диазосоединений гидразинов, имеющее иногда промышленное применение.

Д. получают при действии азотистой к-ты на соли первичных ароматич. аминов. Вместо азотистой к-ты обычно берется нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$ , так что азотистая кислота реагирует *in statu nascendi*. Иногда встречается необходимость получения Д. в отсутствии воды, для чего действуют амилнитритом  $\text{C}_5\text{H}_{11}\cdot\text{ONO}$  на суспензию или раствор соли амина в спирте. Реакция получения Д. называется **д и а з о т и р о в а н и е м**. Технич. получение Д. проводится в весьма большом масштабе и, несмотря на свою простоту, требует для благоприятного течения соблюдения ряда условий. Из уравнения реакции диазотирования



видно, что последняя протекает между молекулярными количествами соли амина, нитрита и соляной к-ты. В виду этого исходные продукты д. б. предварительно проанализированы для определения их чистоты. Анализ аминов заключается гл. обр. в определении их нитритных чисел, т. е. определяется чистота продуктов по диазотируемой амидной группе [7, 8]. Нитрит для диазотирования берется в весьма небольшом избытке против теоретич. количества, т. к. недостаток его вызывает неполное использование аминов; при большом же избытке нитрита выделяется не вступающая в реакцию диазотирования азотистая к-та, к-рая, помимо отравления воздуха помещения, еще может вредно подействовать на продукты реакции. Количество минеральной к-ты обычно значительно превышает теоретическое, так как избыток обусловливает стойкость диазониевой соли и препятствует сочетанию получившегося Д. с еще непрореагировавшим амином. Весьма важным фактором диазотирования являются  $t^\circ$ -ные условия. Д., как сказано выше, мало стойкие вещества и с повышением  $t^\circ$  разлагаются. Реакция же диазотирования идет с выделением тепла, в виду чего необходимо реакционную смесь охлаждать. Для этого обычно употребляется лед, но возможно вести охлаждение и циркулирующим по змеевику холодильным раствором. Оптимальная температура диазотирования для различных аминов колеблется от 0 до  $10^\circ$ . В том случае, если соль амина плохо растворима в воде, необходимо получить ее в виде мелкоизмельченного осадка.

Контроль диазотирования осуществляется определением избытка азотистой и минеральной к-т. Признаком конца реакции является наличие свободной азотистой к-ты, что определяется посинением иодно-крахмальной бумаги, проявляющимся немедленно по нанесении на нее капли реакционной смеси, состоявшей около 10 минут после приливания последней порции нитрита. Наличие же минеральной кислоты определяется по конговой бумаге.

На ф-ках красок диазотирование производится по преимуществу в больших деревянных чанах, снабженных мощной мешалкой и обычной химич. арматурой. В чане готовят раствор или мелкую взвесь соли амина, заливая его избытком к-ты и приливают раствор нитрита со скоростью, зависящей от интенсивности охлаждения и свойств амина. Т. о. получается в большинстве случаев раствор Д. в воде, к-рый при синтезе азокрасителей, равно как и при получении ледяных окрасок, употребляется почти всегда без выделения Д. Однако, нек-рые диазониевые соли плохо растворимы в воде, напр., внутренние соли, образующиеся при диазотировании некоторых нафталиламинсульфокислот: нафталиновой и др. Эти соли при фабрикации азокрасителей часто отфильтровывают, но далее не очищают и не высушивают, т. к. в сухом виде они легко разлагаются, как и вообще все диазониевые соли. Солянокислые или сернокислые диазониевые соли в сухом виде даже взрываются. Более стойкие соли диазосоединений с нафталин- или нафтосулсульфокислотами, но они трудно растворимы. Иногда все же является необходимым добиться выделения Д. из раствора в твердом виде, что имеет место, когда изготавливаются для продажи готовые стойкие препараты Д. Так, азофоры различных цветов получают при сгущении раствора Д. в вакууме и при смешении сгущенного до консистенции сиропа продукта с минеральными солями (хлористым цинком, хлорным оловом и др.). Еще большее применение имеют нитрозоамины (выпускаемые непосредственно в продажу или входящие в состав прочных **рапид-ускорителей красителей**), получаемые при действии конц. растворов щелочей на диазониевые соли и являющиеся поэтому натриевыми анти-диазотатами в нитрозоаминовой форме. Наибольшее применение из них имеет **нитрозоаминовый красный**, являющийся продуктом подобной обработки *n*-нитроанилина.

Нитрозоамины весьма стойки, но при действии кислот переходят во вступающий в азосочетания изомер, благодаря чему находят большое применение в текстильной промышленности. Подробно об этом см. [9].

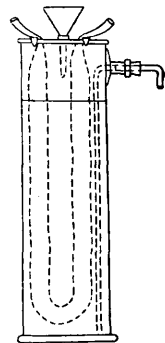
*Lum.*: 1) «Berichte d. D. chem. Ges.», В. 24—32, 1891—99; 2) *ibid.*, В. 27—33, 1894—1900; Hantzsch und Reddell, Die Diazoverbindungen, В., 1921; 3) Ворожцов Н. Н., Основы синтеза красителей, стр. 135, М.—Л., 1925; 4) Meyer V. u. Jacobson P., Handbuch d. organ. Chemie, Lpz., 1922—24; 5) Bucherer H. Th., Lehrbuch d. Farbenchemie, 2 Aufl., Lpz., 1921; 6) Houben J. u. Weyl D., Methoden d. organ. Chemie, Lpz., 1923—25; 7) Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden f. organisch-chemische Laboratorien, Lpz., 1923; 8) Fierz-David H., Grundlegende Operationen d. Farbenchemie, 3 Aufl., В., 1924; 9) Шапшиков В. Г., Общая технология волокон и красящих веществ, Москва—Киев, 1926. И. Иoffee.

**ДИАЛИЗ**, отделение веществ, находящихся в коллоидальном состоянии от примесей, веществ, образующих истинные растворы, при помощи полупроницаемой перепонки (см. *Коллоиды*). Понятие Д. неразрывно связано, с одной стороны, с учением о коллоидах и, с другой, с именем основателя этого учения—Грема. В середине 19 в. Грем первый применил этот метод для разделения двух принципиально различных, как он полагал, категорий растворенных тел: кристаллоидов и коллоидов. Принцип метода Грема основан на законах *диффузии* (см.). В отличие от свободной диффузии, встречаются такие условия диффузии, когда на пути диффундирующего вещества расположено препятствие в виде перегородки (мембраны), которая затрудняет его проникновение в раствор. Такой осложненный случай диффузии и есть диализ. Вообще говоря, всякая мембрана замедляет диффузию, но могут быть такие специальные мембраны (животные перепонки, пергамент, амилондированная клетчатка, коллоиды и другие), которые хотя и медленно, но все же пропускают через себя все «истинно», т. е. молекулярно, растворенные вещества (по Грему—кристаллоиды), но практически совсем не пропускают веществ, находящихся в коллоидном состоянии (по Грему—коллоидов). Поэтому Д. представляет собой один из основных и классических методов получения коллоидных растворов в чистом виде.

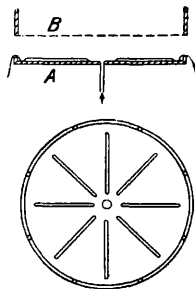
Приборы, в к-рых производится диализ, называются *диализаторами*. Наиболее простой диализатор, предложенный еще Гремом, употребляется и до сих пор. Он состоит из стеклянного цилиндра, нижнее отверстие к-рого затягивается животной перепонкой или какой-либо другой мембраной. В него наливают коллоидный раствор, подлежащий очистке, т. е. содержащий примесь истинно растворенных веществ (кристаллоидов), и затем весь прибор опускают в более широкий сосуд с дистиллированной водой, которую несколько раз меняют. Кристаллоиды постепенно диффундируют в эту воду и удаляются вместе с ней, а коллоидный раствор остается в цилиндре. В таком элементарном виде прибор неудобен, так как Д. идет в нем чрезвычайно медленно: требуются недели, а иногда и месяцы для полной очистки коллоида. Поэтому стремления ученых были направлены к тому, чтобы сконструировать прибор, обеспечивающий возможно скорый Д. Предпосылки для таких конструкций даются теорией диффузии.

Ускорить диффузию можно или путем увеличения поверхности мембраны, или путем увеличения градиента концентрации, т. е. падения концентрации кристаллоида по обе стороны мембраны, или, наконец, путем увеличения осмотического давления раствора. Последнее можно сделать (при заданной начальной концентрации) повышая  $t^{\circ}$  раствора. Все эти факторы и учитываются в большей или меньшей степени в новых конструкциях диализаторов. Поверхность мембраны увеличивают, придавая ей форму мешка или трубки (диализатор Кюне, фиг. 1). В диализаторе Зигфрида быстрое падение концентрации поддерживается перемешиванием. Та-

кого же эффекта достигают, постоянно сменяя воду (проточная система) в звездчатом диализаторе Жигмонди (фиг. 2), где В—эбонитовое кольцо, затянутое мембраной, накладывающееся на пластинку А. В последнее время построены диализаторы, работающие при высокой температуре. Диализатор Нейде состоит из стакана, в к-ром золь нагревается до 70—90°. В стакан опущена пергаментная трубка, через которую все время протекает дистиллированная вода комнатной  $t^{\circ}$ . Здесь достигается не только повышение  $t^{\circ}$ , но, что еще важнее, высокий  $t^{\circ}$ -ный градиент. Хорошо и удобно сконструирован «скорый диализатор» Гутбира. Внешний фаянсовый сосуд удобен тем, что хорошо противостоит всяким химическим воздействиям. Внутри его помещается вращающаяся «клетка», обтянутая пергаментной мембраной. Кроме того, имеется мешалка, вращающаяся в противоположном направлении. Этим достигается постоянная высокая разность концентраций по обе стороны мембраны. Через этот диализатор можно пропускать как холодную, так и горячую воду. Для технических целей употребляются диализаторы, построенные по типу фильтр-прессов; они состоят из деревянных рам, сообщающихся между собой каналами. Эти рамы затягиваются пергаментной бумагой в такой последовательности, что образуется ряд замкнутых камер, наполненных диализуемым веществом (например, мелас-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

сой), чередующихся с другим рядом камер, через которые пропускается горячая вода.

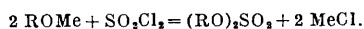
Механизм действия мембраны с первого взгляда кажется очень простым. Очевидно, поры мембраны д. б. достаточно велики, чтобы пропускать молекулы кристаллоида, и в то же время достаточно малы, чтобы задерживать гораздо более крупные коллоидные частицы. Однако ближайшее исследование вопроса показало, что процесс Д. усложняется еще влиянием других факторов. Коллоидные частицы м. б. и меньше, чем поры мембраны, и все же задерживаются ею. Это происходит, с одной стороны, благодаря *адсорбции* (см.) частиц стенками пор, а с другой— вследствие их коагуляции при соприкосновении с поверхностью мембраны. Поэтому выбор мембраны до некой степени связан с индивидуальными свойствами того или иного коллоида.

Д. находит себе применение как в препаративно-технических, так и в нек-рых других фабричных производствах. Особенно часто он применяется для приготовления различных коллоидных фармацевтич. препаратов вроде гидрозоля окиси железа, альбуминатов железа и серебра и т. д. Далее, им

пользуются для очистки ферментов, пепсина и многих растительных и животных вытяжек. В кожевенном производстве для приготовления дубильных экстрактов употребляются особые диффузоры, которые, хотя и не имеют полупроницаемых мембран, все же действуют на принцип Д., т. к. сам дубильный материал является до нек-рой степени полупроницаемой перегородкой. В нек-рых случаях Д. пользуются для приготовления особенно чистых и специальных сортов желатины (см. *Желатина* в фотографии). Кроме того, следует также упомянуть об очистке мелассы с помощью Д. в сахарном производстве, хотя этот метод очистки постепенно выходит из практики. В последнее время диализ ускоряют применением больших давлений или электрич. тока, но эти модификации Д. носят и особые названия—ультрафильтрация и электросмос. См. *Коллоиды*.

*Лит.*: Hebler F., Ultrafiltration und Dialyse, Kolloidchemische Technologie, Handbuch, hrsg. v. R. Liesegang, Dresden—Leipzig, 1927. **Н. Песков.**

**ДИАЛКИЛСУЛЬФАТЫ**, алкильные эфиры (эстеры) серной к-ты, отвечающие общей ф-ле  $(RO)_2SO_2$  (R—алкил). Д. получаются действием хлористого сульфурита на соответствующие алкоholes, взмученные в эфире, при  $t^\circ$  не выше  $10^\circ$ :



Практич. значение имеют диметил- и диэтилсульфат, широко применяющиеся на химич. фабриках для целей *алкилирования* (см.).

**Диметилсульфат**  $(CH_3O)_2SO_2$  (в технике часто называется просто метилсульфатом) получается дистилляцией в вакууме чистой метилсерной кислоты  $CH_3O \cdot SO_2 \cdot OH$ ; примеси воды, хлористого водорода и серной к-ты значительно понижают выход. Во избежание этого в сухой метиловый спирт (10 кг) перегоняют вычисленное количество (25 кг) ангидрида серной кислоты, поддерживая  $t^\circ$  между  $-5^\circ$  и  $-10^\circ$ . Затем смесь дистиллируют при пониженном давлении и получают чистый диметилсульфат в почти теоретич. количестве. Другой способ приготовления метилсульфата состоит в том, что в метиловый спирт (100 кг) при сильном перемешивании постепенно приливают хлорсульфоновую кислоту (27 кг) при  $t^\circ$  от  $-10^\circ$  до  $-15^\circ$  и полученную смесь перегоняют в вакууме. Для устранения местных перегревов реакцию лучше вести в среде какого-нибудь индифферентного растворителя, каковым обыкновенно служат четыреххлористый углерод. Диметилсульфат—бесцветное масло, нерастворимое в воде, со слабым приятным запахом;  $t^\circ_{кип.}$   $187-188^\circ$ ,  $D^{18}$  1,327; он сильно ядовит; попадая на слизистые оболочки и на кожу, он вызывает местные воспалительные явления. Вместе с тем он действует токсически также и на центральную нервную систему, следствием чего являются судороги. Действие его проявляется не тотчас, а через несколько часов. В войну 1914—18 гг. диметилсульфат применялся французами (одна из составных частей «рагитонита») и немцами в качестве отравляющего газа. Неосторожное обращение с диметилсульфатом на химич. з-дах было причиной многих несчастных случаев со смертельным исходом. Поэтому при работе с ним

надо соблюдать тщательную осторожность: необходимо избегать вдыхания его паров и попавшие на платяе или кожу капли диметилсульфата тотчас же разбавлять разбавленным водным аммиаком.

**Диэтилсульфат**  $(C_2H_5O)_2SO_2$  (в технике неправильно называется просто этилсульфатом) готовится несколько более сложным путем, чем его низший гомолог, и потому цена его выше. Диэтилсульфат—бесцветное масло;  $t^\circ_{пл.}$   $-26^\circ$ ,  $t^\circ_{кип.}$  при 15 мм  $96^\circ$ ;  $D^{20}$  1,184. Диэтилсульфат менее ядовит, чем диметилсульфат. Для его приготовления исходят из этилсерной к-ты,  $C_2H_5O \cdot SO_2 \cdot OH$ , к-рую получают смешиванием спирта с серной кислотой. Эту операцию ведут в эмалированных кислотоупорных котлах, охлаждаемых холодной водой. В котел загружают 100 кг 96%-ной серной к-ты, к к-рой осторожно, при сильном охлаждении и перемешивании, приливают этиловый спирт. Через 24 ч., когда процесс будет совершенно закончен, смесь выливают в холодную воду, в которой находится большое количество взмученной гашеной извести. Затем гипс отделяют прессованием, фильтрат обрабатывают содой и прозрачную жидкость упаривают в вакууме. В последнее время было сделано много попыток получения этилсерной к-ты из этилена, образующегося в больших количествах при многих производственных процессах (напр., при получении водорода из газов коксовых печей, при пирогазации нефти и т. п.). Эти попытки, однако, до сих пор еще не привели к разработке рентабельного заводского метода. Для приготовления диэтилсульфата из этилсерной к-ты ее подвергают перегонке в вакууме или нагревают в котлах при пониженном давлении с безводной сернонатриевой солью или с этилсерноокислым натрием. Другой способ приготовления диэтилсульфата, имеющий только лабораторное значение, состоит в действии хлорсульфоновой кислоты на эфир: в безводный этиловый эфир при сильном помешивании и охлаждении ( $t^\circ$  не выше  $-8^\circ$ ) медленно приливают хлорсульфоновую кислоту; по окончании превращения смесь осторожно нагревают на водяной бане до полного прекращения выделения хлористого водорода; затем смесь выливают в холодную воду, диэтилсульфат извлекают бензолом, сушат безводным медным купоросом и перегоняют в вакууме при 5—10 мм. Выход 90—95% теоретического.

*Лит.*: Meyer V. u. Jakobson P., Lehrbuch d. organ. Chemie, 2 Aufl., B. 1, T. 1, p. 307, B.—Lpz., 1922; Ullmanns Enzyklopädie, B. 1, 2 Aufl., p. 237, B.—W., 1928. **С. Медведев.**

**ДИАМЕТР**, прямая, делящая пополам все параллельные хорды кривой 2-го порядка и проходящая через ее центр, если кривая центральная. См. *Конические сечения*.

**ДИАМИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, субстантивные для хлопка полиазокрасители ф-ки Касселла (им соответствует б. ч. дианиловых красителей фирмы Фарберке). Значительная часть их принадлежит к «тетразокрасителям» из бензидина и подобных ему диаминов. Напр., **диаминовый красный 4 В** есть не что иное как бензопурин 4 В, продукт сочетания тетразотированного толидина с 2 молекулами нафтионовой к-ты. Д. к. окрашивают без протравы

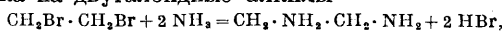
растительные волокна с прибавкой в ванну соды и глауберовой соли; они способны окрашивать и животные волокна.

**ДИАМИНОГЕНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, субстантивные для хлопка диазокрасители фабрики Касселла, имеющие одну амино-группу в *n*-положении к азо-группе, способные поэтому диазотироваться на волокне и, при сочетании с  $\beta$ -нафтолом или другими азосоставляющими, давать более прочные, а иногда и более глубокие окраски. К Д. к. относятся: диаминоген В, получаемый диазотированием ацетил-1,4-нафтилендиамин-6 (или 7)-сульфокислоты, сочетанием с  $\alpha$ -нафтиламином, новым диазотированием и сочетанием в щелочной среде с  $\gamma$ -кислотой и, наконец, омылением ацетиламиидной группы. Диаминогеновый синий различается от предыдущего лишь заменой  $\gamma$ -кислоты на кислоту Шеффера.

**А. Парай-Кошк.**

Лит.: см. Красящие вещества синтетические.

**ДИАМИНЫ**, производные углеводородов, в молекуле которых 2 атома водорода замещены амино-группами — NH<sub>2</sub>. Простейшим диаминном является этилендиамин NH<sub>2</sub>·CH<sub>2</sub>·CH<sub>2</sub>·NH<sub>2</sub>; следующий его гомолог, который соответствует нормальному пропану, существует в двух изомерных формах: 1) CH<sub>3</sub>·CH·NH<sub>2</sub>·CH<sub>2</sub>·NH<sub>2</sub> — пропилендиамин, 2) CH<sub>3</sub>·NH<sub>2</sub>·CH<sub>2</sub>·CH<sub>2</sub>·(NH<sub>2</sub>) триметилендиамин. Получаются Д. аналогично аминам (см.) действием аммиака на дигалоидные алкилы



а также восстановлением динитросоединений. Последний способ применим, гл. обр., к Д. ароматич. ряда (см. Аминоантрахины). Д. бензола: *o*-, *m*- и *n*-фенилендиамин и н-фенилендиамин получают также нагреванием под давлением дихлорбензола или хлоранилинов с водным аммиаком в присутствии солей меди. Низшие Д. жирного ряда — растворимые в воде жидкости, обладающие более сильными основными свойствами, чем амины. При действии на них галоидных алкилов Д. дают вторичные и третичные амины, а также соли четвертичных аммониевых оснований. Тетра- и пентадиметилендиамин образуются при гниении белков (путресцин и кадаверин). Фенилендиамины являются сильными восстановителями; *o*- и *n*-фенилендиамины применяются поэтому в фотографии как проявители; *m*-фенилендиамины при действии диазосоединений образуют азокрасители.

**ДИАНИЗИДИН**, диаминодиметоксид фенил, получается при щелочном восстановлении в алкогольном растворе в среде цинковой пыли *o*-нитроанизола с последующей бензидиновой перегруппировкой полученного при этом гидразопродукта [1]. Д. кристаллизуется в виде бесцветных, постепенно окрашивающихся в синий цвет табличек с  $t_{пл}^{\circ}$  137—138°. Д. дает растворимые соли с сильной кислотой и малорастворимые соли с серной к-той [2], которые при действии азотистой к-ты тетразотируются [3] (см. Азокрасители). Д. находит широкое применение в качестве диазосоставляющей для синтеза субстантивных дисазо- и триса-

зокрасителей, из к-рых широкое применение имеют бензопурпурин 4В, чикаго синий В, 4В и ряд других [4]. Д. применяется при ледяном крашении в качестве диазосоставляющей для получения синих окрасок на нафтолированной ткани (дианизидиновый синий). Особенно чистый и прочный синий получается с нафтолом AS (фабрика Griesheim-Elektron).

Лит.: 1) Ristenpart E., Chem. Technologie d. organ. Farbstoffe, p. 63, Lpz., 1925; 2) Воронцов Н. Н., Ступени в синтезе красителей, стр. 53, Л., 1926; 3) Fierz-David H. E., Grundlegende Operationen d. Farbenchemie, p. 119, 3 Auflage, B., 1924; 4) Shreve R., Dyes Classified by Intermediates, p. 201, N. Y., 1922.

**И. Иоффе.**

**ДИАНТРИМИДЫ**, см. Красящие вещества синтетические.

**ДИАПОЗИТИВ**, фотографическое позитивное изображение на прозрачном материале (преимущественно на стекле), позволяющем рассматривать его на просвет или проектировать на экран особыми приборами. Пластины, предназначенные для печатания на них диапозитивов, должны работать совершенно чисто и в достаточной мере контрастно, давать чистые света и сильные, но прозрачные тени, обладать мелким зерном и окрашиваться в различные цвета. Этим требованиям отвечают пластины, покрытые хлоробромосеребряной эмульсией.

Печатание производится или контактом, в копировальной рамке, или же вторичной съемкой негатива в камере. В последнем случае обычно получается уменьшенное изображение. В обоих случаях предпочитают пользоваться искусственным освещением. Время экспозиции зависит от характера негатива и от преследуемой цели — большей или меньшей желаемой плотности, контрастности и т. д. Проявляются Д. медленно и чисто работающими проявителями, лучше всего железными (ныне редко применяемыми), глицином и гидрохиноном. Время проявления, так же, как и экспозиции, должно быть согласовано с характером негатива и будущего Д. Фиксирование производится в кислой ванне. После сушки Д. склеивают с чистой пластинкой (лучше всего зеркального стекла) посредством полосок черной бумаги. Полезно отмечать один из углов Д., предназначенного для проекции, наклейкой на него кусочка белой бумаги, для того чтобы Д. вкладывались в правильное положение в рамку проекционного фонаря. Д. для непосредственного рассматривания (транспаранты) иногда склеивают с матовым стеклом.

Д. могут быть окрашены в различные тона двумя способами: во время проявления или в готовом виде. Для окрашивания по первому способу, дающему лучшие результаты, Д. передерживают при печатании и действие проявителя сильно замедляют прибавлением бромистого калия, или аммония, или того и другого.

Если составить проявитель по рецептам:

А) Метола . . . . .	2 г,
Гидрохинона . . . . .	6 г,
Сернистоуголосого натрия (безводн.) . . . . .	35 г,
Углекислого натрия (безводная сода) . . . . .	35 г,
Бромистого калия . . . . .	0,6 г,
Воды (дистил.) до . . . . .	1 000 см <sup>3</sup> ,
В) Углекислого аммония . . . . .	100 г,
Бромистого аммония . . . . .	100 г,
Воды (дистил.) до . . . . .	1 000 см <sup>3</sup>

то, варьируя отношение растворов А и В и степень передержки, можно получить следующие тона:

	Выдеряна	А	В
Черный . . . . .	норм.	1 часть	—
Теплый черный . . . . .	норм. $\times 1\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{8}$ части
Коричневый . . . . .	норм. $\times 2$	1	$\frac{3}{8}$ »
Теплый сепия . . . . .	норм. $\times 3$	1	$\frac{5}{8}$ »
Пурпурный . . . . .	норм. $\times 4$	1	$\frac{7}{8}$ »
Красный . . . . .	норм. $\times 6$	1	»

Не все сорта диапозитивных пластинок дают по этому методу хорошие результаты. Окрасивание Д. в готовом виде производится так же, как вирирование фотографических бумаг (см. *Вириаж*). Размеры Д. стандартизованы: в Центральной Европе и СССР применяются размеры 8,5  $\times$  8,5 и 8,5  $\times$  10 см; в Англии 3 $\frac{1}{4}$   $\times$  3 $\frac{1}{4}$ '' , в Америке 3 $\frac{1}{4}$   $\times$  4''.

Лит.: см. *Фотография*.

А. Рабинович.

**ДИАСПОР**, минерал ромбической системы; химич. состав:  $Al_2O_3 \cdot H_2O$  ( $Al_2O_3$ —85,01%;  $H_2O$ —14,99%); примеси:  $Fe_2O_3$ —до 7%;  $SiO_2$ —до 4%. Излом раковистый; весьма хрупк.; твердость 6; уд. вес 3,3—3,46; цвет от желтовато-бурого до белого. Перед паяльной трубкой не плавится; реагирует на алюминий и воду; при накаливании в пробирке распадается на мелкие белые чешуйки. Д.—минерал довольно редкий, встречается вместе с корундом или наждаком. В СССР известен в окрестностях Мраморского з-да на Среднем Урале. В большом количестве Д. был найден только в последнее время в Маньчжурии в виде брекчиевидной горной породы, названной маньчжуритом. Однако, ни самое месторождение, ни маньчжурит достаточно не исследованы. Д.—превосходная алюминиевая руда. См. *Спр. ТЭ*, т. 1.

Лит.: «НИ», Ленинград, 1926, т. 1; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПб, 1907; Фау А., A Glossary of the Mining and Mineral Industry, Washington, 1920.

Н. Федоровский.

**ДИАСТАЗ**, амилаза, фермент (точнее группа амилалитическ. ферментов), превращающий крахмал в сахар. При разложении Д. крахмала образуется ряд промежуточных продуктов—*декстринов* (см.), которые в конечном итоге превращаются в мальтозу (солодовый сахар). Диастаз весьма распространен в растительном царстве; он находится в листьях, в стволах деревьев, в клубнях картофеля и в различных семенах. Особенно много диастаза в проросших семенах злаков (солод). Аналогичный фермент содержится в животном организме (в частности в слюне и в соке поджелудочной железы). Физиологич. значение Д. состоит в том, что он переводит нерастворимое запасное вещество—крахмал—в потребляемое—сахар, к-рый легко может перемещаться из клетки в клетку и транспортироваться т. о. к месту потребления.

Д. играет весьма существенную роль в ряде производств, в частности в пивоваренном, винокуренном и хлебопекарном производствах. Одним из основных моментов этих производств является образование углекислоты и винного спирта. Указанные продукты возникают в результате жизнедеятельности *дрозисей* (см.), к-рые разлагают (сбраживают) сахар. Так как в большинстве случаев в тех исходных материалах, которые употребляют в качестве сырья для указанных производств (напр., карто-

фель, семена злаков), находится не сахар, а крахмал, к-рый не сбраживается дрожжами, то крахмал и д. б. предварительно осахарен Д. Обычно (в пивоваренном и винокуренном производствах) Д. вносится в затор в виде веществ, содержащих Д., напр., солода в других случаях (при хлебопечении) довольствуются тем Д., к-рый содержится в муке (Д. покоящихся семян). Однако, за последнее время довольно широкое распространение получили многочисленные препараты диастаза, выпущенные в продажу под самыми разнообразными названиями. В громадном большинстве случаев они представляют собою водные вытяжки из солода, или гущенные путем выпаривания в вакуум-аппарате или осажденные прибавлением спирта. В последнем случае из вытяжки выпадают растворенные в ней белки, которые увлекают с собой Д. Полученные так. обр. вытяжки Д. (в виде высушенного осадка белков) довольно долго сохраняют свое диастатическое действие. Описанные солодовые препараты Д. не годятся для приготовления декстринов, т. к. эти последние легко превращаются ими в сахар. Для производства декстринов употребляют препараты Д., получаемые из плесневых грибов или бактерий (биолоза, таки-диастаз и др.). Эти препараты нашли широкое применение в текстильном производстве и в кондитерском. Во французской научной литературе термином Д. обозначают все вообще *ферменты* (см.).

Лит.: см. *Солод*.

А. Опарин.

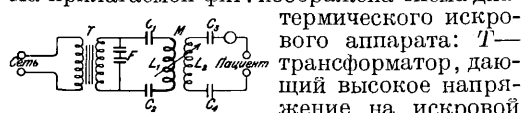
**ДИАСТАФОР**, препарат *диастаза* (см.), получаемый из солода, главным обр., ячменного, который содержит больше диастаза, чем другие виды солода. Для получения Д. солод превращают в муку и троекратно экстрагируют водой при 25—37°, после чего еще один раз экстрагируют при 70°. Полученные экстракты сгущают выпариванием в вакууме и ставят на определенную «диастатич. силу». Определение диастатической способности Д. производится различными методами: 1) определением образованного сахара фелинговым раствором; 2) исчезновением реакции на иод; 3) сравнением с окислителями, к-рые переводят определенное количество сахара в сахарную к-ту; 4) определением образованного сахара титрованием иодом; 5) изменением вязкости крахмальной клейстера.

Д. применяют в хлебопечении, приготовлении питательных препаратов и в текстильной промышленности—при расшлихтовке тканей и при изготовлении шлихтовальных и ашпретурных масс, а также загусток для печатных красок. Для расшлихтовки ткань прошивают 1—2%-ным раствором Д. при 65° и оставляют ткань в растворе на 30 мин. Для приготовления шлихтовальных и ашпретурных масс Д. вводят на холоду вместе с крахмалом в количестве около 1% веса крахмала, нагревают до 65° и оставляют при этой темп-ре на несколько минут, а затем всю массу доводят до кипения, чем уничтожается дальнейшее действие диастафора.

Лит.: Herzinger E., Appreturmittelkunde, В., 1926; Tagliani G. und Krostewitz W., Einige Bemerkungen über d. Vorbereitungs-Operationen beim Bächen baumwollener Gewebe, «Färber-Zeitung», В., 1912, Н. 3, 4; Nopitsch M., Studien über Schlichten u. Entschlichten, «Melliands Textilberichte», Mannheim, 1926, p. 528, 858, 944. А. Меес.



**ДИАТЕРМИЯ**, термопентрация, лечебное применение токов высокой частоты, основанное на подогревании током глубоких слоев тканей и внутренних частей организма, недоступных непосредственному действию внешних источников тепла. В диатермических аппаратах применяют частоты от 500 000 до 1 500 000 пер/сек. До настоящего времени диатермические аппараты строились почти исключительно с искровым возбуждением колебаний по схеме, сходной со схемой искрового радиопередатчика, с той лишь разницей, что с колебательным контуром связывался (вместо антенны) особый аperiodич. контур, подводивший ток к пациенту. В зависимости от площади электродов, для пропускания через тело применяют токи силой 0,5—3,5 А при напряжении от десятков до нескольких сотен В. Мощность, потребляемая диатермическ. аппаратами при полной нагрузке, составляет около 1,5 кВт. На прилагаемой фиг. изображена схема диатермического искрового аппарата: Т—трансформатор, дающий высокое напряжение на искровой



разрядник  $F$  (на один искровой промежуток дается 1 000—1 500 В, на большее число разрядников—в соответственное число раз большее напряжение);  $C_1$  и  $C_2$ —емкости колебательного контура;  $L_1$ —его самоиндукция;  $C_3$ ,  $C_4$  и  $L_2$ —соответственно емкости и самоиндукция лечебного контура. Самоиндукция  $L_2$  лечебного контура связана переменной подвижной связью  $M$  с самоиндукцией колебательного контура, что позволяет менять силу тока в лечебном контуре. Ток к пациенту подводится при помощи свинцовых или оловянных электродов—листов, плотно прижимаемых к коже, или особых электродов, вводимых в полость тела. В последние годы за границей и в СССР конструируются диатермич. аппараты с катодными лампами, преимущества которых заключаются в более ровном и глубоком прогревании, бесшумности и возможности длительной нагрузки.

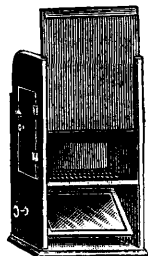
Лит.: Ржевкин С. Н. и Малов Н. Н., Исследование порога раздражения мышц переменным током. «Журнал прикладной физики», Москва—Ленинград, 1928, т. 4, вып. 4; Nagelschmidt F., Lehrbuch der Diathermie, 3 Auflage, Berlin, 1926; Bordier H., Diathermie et diathermothérapie, 3 édition, Paris, 1927; Kowarschik J., Die Diathermie, 5 Auflage, Berlin, 1926. С. Ржевкин.

**ДИАФАНОСКОП**, прибор для определения мучнистости и стекловидности зерен (главн. обр. пшеницы и ячменя); основан на том, что зерна стекловидные при рассматривании их на свет кажутся прозрачными, тогда как зерна мучнистые не просвечивают и кажутся темными.

В мукомольном деле ценится высокая стекловидность пшеницы, так как из такого зерна обычно получают больше крупки и крупчатой муки, чем из мягких мучнистых зерен. Кроме того, считают, что стекловидные пшеницы обычно содержат больше белковых веществ и дают муку более богатую клейковиной и с более высоким качеством последней. В пивоварении, наоборот, ценят ячмень с малой стекловидностью, так как полагают, что в зернах с мучни-

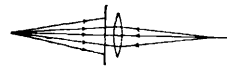
стым строением содержится меньше белковых веществ вообще и растворимых в воде в частности; высокое же содержание последних неблагоприятно для получения стойкого, не мутнеющего пива. Кроме того, из ячменя стекловидного получается меньше солода, и диастатическ. сила его более слаба.

Имеются различные типы диафаноскопов. Один из наиболее употребительных Д. показан на фигуре: на черную деревянную пластинку с отверстиями укладывают определенное число зерен (50 или 100), на которые помощью отражательного зеркала направляют свет (естественный или от электрической лампочки); зерна рассматривают сверху и подсчитывают количество вполне прозрачных, вполне темных и смешанного характера. Французские фирмы выпускают в продажу очень компактные Д., в которых зерна укладывают на деревянную пластинку с отверстиями, прикрывают стеклом и рассматривают при помощи лупы в проходящем свете.



В. Смирнов.

**ДИАФРАГМА** в фотографии, рабочее отверстие объектива и приспособление для изменения величины его. Важной для практики величиной является относительное отверстие линзы, называемое также ее светосилой. Если свет проходит через всю линзу, то получается изображение, лишенное резкости и ясности; для его улучшения, закрывают краевые части линзы, т. е. ставят перед ней пластинку с круглым вырезом, называемую Д. (фиг. 1). Чем больше вырез, тем больше пройдет света через линзу (тем короче нужно экспонировать) и тем менее резким будет изображение. Если взять Д. какого-нибудь одного диаметра, например в 5 см, и поставить ее перед линзой с фокусным расстоянием в 15 см и в другой раз перед линзой с фокусным расстоянием в 30 см, то во втором случае попадет на пластинку в четыре раза меньше света, чем в первом. Светосила

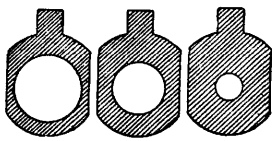


Фиг. 1.

изменяется прямо пропорционально квадрату диаметра Д. и обратно пропорционально квадрату фокусного расстояния. Светосила линзы зависит, т. о., от отношения диаметра Д. к фокусному расстоянию; это отношение выражается дробным числом и называется относительным отверстием объектива. Напр., у объектива с фокусным расстоянием в 15 см при Д. в 2 см относительное отверстие = 1 : 7,5 (иное обозначение  $F : 7,5$ , т. е. диаметр Д. равен фокусному расстоянию, деленному на 7,5). Линзы с одинаковым относительным отверстием одинаково светосильны, независимо от их абсолютных размеров. Светосилы двух линз относятся, как квадраты их относительных отверстий. Следовательно, светосила линзы с  $F : 7,5$  в 4 раза больше другой с  $F : 15$ .

Чем хуже линза, тем больше ее нужно диафрагмировать. Чем больше уменьшают отверстие Д., тем резче получается изображение даже и простой линзой. Этим можно

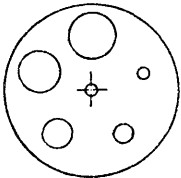
устранить вредные свойства хроматич. аберрации (см. *Аберрация света*), выпуклости поля изображения, комы, *астигматизма* (см.). В объективах, где эти недостатки устранены—*апланаты*, *анастigmaty* (см.), можно пользоваться большими отверстиями и сокращать время экспозиции. Другая причина, заставляющая сильнее диафрагмировать, это—увеличение глубины фокуса. При наводке на фокус какой-либо точки пространства мы получаем резкое изображение, строго говоря, лишь предметов, находящихся в плоскости, проходящей через эту точку и параллельной пластинке. Допуская известную степень нерезкости (для обыкновенных снимков—0,1 мм, для репродукций—0,01 мм), мы можем захватить в изображении также предметы, лежащие вне этой плоскости в нек-ром расстоянии спереди и сзади ее; это расстояние называется г л у б и н о й фокуса. Глубина увеличивается с уменьшением фокусного расстояния и относительного отверстия объектива. Глубина резкости



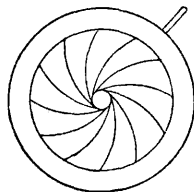
Фиг. 2.

зависит не от конструкции объектива, а только от его фокусного расстояния и диаметра отверстия. Диафрагмировать сильнее  $F : 36$  бывает нужно лишь в исключительных случаях, напр. при некоторых архитектурных съемках и репродукции, т. к. маленькие отверстия уничтожают пластичность рисунка; диафрагмировать больше чем до  $F : 90$  не следует, так как дальше резкость опять уменьшается.

Виды Д. и их обозначение. Наиболее простой вид Д.—вставные Д., представляющие собою вычерненные металлич. пластинки (фиг. 2), снабженные посредине отверстием. После наводки на фокус их вставляют в сделанный в объективе разрез, который в двойных объективах находится между



Фиг. 3.



Фиг. 4.

линзами (центральная Д.), в простых же объективах (ландшафтных)—перед линзой (передняя Д.). У современных объективов эти Д. встречаются теперь редко. Т. н. револьверные Д. (фиг. 3), состоящие из вертикального, соединенного с объективом кольца, снабженного отверстиями разной величины, также применяются теперь редко. Чаще всего применяют ирисовые Д. (фиг. 4), состоящие из ряда металлич. или эбонитовых серповидных пластинок, приводимых в движение вращением кольца, при чем отверстие Д. в них увеличивается или уменьшается простым поворачиванием рычага. Помещающаяся у этого рычага нумерация показывает величину Д. Самый естественный и удобный способ обозначения Д.—по относи-

тельному отверстию объектива. По этой системе теперь обозначают Д. на большей части объективов. Напр., на ирисовой Д. стоят числа 6,3; 9; 12,5; 18; 25; 36; 50—соответственно отверстию Д.  $F : 6,3$ ;  $F : 9$  и т. д. Сравнение различных систем обозначения диафрагм приведено в таблице.

Сравнение различных систем обозначения диафрагм и влияние отверстия диафрагмы на продолжительность экспозиции.

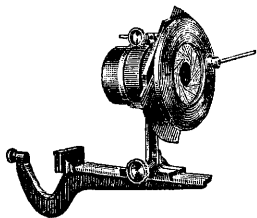
Относительное отверстие объектива	Новая французская система (Зутер)	Старая французская система (принятая у Штейнгейля)	Система Штольце (Гертц, Фохт-лендер, Штейнгейль, Буш и др.)	Система Рудольфа (Цейсс)	Англ. система (Родептонг)	Влияние отверстия Д. на продолжит. экспозиции*
1:1,5	—	—	—	—	—	0,11
1:1,8	—	—	—	—	—	0,16
1:2	—	—	—	—	—	0,2
1:2,5	—	—	—	—	—	0,31
1:2,7	—	—	—	—	—	0,36
1:4,5	—	—	2	128	—	1,0
1:4,8	—	—	2,3	—	—	1,15
1:5	—	1/4	2,5	—	—	1,25
1:5,5	32	1/3	3	—	2	1,5
1:6,3	—	—	4	64	—	2,0
1:6,8	—	1/3	4,6	—	—	2,3
1:7,7	—	—	6	—	—	3,0
1:8	64	2/3	—	—	4	3,15
1:9	—	—	8	32	—	4,0
1:10	—	1	—	—	—	5,0
1:11	—	—	12	—	—	6,0
1:11,3	128	—	—	—	8	6,3
1:12,5	—	1 1/2	16	16	—	8,0
1:15,5	—	2	24	—	—	10
1:16	256	—	—	—	16	12,5
1:18	—	3	32	8	—	16
1:20	—	4	—	—	—	20
1:22	—	—	48	—	—	24
1:22,5	512	—	—	—	32	25
1:25	—	8	64	4	—	32
1:31	—	—	96	—	—	48
1:32	1 024	10	—	—	64	50
1:35	—	—	128	—	—	62
1:36	—	—	—	2	—	64
1:40	—	16	—	—	—	80
1:50	—	—	—	1	—	128

\* Если принять за единицу продолжительность экспозиции при  $F : 4,5$ , то при других диафрагмах надо экспонировать во столько раз больше, сколько показано в графе.

В тех случаях, когда бывают даны диаметры Д. и их фокусные расстояния, особенно в наборных объективах, можно найти относительное отверстие делением фокусного расстояния на эти числа. При работе одной задней линзой симметрического объектива фокусное расстояние ее будет равно удвоенному фокусному расстоянию всего объектива, а относительное отверстие—половине его. Значит, цифры на Д.  $F : 6,3$ ;  $F : 9$ ;  $F : 12,5$  и т. д. нужно удвоить:  $F : 12,5$ ;  $F : 18$ ;  $F : 25$  и т. д., время же экспозиции, сравнительно с полным объективом, увеличить в четыре раза.

В кинематографии и центральной ирисовой Д. применяется для т. н. затемнений, наплывов и т. п. съемочных приемов, когда она на ходу съемочного аппарата постепенно закрывается или открывается, от чего последующий ряд снимков постепенно становится все слабее и слабее, изображение как бы тает на экране и, наконец, исчезает вовсе, или наоборот. Этот прием часто для краткости называют просто «диафрагма».

Кроме того, в кино нередко применяется ирисовая Д., расположенная на том или ином расстоянии перед объективом, т. н. американская, или концентрическая Д., к-рая при закрывании затемняет, как бы тушеет, не весь снимок сразу, а постепенно от краев внутрь, так что середина остается до конца ясной в постепенно смыкающемся с размытыми краями кружке. Такая Д. (см. фиг. 5—конструкция известной америк. фирмы Белл и Гауел) обычно располагается на



Фиг. 5.

особом супорте, прикрепляемому или к штативу или к передней стенке аппарата, и соединяется с аппаратом складным тубусом для уничтожения вредных засвечиваний и рефлексов. За последнее время широко входят в употребление такие Д. с прозрачными или полупрозрачными лепестками, сделанными из белого или неокрашенного целлюлоида.

Д. в зрительных трубах и микроскопах см. *Зрительная труба*, *Микроскоп*.

Лит.: Фогель Э., Карманный справочник по фотографии. Руководство для фотографов-любителей, 11 издание, М.—Л., 1928; Энглич Е., Основы фотографии, М.—Л., 1927; Лобель Л., Техника кинематографии, М.—Л., 1926; «Photographischer Notiz-Kalender», Halle, ab 1911; Vogel E., Taschenbuch d. Photographie, 39 Aufl., B., 1927.

**ДИВИНИЛ**, бутадиев, винил-этилен, эритрен,  $\text{CH}_2:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}_2$ , газ, с характерным запахом; горит коптящим пламенем; его  $t^\circ_{\text{кип.}}$ , указываемая различными исследователями, разная: от  $-5$  до  $+1^\circ$ ; в чистом виде получается через тетрабромид, представляющий собой твердое кристаллическ. вещество с  $t^\circ_{\text{пл.}}$   $+118^\circ$ . Д. может служить исходным материалом для синтетического каучука.

Лит.: см. *Научук* синтетический.

**ДИЛАТОМЕТРИЯ**, метод исследования свойств веществ, основанный на их расширяемости от нагревания. Первоначально задачей Д. было только определение коэфф-та теплового расширения, гл. образ., жидких и твердых тел. В самое недавнее время дилатометрич. метод получил в отношении к металлам, металлич. сплавам и огнеупорным изделиям широкое применение для изучения положения точек превращения, явлений закалки стали, роста чугуна (см. *Термическая обработка металлов*)—вообще всех явлений, сопровождающихся резкими изменениями объемов. Приборы, применяемые в Д., называются дилатометрами.

При исследовании расширения жидкостей применяется, гл. обр., дилатометр Оствальда, состоящий из трубки с рядом вздутий, емкость к-рых заранее известна. Трубка заполняется испытуемой жидкостью до определенной черты, при нагревании же прибора жидкость заполняет трубку до того или иного ее вздутия. Средний коэфф. расширения определяется как ф-ия  $t^\circ$  вида:  $\alpha_t = \alpha_0 + a_1 t + a_2 t^2$ ; коэфф-т расширения  $\alpha$  при темп-ре  $t$  определяется как ф-ия  $t^\circ$  вида:

$$\alpha = \alpha_0 + 2a_1 t + 3a_2 t^2$$

Применяется также и весовой дилатометр.

Для определения коэфф-та расширения жидкости этим способом пользуются формулой:

$$P_t(1 + \alpha_t) = P_0(1 + \beta_t),$$

где  $P_0$  и  $P_t$ —веса жидкости, наполняющей сосуд при  $0^\circ$  и  $t^\circ$ ,  $\alpha_t$  и  $\beta_t$ —средние коэфф-ты расширения жидкости и стекла между  $0^\circ$  и  $t^\circ$ . Прделав опыт со ртутью, для к-рой  $\alpha_t$  известно, находят  $\beta_t$ ; повторив опыт с испытуемой жидкостью, находят для нее  $\alpha_t$ .

В отношении твердых тел, в частности металлических сплавов, Д. преследует две цели: 1) изучение расширения разных сплавов в пределах определенной  $t^\circ$ -ной зоны и нанесение кривой: коэфф. расширения—состав (атомный или весовой); 2) изучение расширения сплавов определенного состава в функции от  $t^\circ$  и выявление тем самым точек превращения, соответствующих ненормальностям в ходе теплового расширения изучаемого сплава. При исследованиях 2-го рода дилатометр. испытания позволяют иногда констатировать превращения, сопровождаемые таким небольшим тепловым эффектом, что его не удается уловить обычн. методом термического анализа. Чаще всего при дилатометрич. испытаниях определяют не абсолютное значение коэфф-та расширения, а разность между тепловым расширением изучаемого образца (металлический предмет или образец огнеупорного материала) и эталона (керамич. изделия, кремнезем, специальные сплавы), тепловое расширение к-рых не представляет ненормальностей в изучаемом интервале  $t^\circ$ . На ось абсцисс в этом случае наносится  $t^\circ$ , а на ось ординат—разность расширений. Получается дифференциальная дилатометрич. кривая, на к-рой можно заметить все ненормальности в расширении изучаемого металлическ. сплава. На этом принципе основан наиболее распространенный в данное время дифференциальный дилатометр Шевнара. Ряд исследований, произведенных самим автором прибора, Портвеном, Голубиновым и др., привел к количественному определению склонности чугуна к графитизации, к возможности классифицировать сорта стали в зависимости от их способности менять объем при закалке, к уточнению  $t^\circ$  превращения кварца в тридимит, т. е. к разрешению задач, имеющих огромное практич. значение. В частности, Д. позволила установить точные пределы существования инвара, т. е. сплава железа с 36% никеля, почти не обладающего тепловым расширением, элинвара, т. е. сплава железа с 34% никеля и 12% хрома, с ничтожным тепловым коэфф-том упругости, платинита—сплава железа с 46% никеля, обладающего свойством припаиваться к стеклу. С помощью дифференциального дилатометра проверены и установлены истинные коэффициенты расширения разных металлов в пределах от  $-195^\circ$  до  $+1100^\circ$ . Кроме дилатометра Шевнара, существует несколько менее распространенных дилатометров (Обергоффера, Хонда, Стеблейна и других).

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 3, стр. 102, Берлин, 1923; Guertler W., Metallographie, B. 2, T. 2, Abschn. 5, Lfg. 1, 2, B., 1924—1926; Chevenard P., Méthodes de recherche et de contrôle dans la métallurgie de précision, Paris, 1923; «RM», 1922, p. 546, 1925, p. 357, 1926, p. 92; «St. u. E.», 1926, p. 101, 142.

Л. Длугач,

**ДИЛЮВИЙ**, отложения ледникового периода. Значительная площадь европейск. части СССР покрыта этими отложениями. Д. не обнаруживает правильных напластований и представляет раздробленные горные породы, захваченные ледником на пути своего движения и отложенные на местах таяния в виде моренных глин с песком, галькой и валунами (конечные морены). Этим объясняется то явление, что среди галечников и валунов преобладают кристаллич. породы Скандинавии, Финляндии и Карелии. Многочисленные потоки, образовавшиеся при таянии ледника, перемыкали моренные отложения и отлагали перемытый материал в виде галечников, песков, глин и суглинков (флювио-гляциальн. отложения). Моренные глины и суглинки идут для производства кирпичей. Пески и галечники разрабатываются для строительных целей. Валуну «дикарь» идут на мощение мостовых и шоссе-ую шебенку.

Лит.: К р о т о в П., Следы ледникового периода в с.-в. части Европейской России и на Урале, Казань, 1885; К р и ш т о ф о в и ч Н., Строение ледниковых отложений на территории Ковенской, Гродненской и Виленской губ., «Ежегодник по геологии и минералогии России», Варшава, 1896, т. 1; Б о г о л ю б о в Н., О фазах межледниковой эпохи Московской губ., там же, 1907, т. 9, вып. 1—2; М и р ч и н к Г., Последние отложения Черниговской губ. и их отношение к аналогичным образованиям остальных частей Европ. России, «Вести. Моск. горн. акад.», М., 1923, т. 2, вып. 1.

П. Топольницкий.

**ДИМЕТИЛАНИЛИН**, д и м е т и л ф е н и л а м и н,  $C_8H_9N(CH_3)_2$ , третич. амин, бесцветная в чистом состоянии, буреющая на воздухе жидкость с  $t_{кип}^{193^\circ}$  и  $t_{заст.}^{+0,5^\circ}$ , удельного в. 0,962 при  $15^\circ$  [1,2,3]. Продажный технич. Д. содержит различное количество примесей, гл. образом, монометиланилина. В виду близких точек кипения последнего и Д., для испытания чистоты Д. пользуются его свойством, в отличие от монометиланилина, не вступать в реакцию с уксусным ангидридом. Для этого наблюдают изменение  $t^\circ$  при смешении Д. с уксусн. ангидридом. Технически годный Д. при смешении 4 см<sup>3</sup> его с 2 см<sup>3</sup> уксусного ангидрида не должен повышать температуру больше чем на  $1^\circ$  [4].

Д. получается при действии хлористого метила или метилового спирта на анилин. В виду дороговизны первого, в технике употребляется исключительно метиловый спирт. Для облегчения и ускорения процесса реакция ведется под давлением и в присутствии катализаторов. Таковым чаще всего служит серная к-та. В автоклав [5], снабженный мешалкой и масляной баней, загружают равные по весу количества свежеперегнанного анилина и метилового спирта, предварительно смешанного с 10% (по весу) серной кислоты  $66^\circ B\acute{e}$ . Медленно нагревают содержимое автоклава до  $190^\circ$ , при чем давление, медленно поднимаясь до 10 atm, делает резкий прыжок при этой  $t^\circ$  скачок и доходит до 30 atm. Затем, подняв  $t^\circ$  до 200—210°, выдерживают при ней ок. 6 ч., после чего автоклав охлаждают и отгоняют из него непрореагировавший спирт, к-рый был взят в избытке. После этого содержимое автоклава перекачивают в котел для нейтрализации, куда загружают необходимое количество едкой щелочи. В нейтрализационном котле происходит не

только нейтрализация серной к-ты, но и омыление получившегося от присоединения метилсульфата к Д. четвертичного аммонийного основания, для чего смесь в нейтрализационном котле нагревают в течение 5 ч. до  $170^\circ$  при давлении 8—10 atm. Затем вторично отгоняют получившийся при омылении метиловый спирт и пропускаяем водяного пара перегоняют Д. Последний из смеси с водой высаливают поваренной солью, отделяют и очищают перегонкой в вакууме. Выход достигает 94% теоретического. Более рентабельным является ведение процесса с целью получения смеси монометиланилина и Д., что достигается уменьшением количеств взятых в реакцию метилового спирта и серной к-ты. Реакционную смесь непосредственно в автоклаве омыляют и обрабатывают хлористым бензолом, при чем в реакцию с последним вступает лишь монометиламин, образуя метилбензиламин; последний, в отличие от Д., не перегоняется с водяными парами, чем достигается их разделение. Очистка Д., как и метилбензиламина, достигается перегонкой в вакууме. Получение Д. [6] протекает в присутствии каталитически действующего иода при нагревании под давлением анилина с метиловым спиртом. Аналогично получению Д., лишь с некоторым изменением в деталях, протекает получение и д и э т и л а н и л и н а.

Д.—весьма важный промежуточный продукт для получения различных красящих веществ [7, 8]. Д. является азокомпонентом для синтеза азокрасителей, как, напр., желтого для масла и гелиантина (метилоранж). Весьма большое применение Д. имеет при синтезе ди- и трифенилметановых красителей, в частности аурамина, малахитового зеленого, метилового фиолетового и др. Ряд производных Д. применяется для синтеза красящих веществ; из них важен *n*-нитрозодиметиланилин, являющийся промежуточным продуктом для многих красителей азинового, оксазинового и тиазинового ряда, как, напр., галлоцианины, метиловый голубой и друг. При нитровании Д. в сильно кислой среде получается *m*-нитропродукт, переходящий по восстановлению в диметил-*m*-фенилендиамин—исходный продукт для синтеза некоторых акридиновых красителей. При сульфировании Д. дымящей серной к-той в последующим щелочным плавлением сульфокислоты Д. получается диметил-*m*-аминофенол—исходный продукт для синтеза родаминов и т. п. Д. служит исходным продуктом для получения сернистого красителя — и м м е д и л е в о г о ч и с т о с и н е г о [9]. Значение Д., как и его ближайших аналогов: монометиланилина, диэтиланилина, моноэтиланилина, метилбензиламина, этилбензиламина, для синтеза красящих веществ весьма велико. Цены на Д. в последнее время получили тенденцию к понижению, что, вероятно, стоит в связи с получением синтетическ. метилового спирта. В Америке с 1920 по 1922 год цены на Д. понизились более чем вдвое, и в 1922 году 1 англ. фунт Д. стоил 32 цента, т. е. около 1 р. 40 к. за кг. В настоящее время цена диметиланилина [10] в Англии ок. 2 шиллингов за англ. фунт, т. е. ок. 2 р. 20 к. за кг.

Лит.: 1) В о р о ж ц о в Н. Н., Ступени в синтезе красителей, стр. 21, Л., 1926; 2) Beilstein's Handbuch d. organ. Chemie, B. 1, B., 1918; 3) Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organ. Chemie, Lpz., 1922—24; 4) Fierz David H. E., Grundlegende Operationen der Farbenchemie, p. 112, Berlin, 1924; 5) Groggins P. H., Aniline a. Its Derivatives, p. 171, L., 1924; 6) Г. П. 250236; 7) Rowe, Colour Index, N. Y., 1924; 8) Schulz G., Farbstofftabellen, 6 Aufl., B. 2, B., 1923; 9) Lange O., Die Schwefelharbstoffe, p. 55, Lpz., 1925; 10) «Chemical Age», London, 1926.

**ДИМЕТИЛГЛИОКСИМ**, диметилдиглиоксим, образует блестящие иголки с  $t_{пл}^{246^\circ}$ , нерастворимые в воде,  $CH_2 \cdot C \cdot N \cdot OH$  но легко растворимые в спирте и эфире. Д. получается действием гидроксилamina на изонитрозометилэтилкетон; последний получается непосредственно перед реакцией из метилэтилкетона или из метилацетоуксусного эфира и не нуждается в изолировании. Д.—чувствительный реактив на никель: с солями никеля он дает красный кристаллич. осадок; этой реакцией пользуются в лабораторной практике для качественного и количественного определения никеля и для отделения его от кобальта (реакция Чугаева).

**ДИНА**, единица силы в системе CGS, равна силе, которая, действуя постоянно на массу в 1 г, сообщает этой массе равномерное ускорение в 1 см/сек<sup>2</sup>.

**ДИНАМИДОН**, высокоогнеупорный материал, изготовляемый из сплавленного боксита или искусственного корунда и пластичной глины. Уд. в. 3,7; средний химич. состав Д.: 21% SiO<sub>2</sub>, 72% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3—4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3—4% TiO<sub>2</sub>; CaO и MgO—незначительные количества. Огнеупорность Д. колеблется в пределах 1 800÷1 850°; пористость 15% (весовых); временное сопротивление на раздавливание 750 кг на 1 см<sup>2</sup>. Обладает постоянством объема и устойчивостью при резких изменениях темп-ры. Для изготовления корундовой массы берут корунд, получаемый по способу Гольдшмита, и обжигают его с каолином. Преимущественное применение Д. имеет в цементном производстве как самый стойкий футеровочный материал для зоны спекания вращающихся печей. При всех высоких качествах Д. как огнеупорного футеровочного материала препятствием к его широкому распространению является его высокая цена.

Лит.: Ост Г., Химич. технология, Л., 1925.  
**ДИНАМИКА**, см. *Механика теоретическая*.

**ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ**, дисциплина, рассматривающая динамическ. качества автомобиля, от которых зависит средняя скорость его движения при заданных условиях эксплуатации.

1) Динамическая характеристика автомобиля. При помощи двигателя на ведущих колесах автомобиля создается тяговое усилие  $P_d$  кг, идущее на преодоление сопротивления воздуха  $P_w$  кг и сопротивления качения  $P_f$  кг. Величина  $P_w$  определяется из ур-ия  $P_w = K \cdot F \cdot V_a^2$ , где  $K \cdot F$ —коэфф-т, зависящий от формы автомобиля и  $V_a$ —скорость движения в м/сек; величина  $P_f$ —из ур-ия  $P_f = G_a \cdot f$ , где  $G_a$ —вес автомобиля в кг и  $f$ —коэфф-т качения, зависящий от качеств шин и дороги. Остаток тягового усилия  $P_d - (P_w + P_f)$  идет на преодоление

автомобилем подъемов и на разгон. Для определения усилия  $P_h$  кг, расходуемого на подъем, пользуются ур-ием  $P_h = G_a \sin \alpha$ , где  $\sin \alpha$ —подъем дороги, обозначаемый обыкновенно буквой  $i$ . Усилие, идущее на ускорение автомобиля, определяется из уравнения  $P_j = \frac{\beta}{g} \cdot G_a \cdot j$ , где  $j$  в м/сек<sup>2</sup>—ускорение автомобиля,  $g$  м/сек<sup>2</sup>—ускорение силы тяжести и  $\beta$ —коэфф. влияния вращающихся масс автомобиля. Для прямой передачи коэфф.  $\beta \cong 1,06$ , для промежуточных передач  $\beta \cong 1 + 0,06i_k^2$ , где  $i_k$ —передаточное число в коробке скоростей. Т. о., полный тяговой баланс автомобиля получает следующее выражение:

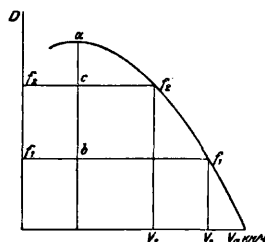
$$P_d = P_w + G_a \cdot f + G_a \cdot i + G_a \cdot \frac{\beta}{g} \cdot j,$$

а после преобразования:

$$\frac{P_d - P_w}{G_a} = f + i + \frac{\beta}{g} \cdot j.$$

Величина  $f + i + \frac{\beta}{g} \cdot j$  характеризует автомобиль в отношении способности преодолеть сопротивление качению ( $f$ ), подъем ( $i$ ) и развить ускорение ( $j$ ). Зависимость удельной тяги автомобиля  $\frac{P_d - P_w}{G_a}$  от его скорости и называется динамич. характеристикой. Величина  $\frac{P_d - P_w}{G_a}$  в дальнейшем обозначается буквой  $D$ . Силы  $P_d$  и  $P_w$  как функции скорости автомобиля могут быть определены лабораторным испытанием.

На фиг. 1 представлена примерная динамич. характеристика автомобиля при движении на прямой передаче. Зная качества дороги и шин, т. е. зная  $f$ , можно для каждой скорости автомобиля найти как максимально возможн. ускорение при любом подъеме  $i$ , так и максимальный подъем  $i$ , к-рый автомобиль может преодолеть при установленном движении, т. е. при  $j=0$ . На фиг. 1

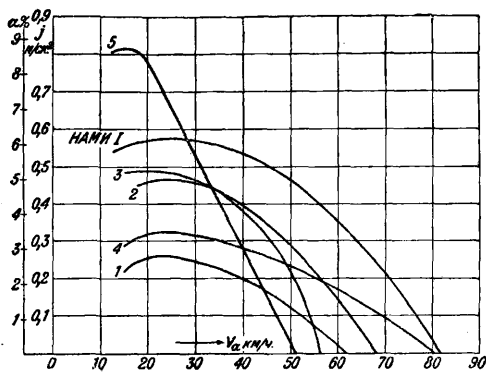


Фиг. 1.

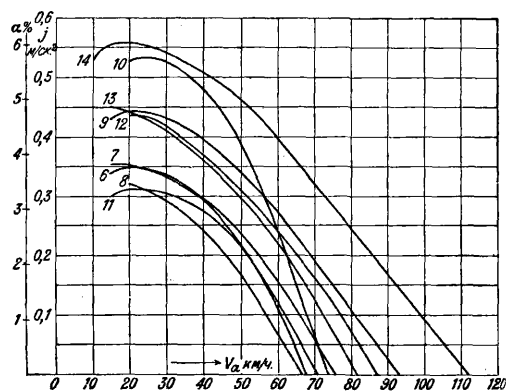
проведены две прямые  $f_2$   $f_1$  и  $f_1$   $f_2$ , соответствующие двум различным значениям  $f$ ; при  $f_1$  получается максимальная скорость, равная  $V_1$  км/ч, а при  $f_2$  получается  $V_2$  км/ч. Максимальн. значение  $D - f = i + \frac{\beta}{g} \cdot j$  в первом случае измеряется отрезком  $ab$ , а во втором — отрезком  $ac$ . Если при заданном значении  $f$  принять одно из значений  $i$  или  $j$  равным 0, то кривая динамич. характеристики определит максимальное значение другой величины. В Научн. автототормном ин-те при испытании автомобилей на станке с беговыми барабанами были определены величины  $a_{max}$  и  $j_{max}$  как функции скорости автомобиля. Сопротивление дороги и потеря на качение ( $f$ ) при испытании соответствовали условиям работы автомобиля на беговых барабанах станка, т. е. условиям очень хорошей дороги. На фиг. 2, 3, 4 и 5 приведены данные этих испытаний, при чем все автомобили разделены на четыре группы (см. табл.): фиг. 2—легковые автомобили до 2 л, фиг. 3—легковые автомобили свыше 2 л,

Характеристические данные автомобилей, испытанных в лаборатории НАМИ.

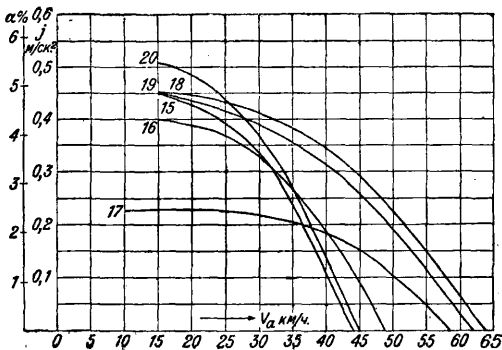
Фирмы или марки автомобилей	№ по фиг. 2, 3, 4 и 5	Число мест или грузоподъемность в т	Мертвый вес в кг	Полный вес в кг	Число цилиндров	Диам. цилиндра в мм	Ход поршня в мм	Рабочий объем в л	Диам. колес в мм	Передача
Перль . . . . .	1	4	795	1 070	4	57	88		715	5,54
Татра . . . . .	2	4	685	985	2	82	100	0,9	710	4,94
Ровер . . . . .	3	4	597	865	2	85	100	1,13	700	4,80
Ага . . . . .	4	4	1 061	1 261	4	64	110	1,4	760	4,83
Троян . . . . .	5	4	755	975	4	63,5	120,65	1,53	710	4,00
НАМИ I . . . . .		4	703	988	2	84	105	1,16	710	4,91
Рено (такси) . . . . .	6	6	1 403	1 792	4	75	120	2,12	775	4,60
Стевер . . . . .	7	6	1 610	2 035	4	75	120	2,12	815	4,63
Прага . . . . .	8	6	1 525	1 900	4	75	130	2,31	820	4,19
Австро-Даймлер . . . . .	9	6	1 590	2 000	6	70	110	2,54	820	4,85
Берлие . . . . .	10	4	1 325	1 575	4	80	130	2,65	765	4,20
Хорьх . . . . .	11	6	1 565	2 030	4	80	130	2,62	820	4,18
Штейер . . . . .	12	6	1 878	2 103	6	80	110	3,32	820	3,86
Прага (лимузин) . . . . .	13	6	1 943	2 395	4	90	150	3,82	895	4,00
Рено . . . . .	14	6	2 290	2 710	6	85	140	4,76	835	4,09
G. M. C. . . . .	15	1	1 880	2 785	4	89	140	3,48	915	6,00
Берлие . . . . .	16	1 1/2	1 960	3 270	4	80	130	2,62	835	6,15
Рено . . . . .	17	1 1/2	2 280	3 775	4	85	140	3,18	820	5,75
Фиат . . . . .	18	1 1/2	1 820	3 425	4	100	140	4,4	880	5,45
Амо . . . . .	19	1 1/2	1 953	3 558	4	100	140	4,4	880	5,45
Прага . . . . .	20	1 1/2	2 370	4 370	4	90	150	3,82	910	8,42
Я 3 . . . . .	21	3	4 110	7 380	4	100	140	4,4	1 015	10,90
Уайт . . . . .	22	3	3 616	6 616	4	95	130	3,67	1 015	13,05
А. Е. С. . . . .	23	3-4	4 420	8 420	4	120	150	6,78	850	7,25
Бюссинг . . . . .	24	4,2	4 800	9 000	4	125	160	7,85	850	7,45
Ланча (автобус) . . . . .	25	25 мест	3 960	5 840	4	110	130	4,94	955	5,38
Берлие . . . . .	26	3	3 860	6 940	4	110	140	5,32	950	6,61



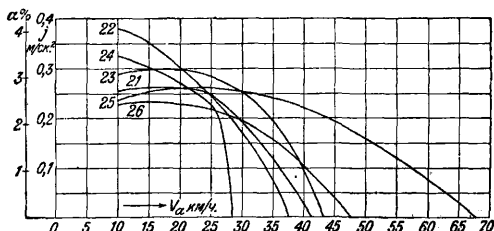
Фиг. 2.



Фиг. 3.



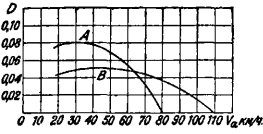
Фиг. 4.



Фиг. 5.

фиг. 4 — грузовые автомобили до 2 т и фиг. 5 — грузовые автомобили свыше 2 т.

Так как между максимальным подъемом и максимальным ускорением имеется прямолинейная зависимость, то на фиг. 2, 3, 4 и 5 приведены одновременно оба масштаба. Для

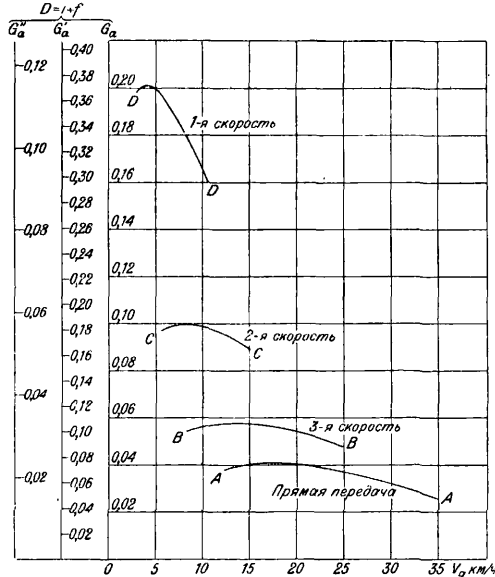


Фиг. 6.

разных условий эксплуатации выгодно иметь динамическую характеристику различного вида. На фиг. 6 показаны два типа динамич. характеристик на последней передаче — А и В.

Первая соответствует автомобилю с меньшей максимальной скоростью, но с большей тяговой силой на малых скоростях. Динамическая характеристика В очевидно дает хороший результат лишь для автомобиля, предназначенного для загородной езды на больших скоростях; в условиях же городского движения и при работе на плохой дороге автомобиль, имеющий динамич. характеристику А, дает более высокую среднюю скорость, так как при тех же скоростях, какие здесь практически применяются, он обладает лучшими динамич. качествами.

2) Динамическая характеристика автомобиля при различных передачах в коробке скоростей. В условиях практической работы автомобиля приходится применять промежуточные передачи; равным образом и нагрузка (особенно в случае грузового автомобиля с прицепкой) не остается постоянной. Вследствие этого



Фиг. 7.

является необходимым представить динамическую характеристику в самом общем виде. На фиг. 7 каждая из представленных кривых дает удельную тяговую силу на соответствующей передаче в коробке скоростей при условии нормальн. нагрузки. Из ур-ия

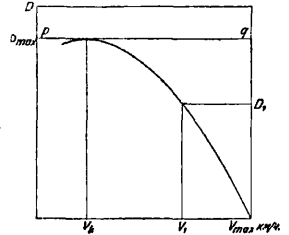
$$\frac{P_d - P_w}{G_a} = f + i + \frac{\beta}{g} \cdot j$$

видно, что изменение веса  $G_a$  при том же

значении  $P_d - P_w$  вызывает пропорциональное изменение величины  $f + i + \frac{\beta}{g} \cdot j$ . Отсю-

да следует, что при пользовании динамич. характеристикой для переменного веса автомобиля  $G_a$  надо изменять масштаб ординат обратно пропорционально отношению весов  $G_a$  и  $G'_a$ , где  $G'_a$  — измененный вес. На фиг. 7 даны

три масштаба: первый — для нормального веса грузеного автомобиля  $G_a = 8420$  кг, второй — для порожнего  $G'_a = 4420$  кг и третий — для автомобиля с прицепкой  $G''_a = 14800$  кг. Если принять движение автомобиля установившимся, т. е.  $j = 0$ , то величина  $D$  получается равной  $f + i$ ; масштаб по оси ординат отложен соответственно этим данным. При помощи динамической характеристики, представленной на фиг. 7, могут быть определены все основные данные по движению автомобиля на разных дорогах. Пусть, например, требуется, чтобы автомобиль работал без прицепа как по очень хорошей дороге с коэфф-том  $f = 0,02$ , так и по плохой — с коэффициентом  $f = 0,05$ . Проведем



Фиг. 8.

новые оси абсцисс, соответствующих значениям 0,02 и 0,05, находим, что по плохой дороге автомобиль на прямой передаче не может работать, т. к. при этом кривая АА будет лежать ниже оси абсцисс; при такой дороге необходимо перейти на третью передачу, на которой автомобиль будет иметь максимальную скорость 23 км/ч и будет в состоянии брать максимальный подъем  $i$  ок. 1%. При хорошей же дороге с  $f = 0,02$  максимальная скорость на прямой передаче получится выше 35 км/ч, на которую установлен регулятор двигателя, а максимальный подъем будет около 2%. При переходе на третью передачу по той же дороге этот подъем увеличится до 3,9%. Максимальный подъем, который автомобиль может брать на первой передаче по хорошей дороге, равен 18%. Для применения динамич. характеристики к порожнему автомобилю и автомобилю с прицепом надо пользоваться масштабами  $G'_a$  и  $G''_a$ ; как видно из диаграммы, данный автомобиль с прицепом не будет обладать на прямой передаче достаточной тягой для фактической работы даже по хорошей дороге с  $f = 0,02$ .

3) Основные параметры динамической характеристики. Пользование динамической характеристикой для сравнительной оценки различных автомобилей иногда бывает затруднительно. Поэтому устанавливают те ее основные параметры, которые имеют наибольшее значение для оценки динамических качеств автомобиля. К этим параметрам относятся следующие:  $V_{max}$  — максимальная скорость автомобиля, при подъеме  $i$  и ускорении  $j$ , равных нулю;  $D_{max}$  — максим. удельная тяга автомобиля на последней передаче;  $V_k$  — скорость автомобиля, при к-рой он имеет максимальную

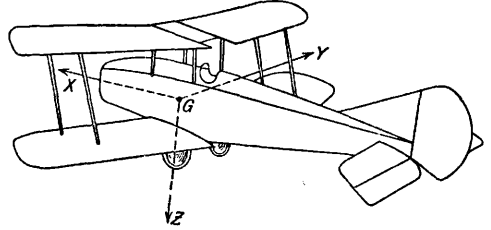
тягу (критическая скорость);  $D_1$  — максимальная тяга автомобиля на заданной скорости и  $V_1$  — заданная скорость, наиболее употребительная для данного автомобиля. На фиг. 8 дана примерная динамич. характеристика автомобиля и нанесены указанные 5 основных параметров.

а) Максимальн. скорость  $V_{max}$  определяется пересечением динамической характеристики автомобиля с горизонтальной прямой, соответствующей значению  $f$  для заданной дороги. б) Максимальное удельное тяговое усилие  $D_{max}$  определяется касательной  $pq$  к динамическ. характеристике, проведенной параллельно оси абсцисс. При установившемся движении автомобиля максимальное тяговое усилие соответствует максимальному подъему, к-рый автомобиль может взять на той передаче, для к-рой дана динамическая характеристика. Чем больше удельное тяговое усилие автомобиля на прямой передаче, тем легче он будет брать подъемы, тем реже придется переключать передачи в коробке скоростей при езде по тяжелой дороге. в) Критическая скорость автомобиля  $V_k$ , соответствующая максимальному значению его удельной тяговой силы, отделяет устойчивую скорость движения от неустойчивой. При скоростях больших  $V_k$  получается устойчивое движение; здесь всякое увеличение сопротивления дороги, вызывающее замедление движения, одновременно сопровождается увеличением тяги автомобиля, т. е. происходит автоматическое уравновешивание системы. При скоростях же меньших  $V_k$  увеличение сопротивления движению, а следовательно, и уменьшение скорости вызывает уменьшение удельной тяги; следовательно, происходит дальнейшее падение скорости, и возникает необходимость переключения передач в коробке скоростей. Таким обр., скорость  $V_k$  разделяет области устойчивой и неустойчивой работы автомобиля на полном газе; поэтому эту скорость предложено называть критической. Большое значение критической скорости  $V_k$  нежелательно, так как это делает автомобиль недостаточно эластичным на малых скоростях. г) Максимальная удельная тяга  $D_{max}$  и максимальная скорость  $V_{max}$ , давая две точки динамическ. характеристики, не определяют ее течения в средней части. Между тем весьма важно знать способность автомобиля к разгону и к преодолению подъемов на средних скоростях, на которых он обычно работает. Поэтому для сравнения динамическ. качеств различных автомобилей необходимо ввести величину удельной тяги  $D_1$  на некоторой скорости  $V_1$ , различной для разных автомобилей и наиболее употребительной для данных условий эксплуатации. На фиг. 8 все значения даны для случая идеальной дороги, когда  $f=0$ ; для практическ. расчетов нужно отсчет вести от горизонтальной линии, проведенной на расстоянии  $f$  от оси абсцисс. Пользуясь динамич. характеристикой и ее основными параметрами, можно точно определить динамич. качества автомобиля и оценить его пригодность для определенных условий эксплуатации.

Лит.: Чуданов Е., Динамич. и эконо. исследование автомобиля, Труды НАМИ, в. 7, 1928. Е. Чуданов.

**ДИНАМИКА АЭРОПЛАНА**, учение о движении аэроплана; если аэродинамика изучает возникающие при движении тела в воздухе силы, то динамика аэроплана, оперируя этими силами, находит движение, вызван. ими. Очень часто Д. а., в общем смысле, разделяется на несколько самостоят. отделов, изучаемых особо. Так, изучение прямолинейного установившегося полета и применение получен. результатов для конструирования аэроплана относятся к аэродинамич. расчету аэроплана и к простейшей теории аэроплана; изучение устойчивости аэроплана в воздухе, его маневренности и управляемости обычно относятся к теории устойчивости (см. *Устойчивость*). К динамике аэроплана, в узком смысле, относятся некоторые вопросы прямолинейного установившегося полета, изучение взлета и посадки и, наконец, изучение различных криволинейных и неустановившихся полетов, к к-рым относятся фигурные полеты.

Математич. решение различных вопросов Д. а. производится, гл. обр., путем интегрирования основных дифференциальных ур-ий



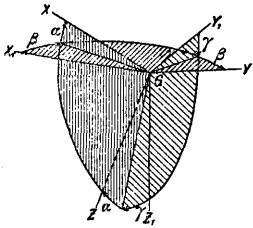
Фиг. 1.

движения аэроплана, которые, однако, в общем случае не интегрируются и решению поддаются лишь в сравнительно немногих частных случаях и только после введения различных упрощающих условий. Надо заметить, что многие вопросы Д. а. далеко еще не разрешены, что весьма часто объясняется отсутствием аэродинамических данных относительно особенных движений крыльев и возникающих при этом сил. В виду того, что многие вопросы Д. а., напр. фигурные полеты, играют большую роль в практике и изучение их важно для установления соответствующих критериев для оценки качеств аэропланов, за последнее время началось более интенсивное экспериментальное изучение полета аэроплана как на моделях в аэродинамич. трубе, так и над аэропланом в натуре; постановка этих опытов, однако, связана с большими трудностями.

Движение аэроплана можно рассматривать как движение твердого тела в пространстве, при чем положение его можно определять путем определения координат его ц. т. и путем ориентирования жестко связанных с аэропланом осей координат по отношению к координатам, связанным с воздухом, в котором движется аэроплан, или по отношению к координатам, связанным с землей — земным координатам. Обычно начало координат связанных с аэропланом осей находится в его ц. т., при чем ось  $X$  направлена по продольной оси инерции аэроплана, а оси  $Y$  и  $Z$  соответственно по поперечной и вертикальной осям (фиг. 1). По отношению к воздуш-



ным координатам наклон аэроплана определяется углами  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , т. е. углами встречи, сноса и крена (фиг. 2). Если же относительно аэроплана к «земным осям», то, в зависимости от того, в какой последовательности вращать аэроплан около его осей, получится и соответствующее положение его в пространстве. Будем обозначать через  $\psi$  угол вращения аэроплана около оси  $Z$ , через  $\theta$  — угол вращения аэроплана около нового положения оси  $Y$  и через  $\varphi$  — угол вращения около последнего положения оси  $X$ ; эти углы называются соответственно углами рысканья, тангажа и крена (фиг. 3).



Фиг. 2.

Пусть  $v$  есть скорость аэроплана по траектории; обозначим через  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$  проекции этой скорости на связанные оси координат. Эти компоненты скорости выразятся след. ур-иями:

$$v_x = v \cos \alpha \cos \beta, \quad v_y = -v \sin \beta, \\ v_z = v \sin \alpha \cos \beta;$$

скорость  $v$  будет через них выражаться так:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

Обозначим через  $p$ ,  $q$ ,  $r$  угловые скорости вращения аэроплана соответственно около связанных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , через  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  — проекции внешних сил на них, а через  $L'$ ,  $M'$ ,  $N'$  — моменты относительно тех же осей, действующие на летящий аэроплан; тогда в следующих дифференциальных уравнений и выразят собой движение аэроплана:

$$\left. \begin{aligned} m \left( \frac{dv_x}{dt} + v_z q - v_y r \right) &= X' \\ m \left( \frac{dv_y}{dt} + v_x r - v_z p \right) &= Y' \\ m \left( \frac{dv_z}{dt} + v_y p - v_x q \right) &= Z' \\ \frac{dh_1}{dt} - r h_2 + q h_3 &= L' \\ \frac{dh_2}{dt} - p h_3 + r h_1 &= M' \\ \frac{dh_3}{dt} - q h_1 + p h_2 &= N' \end{aligned} \right\} (1)$$

где

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= pA - qF - rE \\ h_2 &= qB - rD - pF \\ h_3 &= rC - pE - qD \end{aligned} \right\} (1')$$

а  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  и  $F$  — моменты инерции и центробежные моменты инерции аэроплана. Центробежные моменты  $D$  и  $F$  вследствие симметрии аэроплана относительно плоскости  $XZ$  равны нулю, и выражения (1') будут иметь вид:

$$\begin{aligned} h_1 &= pA - rE; \\ h_2 &= qB; \\ h_3 &= rC - pE. \end{aligned}$$

В выражения  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$  входит также и сила

тяжести. На фиг. 3 указаны расположения углов  $\theta$  и  $\varphi$  при соответствующих поворотах аэроплана. Т. о., углы между связанными и земными осями выразятся уравнениями:

$$\begin{aligned} \cos XGZ_2 &= -\sin \theta, \\ \cos YGZ_2 &= \cos \theta \sin \varphi, \\ \cos ZGZ_2 &= \cos \theta \cos \varphi. \end{aligned}$$

Тогда общие уравнения движения аэроплана будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} m \left( \frac{dv_x}{dt} + v_z q - v_y r \right) &= -mg \sin \theta + X \\ m \left( \frac{dv_y}{dt} + v_x r - v_z p \right) &= mg \cos \theta \sin \varphi + Y \\ m \left( \frac{dv_z}{dt} + v_y p - v_x q \right) &= mg \cos \theta \cos \varphi + Z \\ A \frac{dp}{dt} - E \frac{dr}{dt} - qrB + qrC - qpE &= L' \\ B \frac{dq}{dt} - prC + p^2 E + rpA - r^2 E &= M' \\ C \frac{dr}{dt} - E \frac{dp}{dt} - pqA + qrE + pqB &= N' \end{aligned} \right\} (2)$$

Здесь  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  выражают собой только аэродинамические силы, которые действуют на летящий аэроплан.

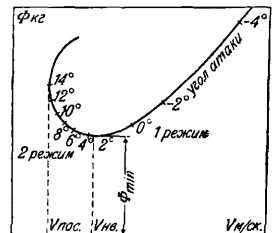
Интегрирование данных выше дифференциальных ур-ий в общем случае представляет непреодолимые трудности, но и в частных случаях нахождение аналитич. выражения движения не всегда представляется возможным вследствие неимения аналитич. выражения действующих на аэроплан сил. Поэтому обычно возможно применять лишь метод последовательного приближения и решения в числах. Однако, во многих интересных случаях даже и это невозможно, т. к. не получено еще соответствующее выражение сил экспериментальным путем.

**Прямолинейный установившийся полет аэроплана.** При горизонтальном прямолинейном движении все угловые скорости, а также углы тангажа и крена  $\theta$  и  $\varphi$  обращаются в нуль; из внешних сил остаются только силы сопротивления, сила тяжести и сила тяги винта ( $\Phi$ ); т. о., ур-ия (2) в нашем случае получают вид:

$$C_d \rho S v^2 - \Phi = 0, \quad (3)$$

$$C_y \rho S v^2 = mg. \quad (4)$$

Это — основные ур-ия аэродинамическ. расчета аэроплана. Сопротивление аэроплана в зависимости от скорости выражается кривой Пэно, которая имеет для скорости некоторый минимум; эта наименьш. скорость полета аэроплана обычно называется посадочной скоростью, так как обычно на этой скорости или близкой к ней самолет приземляется; угол атаки, соответствующий этой скорости, также называется посадочным (или критическим) углом ( $v_{пос.}$ , фиг. 4). На кривой коэфф-та подъемной силы этот угол атаки соответствует максим. значению этого коэфф-та. Вблизи посадочн. угла в сторону увеличения углов нарушается

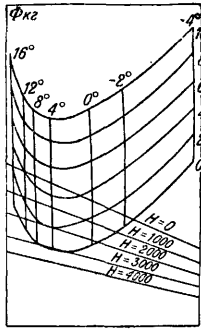


Фиг. 4.

уплотнения. На кривой коэфф-та подъемной силы этот угол атаки соответствует максим. значению этого коэфф-та. Вблизи посадочн. угла в сторону увеличения углов нарушается

прямолинейная зависимость коэфф. подъемной силы от угла атаки, вследствие наступления «срыва струй», и кривая, переходя через максимум, начинает снижаться. Посадочная скорость м. б. определена из ф-лы (4):

$$v = \sqrt{\frac{mg}{\rho S C_y}}, \text{ где } C_y \text{ соответствует максимальному его значению.}$$



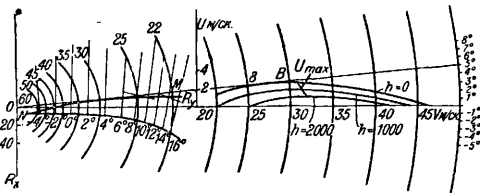
Фиг. 5.

Если угол атаки больше критического, сопротивление аэроплана возрастает, при чем для горизонтального полета требуются большие скорости. Режим полета, начиная с угла, соответствующего наименьшей тяге ( $\Phi_{\text{мин.}}$ ) к большим углам атаки, называется вторым режимом, в отличие от первого режима на углах меньших (фиг. 4). На втором режиме полет затруднен, т. к., вследствие малых скоростей, управляемость аэроплана незначительна, и он может сорваться с установившегося движения. Лётным режимом является, главным образом, первый режим. О горизонтальных скоростях по высотам и относительно обозначений—см. *Аэродинамика*, расчет самолета.

Полет по прямолинейной наклонной траектории. В этом случае, полагая все угловые скорости и угол крена равными нулю, получим основные уравнения следующего вида:

$$\left. \begin{aligned} X &= mg \sin \vartheta, \text{ или } mg \sin \vartheta = C_a \rho S v^2 - \Phi \\ Z &= -mg \cos \vartheta, \text{ или } mg \cos \vartheta = C_y \rho S v^2 \end{aligned} \right\} (5)$$

В последнем случае знак изменился оттого, что подъемная сила аэроплана направлена вверх, т. е. противоположно положительному направлению оси  $Z$ . Как и в случае горизонтального полета, можно построить значения величин  $C_a \rho S v^2$  в зависимости от скорости по параметру  $\vartheta$ ; тогда получим ряд кривых Пэно для подъема или спуска аэроплана в зависимости от величины  $\vartheta$  (фиг. 5). Наклонные прямолинейные траектории полета называются глиссадами. Если будем для данной высоты полета откладывать радиусы-векторы, дающие величину



Фиг. 6.

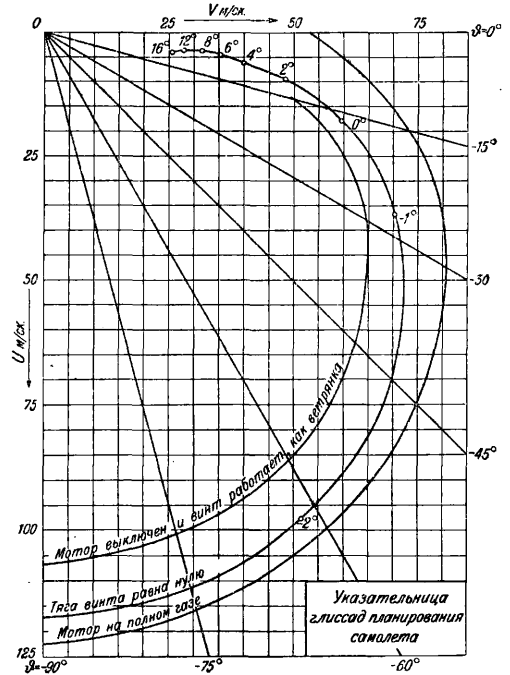
скорости полета при определенной мощности мотора и ориентированные под соответственными углами тангажа  $\vartheta$ , то концы этих радиусов-векторов в зависимости от  $\vartheta$  опишут некоторую кривую, которая называется указательницей глиссад.

Построение указательницы глиссад делается следующим образом. Строится кривая Лилиентали всего аэроплана в координатах  $C_y \rho S = R_y$  и  $C_x \rho S = R_x$ , при чем ось подъемных сил направляется горизонтально.

Из точек, соответствующих определенным углам атаки, проводятся линии направлений силы тяги, при чем принимается во внимание также наклон оси винта к хорде крыла, от которой отсчитываются углы атаки (фиг. 6). Из начала координат  $O$  в том же масштабе проводятся дуги окружностей радиусами  $\frac{G}{v^2}$ , соответствующие различным скоростям  $v$  полета.

На линиях тяги винта, заключающих между собой одну из окружностей соответствующих скоростей, откладывается значение  $\frac{\Phi}{v^2}$ , которое находится

по характеристике винтомоторной группы для соответствующей скорости. Концы этих векторов соединяются кривой—эквиливантной кривой Лилиентали. Пересечение полученной кривой с соответствующей окружностью даст точку, а после такого построения для всей кривой Лилиентали получится кривая  $MN$ . На продолжении оси  $OR_y$  проводят в каком-либо масштабе окружности, соответствующие тем скоростям



Фиг. 7.

полета, для к-рых строилась кривая  $MN$ . Из центра  $O$  через какую-либо точку кривой  $MN$  проводят прямую, соответствующую определенной скорости, до пересечения с окружностью той же скорости и получают точку, соответствующую вектору скорости по траектории данного самолета. Если произвести такое построение по всей кривой  $MN$ , то концы полученных векторов опишут искомую указательницу глиссад.

Из указательницы глиссад видно, что скорости, при к-рых получается максимальный угол подъема самолета, меньше тех, при которых получается наибольшая вертикальная скорость. В тех случаях, когда снижение аэроплана происходит за счет силы тяжести, т. е. без мотора, полет называется планированием. В этом случае  $\Phi=0$  и уравнения движения (2) примут вид:

$$\left. \begin{aligned} mg \sin \vartheta &= C_a \rho S v^2 \\ mg \cos \vartheta &= C_y \rho S v^2 \end{aligned} \right\} (6)$$

Для планирования можно также очень просто построить указательницу глиссад непосредственно из кривой Лилиентали. Пренебрегая углом атаки  $\alpha$ , примем угол планирования  $\vartheta$  равным углу между направлением равнодействующей и подъемной силой,

а на поляре—углу между  $C_a$  и  $C_y$  (см. *Аэродинамика*). Проводя из начала координат векторы, соответствующие значениям ф-лы

$$v = \sqrt{\frac{G}{S} \cdot \frac{1}{C_{a\theta}}}$$

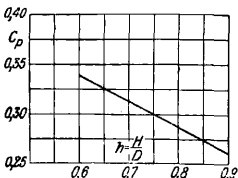
под соответственными углами  $\theta$ , и соединяя концы векторов кривой, получают кривую указательницы глассад планирования. При угле планирования  $90^\circ$  планирование переходит в пикирование. На фиг. 7 приведены указательницы глассад, которые построены для снижающихся прямолинейных траекторий самолета для трех случаев: 1) тяга винта равна 0; 2) мотор работает на полн. газе и 3) мотор выключен, и винт работает как ветрянка. В последнем случае скорости полета оказываются наименьшими, т. к. при работе винта как ветрянки получается большое лобовое сопротивление, почти равное сопротивлению диска одинакового диаметра с винтом и выражающееся следующей формулой:

$$C_{xв.} = C_p \frac{F}{S} a, \quad (7)$$

где  $C_{xв.}$ —коэффициент сопротивления винта, отнесенный к площади крыльев,  $C_p$ —коэффициент отрицательной тяги винта,  $F = 0,785 (D^2 - d^2)$ —ометаемая винтом площадь,  $D$ —диаметр винта,  $d$ —диам. втулки или закрытой коком части винта,  $S$ —площадь крыльев,  $a = \frac{z \cdot b_{ср.}}{D}$ —средняя относительная ширина лопасти,  $z$ —число лопастей,  $b_{ср.}$ —средняя ширина лопасти, вычисляемая по ф-ле:

$$b_{ср.} = \frac{\text{развернутая поверхность лопасти винта}}{\text{радиус}}$$

На основании данных опыта (фиг. 8) можно приближенно принять коэфф. отрицательной тяги  $C_p$  постоянным на режимах винта  $\lambda > 5$ ; он изменяется лишь линейно в зависимости от относительного шага винта  $h$  (см. *Воздушный винт*).



Фиг. 8.

При тяге винта, равной 0, и при моторе, работающем на полном газе, разница в скоростях получается сравнительно небольшая, уменьшаясь с увеличением угла наклона траектории.

Надо упомянуть еще об одном прямолинейном установившемся движении—снижении аэроплана со скольжением на крыло. В практике полетов очень часто скольжением на крыло пользуются в том случае, когда на сравнительно небольшой высоте надо быстро потерять высоту, например при посадке на аэродром малого размера. При скольжении на крыло самолет идет обычно с мотором на малом газе (винт почти не тянет), планируя с некоторым углом крена и рысканья. Вследствие того, что при косом направлении полета получается, с одной стороны, увеличение лобового сопротивления за счет эффекта фюзеляжа, а с другой стороны—уменьшение подъемной силы за счет косой обдувки крыла, получаются условия, благоприятные для снижения при посадке (быстрая потеря высоты без большого увеличения скорости).

**Неустановившийся и криволинейный полет аэроплана.** Движение аэроплана вблизи земли (взлет и посадка). Взлет аэроплана можно рассматривать как движение, состоящее из двух частей: во-первых, прямолинейного, неустановившегося движения по земле и, во-вторых, отрыва в воздух. Нас интересует, главным образом, первая часть этого движения (до момента отрыва в воздух), которую мы и рассмотрим. Движение самолета по земле до взлета необходимо рассматривать как движение горизонтальное и прямолинейное; уравнения его будут иметь вид:

$$m \frac{dv_x}{dt} = X,$$

$$mg = -Z.$$

Второе из указанных уравнений существенного значения не имеет, и потому можно ограничиться лишь рассмотрением первого. Внешние силы  $X$ , действующ. на аэроплан, будут: сила тяги винта  $\Phi$ , лобовое сопротивление всего аэроплана  $Q$  и сила трения шасси о землю  $R$ . Таким образом, первое уравнение имеет вид:

$$m \frac{dv_x}{dt} = \Phi - Q - R. \quad (8)$$

Здесь, как и раньше, принято, что угол тангажа  $\theta$  не велик и проекции сил на связанную ось  $X$  заменены самими силами. С целью более простого интегрирования этого ур-ия вводят некоторые упрощающие условия, а именно: 1) во время разбега угол атаки самолета остается постоянным; 2) коэфф. трения шасси  $\mu$ , к-рым условимся обозначать отношение силы трения шасси к весу самолета, не зависит от скорости движения; 3) силу тяги винта определяют по следующей формуле:

$$\Phi = \Phi_0 - \sigma v^2, \quad (9)$$

где  $\Phi_0$  есть тяга винта на месте. Предполагая, что момент взлета соответствует приобретению аэропланом скорости  $v_2$ , соответствующей наиболее выгодному подбегу, получаем:

$$m \frac{dv_x}{dt} = \Phi_0 - \sigma v^2 - C_{a1} \rho S v^2 - \mu (G - C_{y1} \rho S v^2),$$

или

$$\frac{dv_x}{dt} = g \frac{\Phi_0 - \mu G}{G} - \left( \frac{\sigma}{S} + C_{a1} - \mu C_{y1} \right) \gamma \frac{S}{G} v^2, \quad (10)$$

где  $C_{a1}$  и  $C_{y1}$ —коэфф-ты лобового сопротивления и подъемной силы всего аэроплана, соответствующие углу атаки, при котором происходит разбег, а  $\gamma = gg$ . Интегрируя, получим окончательное выражение для длины разбега:

$$s = \frac{G}{\gamma S \left( \frac{\sigma}{S} + C_{a1} - \mu C_{y1} \right)} \cdot \ln \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{G}{\Phi_0 - \mu G} \frac{\sigma}{S} + C_{a1} - \mu C_{y1}}}} \quad (11)$$

где  $C_{y2}$  соответствует наиболее выгодному подбегу. Полученная ф-ла чрезвычайно громоздка для вычисления, и для приближенных расчетов можно ее несколько упростить. Т. к. член под радикалом всегда положителен и невелик, то все выражение можно

разложить в ряд, оставив только первый член, и тогда получим:

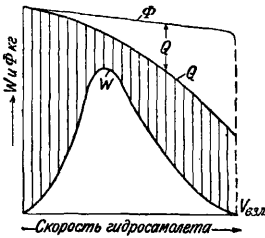
$$s = \frac{G^2}{2\gamma SC_{y_2}(\Phi_0 - \mu G)} \cdot \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{G}{\Phi_0 - \mu G} \cdot \frac{\sigma}{S + C_{a_1} - \mu C_{y_1}} \right). \quad (12)$$

Пренебрегая вторым членом выражения, стоящего в скобках, получим следующую приближенную ф-лу:

$$s = \frac{G^2}{2\gamma SC_{y_2}(\Phi_0 - \mu G)}. \quad (13)$$

Эта ф-ла во многих случаях практики дает достаточно удовлетворительные результаты.

При расчете разбега гидросамолетов роль трения играет гидродинамич. сопротивление лодки или поплавок, но т. к. кривая водяного сопротивления гидросамолетов в функции скорости не выражается аналитически, а дается обычно в виде эмпирич. кривой, то интегрирование предвзлетного пробега гидросамолета приходится делать графически.



Фиг. 9.

Эта заштрихованная площадь представляет для соответствующих скоростей силы, сообщающие гидросамолету ускорение. Если  $v$  — скорость гидросамолета в какой-нибудь момент предвзлетного пробега, то элемент пути  $ds = v dt$ , а весь пробег выразится интегралом

$$s = \int_0^{t_{взл.}} v dt. \quad (14)$$

Если обозначим через  $j$  ускорение гидросамолета во время разбега, т. е.  $j = \frac{dv}{dt}$ , то время разбега найдется отсюда как

$$T = \int_0^{v_{взл.}} \frac{1}{j} dv. \quad (15)$$

Необходимые графические построения для нахождения интегралов (14) и (15) даны на фиг. 10. Сначала строим кривую  $\frac{1}{j}$  в функции от  $v$  (I); затем обычным образом строим интегральную кривую  $t = f(v) = \int_0^v \frac{1}{j} dv$ .

Значение ординаты этой кривой, соответствующее взлетной скорости  $v_{взл.}$ , и будет представлять время разбега гидросамолета. Кривую  $t = f(v)$  можно также рассматривать, как кривую  $v = \varphi(t)$ , приняв за независимое переменное координату  $t$ . Площадь, ограниченная этой кривой, абсциссой, соответствующей  $t = t_{взл.}$ , и осью ординат (заштрихованная на фиг.), представляет собою  $s = \int_0^{t_{взл.}} v dt$ . Опре-

делив эту площадь, мы получим, следовательно, длину  $s$  предвзлетного пробега. Путем последовательного интегрирования можно построить также кривую  $s = \int_0^t v dt$ .

Все вышеописанные ф-лы были выведены в предположении, что аэроплан взлетает при безветрии; нетрудно вывести формулы для соответствующих элементов, предполагая, что ветер дует со скоростью  $w$ , так как скорость ветра является переносной скоростью. Аналогично разбегу аэроплана, можно получить и уравнение движения его при пробеге после посадки. В данном случае, полагая в уравнении (10)  $\Phi_0 = 0$  и  $\sigma = 0$ , получим уравнение вида:

$$\frac{dv_x}{dt} = -gm - (C_{a_1} - \mu C_{y_1}) \gamma \frac{S}{G} v^2. \quad (16)$$

Обычно при посадке самолет, подходя к земле, понемногу теряет свою горизонтальную скорость и садится или на скорости больше посадочной, соответствующей углу атаки наибольшей подъемной силы, или равной ей; однако, бывают случаи, когда летчик слишком рано вывел самолет (т. е. перевел траекторию его полета у земли из наклонной в горизонтальную) или самолет, ударившись колесами об землю, отскочил от нее, теряя горизонтальную скорость. В обоих случаях может произойти след. явление: самолет, потеряв свою горизонт. скорость до посадочной, продолжает ее терять, причем, вследствие уменьшения подъемн. силы, он начнет приобретать вертикальную скорость и с силой ударится о землю. Это явление — потеря скорости за границей посадочной и снижение на углах выше критического — называется парашютированием аэроплана. Для составления дифференциальных ур-ий парашютирования можно ввести следующие условия: 1) самолет при парашютировании остается параллельным самому себе; 2) коэфф. сопротивления аэроплана остается постоянным. Уравнения движения примут вид:

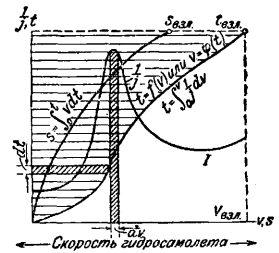
$$m \frac{dv_x}{dt} = -mg \sin \vartheta + X, \\ m \frac{dv_z}{dt} = mg \cos \vartheta + Z.$$

Т. к. эти ур-ия не интегрируются в простых ф-ях, то выберем другую систему координат  $\xi, \eta, \zeta$ . Пусть ось  $O\eta$  будет направлена по линии равнодействующей воздушных сил, а ось  $O\xi$  ей перпендикулярна (фиг. 11); тогда получаются следующие дифференциальные уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2\xi}{dt^2} &= -g \sin i \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} &= g \cos i - \frac{g}{v_0^2 \cos i} \left[ \left( \frac{d\xi}{dt} \right)^2 + \left( \frac{d\eta}{dt} \right)^2 \right] \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Разделив второе ур-ие на первое, получим:

$$\frac{d\eta'}{d\xi'} = -\operatorname{ctg} i + \frac{1}{v_0^2 \sin i \cos i} [\xi'^2 + \eta'^2]. \quad (18)$$



Фиг. 10.

Введем новые переменные  $\tau$  и  $\zeta$

$$\left. \begin{aligned} \xi' &= \frac{d\xi}{dt} = -v_0 \sqrt{\sin i \cos i} \cdot \tau \\ \eta' &= \frac{d\eta}{dt} = v_0 \sqrt{\sin i \cos i} \cdot \zeta \end{aligned} \right\} (19)$$

В начальный момент парашютирования, т. е. когда самолет летит еще горизонтально на посадочной скорости, будем иметь

$$\xi'_0 = v_0 \cos i, \quad \eta'_0 = v_0 \sin i;$$

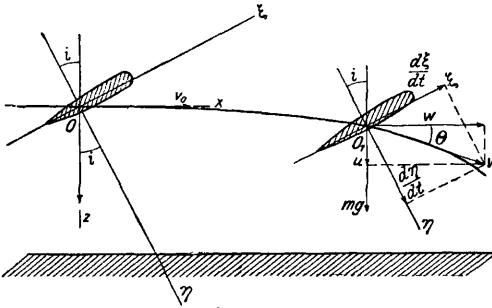
подставляя эти значения в уравнение (19), получим:

$$\tau_0 = -\sqrt{\text{ctg } i}; \quad \zeta_0 = \sqrt{\text{tg } i}.$$

На основании уравнений (19) уравнение (18) приводится к виду:

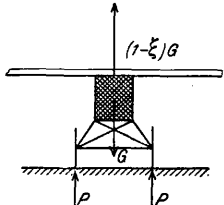
$$\frac{d\zeta}{d\tau} + \zeta^2 + \tau^2 = \text{ctg } i. \quad (20)$$

Это ур-е есть ур-е типа Риккати; проинтегрировать его можно одним из способов приближенного интегрирования. Так как при посадке самолета почти всегда бывает небольшое парашютирование, то теория

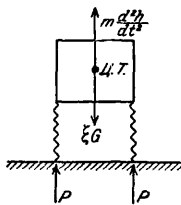


Фиг. 11.

парашютирования чрезвычайно важна для расчетов амортизаторов шасси. Парашютирование самолета можно рассматривать как фиктивное падение тела той же массы в пустоте, при чем вертикальная скорость выразится:  $u = \sqrt{2gz}$ , где  $z$ —высота падения в пустоте; при этом часть живой силы самолета поглощается ударом шасси и растяжением амортизатора. Часть веса самолета приходится на долю крыльев, обозначим эту долю  $(1 - \xi)G$ , при чем  $\xi$  примерно имеет



Фиг. 12.



Фиг. 13.

значение от 0,2 до 0,3 (фиг. 12). Т. о., движение самолета после касания земли сводится к тому, что самолет весом  $\xi G$  падает с нек-рой высоты  $H$  на землю. Обозначив через  $h$  перемещение ц. т. самолета при посадке за счет деформации амортизаторов (шины, амортизационный шнур, прогиб оси и т. п.), получим следующее дифференциальное ур-е движения ц. т. (фиг. 13):

$$m \frac{d^2 h}{dt^2} + 2P = \xi G, \quad (21)$$

где  $P$ —сила упругости каждой стороны шас-

си, зависящая от  $h$ , при чем эту зависимость можно принять линейной, т. е.  $P = Eh$  ( $E$  можно принять равным 170 кг/см). Подставляя это выражение в уравнение (21), получим:

$$\frac{d^2 h}{dt^2} + a^2 h = \xi g. \quad (22)$$

Здесь

$$a = \sqrt{\frac{2E}{m}}.$$

Общий интеграл ур-ия (22) будет:

$$h = A \sin (at - \beta) + \frac{\xi G}{2E}.$$

По начальным условиям в момент  $t=0$ , имеем  $h = 0, \frac{dh}{dt} = u$ . Отсюда

$$A \alpha \cos \beta = u_0; \quad A \sin \beta = \frac{\xi G}{2E}.$$

Решая эти уравнения, получим:

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{\frac{mu_0^2}{2E} + \frac{\xi^2 G^2}{4E^2}} = \sqrt{\frac{GH}{E} + \frac{\xi^2 G^2}{4E^2}}, \\ \beta &= \text{arc tg} \left( \frac{\xi}{2} \sqrt{\frac{G}{EH}} \right). \end{aligned}$$

Таким образом, движение ц. т. аэроплана приводится к гармоническому колебательному движению с периодом

$$T = \frac{2\pi}{a} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2E}}. \quad (23)$$

Максимальная величина хода ц. т. будет:

$$h_{max} = \frac{\xi G}{2E} + A = \frac{\xi G}{2E} + \sqrt{\frac{GH}{E} + \frac{\xi^2 G^2}{4E^2}}. \quad (24)$$

Отношение максимальной получившейся нагрузки к общему весу, т. е. так называемая перегрузка шасси  $n$ , выразится:

$$n = \frac{2P_{max}}{G} = \frac{2E}{G} h_{max} = \xi + \sqrt{\xi^2 + \frac{4EH}{G}}. \quad (25)$$

Наиболее сложными движениями аэроплана являются криволинейными движениями как установившиеся, так и неустановившиеся. К таким полетам относятся т. н. *фигурные полеты* (см.). К установившимся криволинейным полетам можно отнести вираж и спираль; к неустановившимся движениям относятся мертвая петля и штопор, хотя последний в некоторых случаях можно рассматривать и как установившийся полет. Во всех неустановившихся полетах, а также и при криволинейных полетах подъемная сила аэроплана не равна соответствующей составляющей веса; в этом случае отношение подъемной силы к весу будет называться *перегрузкой* самолета. Как мы выше видели, при прямолинейном полете подъемная сила всегда равна составляющей веса, и поэтому перегрузки быть никогда не может. Перегрузка может получиться или при быстрой перемене угла атаки, так что скорость не успеет еще измениться, или когда имеется постоянная инерционная сила (напр., центробежная). Перегрузка тем больше, чем быстрее происходит перемена положения самолета и чем больше разница в начальном и конечном угле атаки. Т. о., наибольшая перегрузка получается при выходе из пикирования, и чем резче выход, тем больше перегрузка. Положим, что самолет пикирует со скоростью  $v$  и летчик, быстро действуя рулями, переводит самолет сразу на прямолинейный полет на критическом угле атаки; тогда подъемн. сила сразу

от 0 достигает величины  $C_{ym} \rho S v^2$ , где  $C_{ym}$  наибольшее значение  $C_y$ ; для горизонтального полета на том же угле атаки подъемная сила будет  $C_{ym} \rho S v_1^2$ , следовательно, перегрузка в данном случае будет:  $\frac{v^2}{v_1^2}$ . Перегрузки играют чрезвычайно важную роль в расчете самолета на прочность.

Интегрирование дифференциальных ур-ий криволинейных полетов аэроплана представляет большие трудности и обычно не м. б. доведено до конца; поэтому теоретически приходится решать задачи или приближенно или, чаще всего, в числах для данного примера, рассматривая движение от одного положения к другому. Значения перегрузок, необходимых для составления норм прочности, чаще приходится искать экспериментальным путем, т. к. в этом случае учитываются все случайные причины, вызвавшие ту или иную перегрузку. Запись перегрузок на самолете производится так называемым *перегрузочным прибором* (см.).

**В и р а ж.** При выраже на аэроплан действуют следующие силы: 1) подъемная сила крыльев, 2) вес самолета, 3) центробежная сила, 4) лобовое сопротивление самолета, 5) тяга винта. **В и р а ж** называется нормальным в том случае, когда равнодействующая центробежной силы и веса самолета прямо противоположна подъемной силе крыльев; в противном случае получается нек-рое скольжение на крыло. Т. о., **в и р а ж** называется установившийся полет по круговой горизонтальной траектории; если траектория наклонна, то **в и р а ж** переходит в спираль. На фиг. 14 дано расположение сил в плоскости, перпендикулярной продольной оси самолета. Подъемная сила, т. е. сила, перпендикулярная направлению движения и плоскости, проходящей через поперечную и продольную ось самолета, будет выражаться:

$$P = C_y \rho S v^2. \quad (26)$$

Согласно фиг. 14, будем иметь следующие выражения:

$$\begin{aligned} P \cos \varphi &= G; \\ P \sin \varphi &= \frac{mv^2}{r}. \end{aligned}$$

Перегрузка при **в и р а ж** выразится:

$$n = \frac{P}{G} = \frac{1}{\cos \varphi}. \quad (27)$$

Т. о., перегрузка зависит от угла крена: чем больше крен, тем больше перегрузка.

Из фиг. 14 можно найти и радиус **в и р а ж**. Действительно, имеем:

$$\frac{mv^2}{r} = G \operatorname{tg} \varphi. \quad (28)$$

Если обозначим через  $v_0$  скорость прямоли-

нейного горизонтального полета под тем же углом атаки, какой имеется в рассматриваемом выраже, то для горизонтального прямолинейного полета будем иметь:

$$G = C_y \rho S v_0^2.$$

Принимая во внимание ф-лу (26), получим:

$$\frac{v^2}{v_0^2} = n,$$

или

$$v = v_0 \sqrt{n}. \quad (29)$$

Подставляя в формулу (28)  $m = \frac{G}{g}$  и скорость из формулы (29), получим значение для радиуса **в и р а ж**:

$$r = \frac{v_0^2 n}{g \operatorname{tg} \varphi}. \quad (30)$$

**С п и р а л ь.** Движение аэроплана по спирали есть такое движение, при к-ром ц. т. его описывает спиральную линию. Спираль называется правильной, как и в случае **в и р а ж**, когда она производится без скольжения на крыло. Если  $r$  — радиус образующего цилиндра, радиус кривизны спирали  $r_0$  будет выражаться следующим образом:

$$r_0 = \frac{r}{\cos^2 \vartheta}. \quad (31)$$

В случае планирующего спуска по спирали, т. е. без силы тяги, из фиг. 15 получим следующие соотношения ( $Q$  — лобовое сопротивление самолета):

$$\left. \begin{aligned} G \sin \vartheta &= Q \\ G \cos \vartheta &= P \cos \varphi \\ \frac{mv^2 \cos^2 \vartheta}{r} &= P \sin \varphi \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

Деля первое уравнение на второе, найдем угол снижения:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{Q}{P \cos \varphi}, \text{ или } \operatorname{tg} \vartheta = \frac{\mu}{\cos \varphi}, \quad (33)$$

где  $\mu = \frac{Q}{P} = \frac{C_a}{C_y}$ .

Перегрузка самолета на спирали найдется из второго уравнения (32):

$$n = \frac{P}{G} = \frac{\cos \vartheta}{\cos \varphi}.$$

Если обозначим, как и выше, через  $v_0$  скорость прямолинейного горизонтального полета под тем же углом атаки, как и в движении по спирали, то будем иметь:

$$G = C_y \rho S v_0^2.$$

При спуске по спирали подъемная сила выразится:

$$P = Gn = C_y \rho S v^2,$$

откуда

$$v = v_0 \sqrt{n}.$$

Подставляя выражение  $P$  в третье из уравнений (32), получим выражение для радиуса образующего цилиндра  $OM$ :

$$r = \frac{G}{g C_y \rho S} \cdot \frac{\cos^2 \vartheta}{\sin \varphi},$$

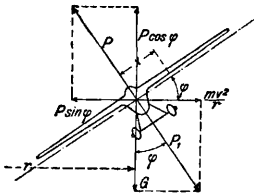
или, принимая во внимание ур-ие (33),

$$r = \frac{G}{g} \cdot \frac{1}{C_y \rho S} \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\sin \varphi (\cos^2 \varphi + \mu^2)}. \quad (34)$$

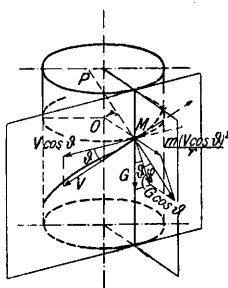
Снижение за один оборот по спирали будет равно:

$$h = 2\pi r \operatorname{tg} \vartheta,$$

или, вставляя сюда значение  $r$  из уравне-



Фиг. 14.



Фиг. 15.

ния (34) и угол  $\theta$  из ур-ия (33), получим:

$$h = \frac{2\pi G}{g C_y e S} \cdot \frac{\mu \operatorname{ctg} \varphi}{\cos^2 \varphi + \mu^2}$$

Угловая скорость вращения самолета по образующему цилиндру будет:

$$\omega = \frac{v \cos \theta}{r}$$

Мертвая петля. Правильн. мертвая петля должна производиться в одной вертикальной плоскости без какого бы то ни было скольжения на крыло; поэтому в данном случае общие дифференциальные уравнения движения, принимая  $v_y = 0, p = 0, r = 0, \varphi = 0, Y' = 0, L' = 0, N' = 0$ , будут:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} + v_z q &= -g \sin \theta + X \\ \frac{dv_z}{dt} - v_x q &= g \cos \theta + Z \\ \frac{dq}{dt} B &= M \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

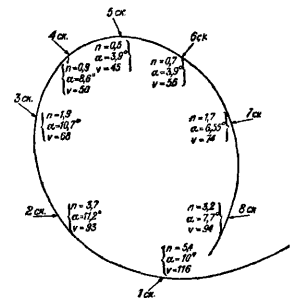
Здесь  $X, Z$  и  $M$ —силы и момент, вызванные только воздушным сопротивлением. Интегрирование этих ур-ий не представляется возможным, и их решение мы можем найти только приближенно, делая определенные предположения и производя последовательно построения для положения аэроплана от одной точки к другой. Воздушные силы могут быть найдены исследованием в аэродинамич. лаборатории, при чем компоненты этих сил по оси  $X$  и по оси  $Z$  находятся обычным путем, момент же тангажа  $M$  находится для различных отклонений руля высоты. Если обозначим через  $l$  расстояние от центра тяжести аэроплана до центра давления горизонтального оперения и через  $M_c$  момент горизонтального оперения, то уравнения (35) примут вид:

$$\begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= -v_z q - g \sin \theta + \frac{C_{ix} S v^2}{m} + \frac{\Phi}{m}, \\ \frac{dv_z}{dt} &= v_x q + g \cos \theta + \frac{C_{nz} e S v^2}{m} + \frac{M_n}{m l} \cdot q, \\ \frac{dq}{dt} &= \frac{M}{B} + \frac{M_c}{B} \cdot q \end{aligned}$$

(обозначения  $C_i$  и  $C_n$  см. *Аэродинамика*). Построение траектории мертвой петли м. б. сделано при различных предположениях, как то: выдерживание постоянной перегрузки, выдерживание постоянного угла атаки, выдерживание постоянного угла руля высоты и т. п. Вычисления траектории мертвой петли и всех сопутствующих ей элементов движения для отдельных аэропланов показали, что они сходятся довольно близко к наблюдаемым на практике величинами. Скорость на петле уменьшается до наивысшей точки петли, после которой она снова увеличивается; углы атаки вначале быстро увеличиваются, потом остаются нек-рое время постоянными почти до вершины петли, к самой вершине опять уменьшаются. На фиг. 16 дана примерная траектория петли. Перегрузки, получаемые на петле, зависят от радиуса кривизны петли, т. е. от той резкости, с которой эта петля производится. Истребители с большим запасом мощности, делающие петли со сравнительно малым радиусом, получают ббльшие перегрузки, чем более тяжелые машины. На фиг. 16 указаны как величины перегрузок  $n$ , вычи-

сленных теоретически, так и углы атаки  $\alpha$  и скорости  $v$ . Опытные исследования показали, что обычная мертвая петля, сделанная не особенно резко, дает наибольшую перегрузку порядка 3; при узких же петлях перегрузка может дойти до 6.

Штотор. Штотор является одной из фигур полета аэроплана, динамика которой наименее выяснена. Он характеризуется тем, что аэроплан снижается по очень крутой спиральной траектории; так. образом, штотор можно рассматривать как спираль с очень большим наклоном; ц. т. аэроплана в этом случае описывает винтовую линию со сравнительно малым радиусом (часто меньшим размаха крыла) образующего цилиндра. Характерн. особенностью штотора является то, что углы атаки, на которых происходит движение, значительно выше критического. Т. к. аэродинамические силы на таких углах атаки, вследствие срывов струй, не носят закономерного характера, то это уже одно вносит значительные затруднения в исследование штотора. Рассматривая штотор как спираль, мы получим для него следующие элементы:



Фиг. 16.

$$\begin{aligned} \text{угловая скорость } \omega &= \frac{v \cos \theta}{r}; \\ \text{время одного витка } t &= \frac{2\pi}{\omega}; \\ \text{снижение за один виток } h &= 2\pi r \operatorname{tg} \theta = v \cdot t \sin \theta; \\ \text{перегрузка } n &= \frac{P}{G} = \frac{\cos \theta}{\cos \varphi}. \end{aligned}$$

Вследствие несимметричности движения аэроплана в штоторе, моменты, заставляющие аэроплан вращаться, получаются от действия воздушного потока почти на все главные элементы аэроплана. Т. о. получают моменты крыльев, моменты оперения, моменты фюзеляжа; кроме того, действуют еще и моменты от инерционных сил. Главнейшее действие оказывают моменты крыльев. При штоторе мы сталкиваемся с явлением т. н. авторотации, которая состоит в том, что симметричная поверхность в установленном потоке под влиянием первоначального импульса входит в установившееся вращательное движение. Авторотация крыльев происходит за счет получающегося несимметричного обтекания крыла потоком. Найти эти моменты теоретически можно лишь приблизительно, суммируя действия отдельных элементов, т. е. предполагая независимость действия отдельных элементов друг на друга. Для каждого такого элемента его характеристику приходится брать из испытаний крыла в нормальных условиях (см. *Индуктивное сопротивление*). На авторотацию крыльев влияют как геометрическая форма крыльев, так и относительная скорость потока и угол атаки. Как показывают расчеты, с увеличением угла атаки увеличивается и угловая скорость

вращения, при чем наиболее интенсивное вращение получается на углах атаки выше критического. С увеличением скорости потока также увеличивается угловая скорость вращения. С другой стороны, при увеличении относительного удлинения крыла уменьшается угловая скорость вращения.

Вследствие взаимного влияния различных частей самолета друг на друга, точного решения задачи о штопоре до сих пор получить не удалось. Необходимы как некоторые специальные аэродинамич. исследования над моделями в аэродинамич. трубе, так и, гл. обр., исследование штопора над самолетами в натуре. До сих пор удалось установить, что на штопор имеет довольно значительное влияние положение ц. т. самолета относительно хорды крыла. Практически в этой фигуре главнейшую роль играет возможность для данного самолета выйти из штопора. В практике было много случаев, когда самолеты не выходили из штопора и полет кончался катастрофой. Оказывается, что, чем больше вперед расположен ц. т., тем лучше выходит самолет из штопора; наоборот—при заднем расположении ц. т. самолет выходит из штопора вяло или даже может совсем из него не выйти.

Эксперименты, произведенные в полете, дают наибольшие значения перегрузок от 2 до 4. Английские наблюдения над самолетом FE 2B дали следующие характеристики индивидуального штопора:

- Наклон траектории . . . . .  $\varphi = 80^\circ$
- Угол крена . . . . .  $\varphi = 78^\circ$
- Угол атаки . . . . .  $\alpha = 35^\circ$
- Радиус вытка . . . . .  $r = 2,4 \text{ м}$

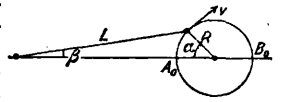
Лит.: Ветчинкин В. П., Каменев С. И. и Ченцов Н. Г., Динамика полетов, М., 1926; Горяинов Л. и Кузьмин Г., Нормы прочности самолетов при статическ. испытаниях, М., 1926; Пышнов В. С., Самовращение и штопор самолета, «Техника воздушн. флота», М., 1927, 2; его же, Свойства вращающихся крыльев, там же, 1928, 3; Ухов Б. С., Расчет предвзлетного разбега гидро самолета, там же, 1928, 5; Bairstow L., Applied Aerodynamics, L., 1920; Devillers R., La dynamique de l'aviation, P., 1920; B lenk H., Startformeln f. Landflugzeuge, «Jahrb. d. Deutschen Versuchsanstalt f. Luftfahrt», Mch.—V., 1927; Landemann, G la u e r t a. H a r r i s, The Experimental a. Mathematical Investigation of Spinning, «Technical Reports of the Aeronautics Advisory Committee», London, 1921, 417; G la u e r t, Investigation of the Spin of an Aeroplane, ibid., 1923, 618; G a t e s and B r y a n t, The Spinning of Aeroplanes, ibidem, 1927, 1001; B r y a n t a. G a t e s, The Spinning of Aeroplanes, «The Journal of the Royal Aeronautical Society», London, 1927, 199.

В. Александров.

**ДИНАМИКА ПОЛЕТА** см. *Динамика аэроплана.*

**ДИНАМИКА ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ** занимается изучением динамических усилий, возникающих в этих двигателях вследствие периодическ. изменения скоростей движения поршня и шатуна (силы инерции), а также вследствие периодичности действия вообще всех сил двигателя (вибрационные явления). Сюда же относятся и вопросы уравнивания инерционных усилий и выравнивания вращательных моментов поршневых двигателей (см. *Уравнивание поршневых двигателей*). Поршневые двигатели старых конструкций строились для малого количества оборотов и с малыми скоростями движения поршня. На влияние сил инерции движущихся частей двигателя обращалось поэтому мало внима-

ния. Лишь постепенно, с увеличением скоростей поршневых двигателей, сначала в паровых, затем в др. двигателях, конструкторы были вынуждены учитывать влияние этих сил инерции. Радингер впервые в 1867 году частично обосновал теоретически Д. п. д.



Фиг. 1.

Сила инерции поршневых двигателей рассматривается как состоящая из: а) силы инерции поршня и б) силы инерции шатуна.

Силы инерции поршня (фиг. 1). Обозначим через  $M_1$  массу поршня и всех частей, движущихся вместе с ним со скоростью  $v$ ; через  $v$ —окружную скорость пальца кривошипа,  $R$ —длину кривошипа,  $L$ —длину шатуна,  $\alpha$ —угол кривошипа,  $\beta$ —угол шатуна. Путь, пройденный поршнем от начального положения:

$$s = R \cdot (1 - \cos \alpha) \pm L \cdot (1 - \cos \beta).$$

Здесь знак (+) — для движения кривошипа от начального положения  $A_0$  и знак (—) — для движения его от начального положения  $B_0$ . Из ур-ния движения поршня определим его скорость

$$c = \frac{ds}{dt} = v \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} = v \cdot (\sin \alpha \pm \frac{R}{2L} \cdot \sin 2\alpha).$$

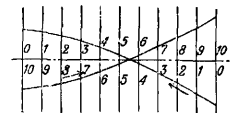
Ускорение поршня определится:

$$p = \frac{dc}{dt} = \frac{v^2}{R} \cdot \left[ \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \pm \frac{R}{L} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^3 \beta} \right].$$

Силы инерции поршня будут, т. о.,  $P_1 = M_1 p$ . Приближенное выражение для этих сил инерции имеет вид:

$$P_1 \approx M_1 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot (\cos \alpha \pm \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha).$$

Существует ряд способов графическ. построения кривых инерционных усилий поршня, наприм. способ Толле. Очень удобен способ построения этих кривых (фиг. 2) по величинам 11 ординат, равноотстоящих друг



Фиг. 2.

от друга (см. табл. 1) для  $\frac{R}{L} = \frac{1}{4}$ ,  $\frac{R}{L} = \frac{1}{5}$  и  $\frac{R}{L} = \frac{1}{6}$ .

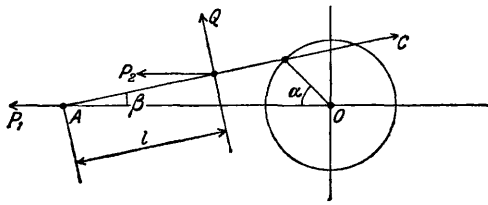
Табл. 1.—Величины  $\cos \alpha \pm \frac{R}{L} \cos 2\alpha$ .

Ордината	$\frac{R}{L} = \frac{1}{4}$	$\frac{R}{L} = \frac{1}{5}$	$\frac{R}{L} = \frac{1}{6}$	Ордината
0	1,250	1,200	1,167	10
1	0,938	0,907	0,888	9
2	0,644	0,630	0,622	8
3	0,368	0,369	0,371	7
4	0,144	0,127	0,136	6
5	-0,117	-0,096	-0,081	5
6	-0,321	-0,296	-0,279	4
7	-0,493	-0,471	-0,457	3
8	-0,628	-0,616	-0,610	2
9	-0,717	-0,728	-0,737	1
10	-0,750	-0,800	-0,833	0

Силы инерции шатуна (фиг. 3). Движение шатуна можно рассматривать как состоящее из двух движений: поступательного в направлении движения поршня, подчиняющегося законам движения последнего,



и колебательного около своего среднего положения, совпадающего со средней линией



Фиг. 3.

двигателя. Силы инерции  $P_2$  при поступат. движении шатуна определяются так же, как и силы инерции поршня, и выразятся так:

$$P_2 = M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \left[ \frac{\cos(\alpha \pm \beta)}{\cos \beta} \pm \frac{R}{L} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} \right] \cong \cong M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot (\cos \alpha \pm \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha);$$

здесь  $M_2$ —масса шатуна. Колебательные движения шатуна вызывают инерционные усилия двух родов: 1) силы инерции  $Q$  качания и 2) центробежные силы  $C$ , возникающие при вращении шатуна вокруг мгновенного центра  $A$ . Силы  $Q$  определяются путем нахождения скорости качания шатуна  $L \frac{d\beta}{dt}$  и ускорения этого качания. Для сил инерции

качания шатуна, приложенных в его ц. т., получим, таким обр., следующее выражение:

$$Q = -M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{L^2 - R^2}{L^2} \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \beta}.$$

Центробежные силы  $C$  шатуна определяются из выражения:

$$C = M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{LR}{L^2} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^3 \beta};$$

здесь  $l$ —расстояние центра тяжести шатуна от его малой головки.

Равнодействующие инерционных усилий кривошипного механизма  $a$ . Разложив каждую из полученных нами сил инерции  $P_1, P_2, Q$  и  $C$  на две составляющие, вдоль средней линии  $AO$  и перпендикулярно к ней, и суммируя эти составляющие, получим: 1) сумму всех инерционных усилий системы, действующих вдоль средней линии двигателя:

$$P = P_1 + P_2 + Q \cdot \sin \beta - C \cdot \cos \beta = = (M_1 + M_2) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha \pm \pm \frac{R}{L} \cdot (M_1 + M_2 \frac{L-l}{L}) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos 2\alpha;$$

2) сумму всех инерционных усилий системы, действующих по направлению, перпендикулярному к  $AO$ :

$$Q \cdot \cos \beta + C \cdot \sin \beta = M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \alpha.$$

Если из полученной силы  $P$  вычтем силу,

Табл. 2.—Формулы для определения равнодействующих инерционных усилий.

	$J = (M_1 + M_2 \cdot \frac{L-l}{L}) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot (\cos \alpha \pm \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha)$ $E = M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l}{L}$ $T = k_1 \sin \alpha + k_2 \sin 2\alpha + k_3 \sin 3\alpha + k_4 \sin 4\alpha$ $k_1 = \frac{v^2}{R} \cdot \frac{R}{4L} \cdot [M_1 + M_2 (1 - 2 \frac{l}{L} + 3 \frac{R^2}{L^2} \cdot \frac{l}{L})]$ $k_2 = -\frac{v^2}{R} \cdot \frac{1}{2} [M_1 + M_2 (1 - \frac{L^2 - R^2}{L^2} \cdot \frac{l^2}{L^2})]$ $k_3 = -\frac{v^2}{R} \cdot \frac{R}{4L} [3M_1 + M_2 (3 - 2 \frac{l}{L} + \frac{R^2}{L^2} \cdot \frac{l}{L})]$ $k_4 = -\frac{v^2}{R} \cdot \frac{R^2}{4L^2} [M_1 + M_2 (1 - \frac{L^2 - R^2}{L^2} \cdot \frac{L-l}{L} \cdot \frac{l}{2L} - \frac{l}{2L})]$
	$\Sigma J = 4 (M_1 + M_2 \frac{L-l}{L}) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha$ $\Sigma E = 0$ $\Sigma T = 4k_1 \sin 2\alpha + 4k_4 \sin 4\alpha$
	$\Sigma J = 0; \Sigma E = 0$ $\Sigma T = 6k_3 \sin 3\alpha$
	$\Sigma J \cos 45^\circ = \sqrt{32} (M_1 + M_2 \frac{L-l}{L}) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha$ $\Sigma E = 0$ $\Sigma T = 8k_4 \sin 4\alpha$

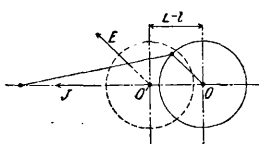
равную  $M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \cos \alpha$ , и сложим эту силу с только что полученной перпендикулярной к ней силой  $M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \sin \alpha$ , то будем иметь в конечном итоге: 1) сумму всех сил инерции, действующих по направлению  $AO$ :

$$J = \left( M_1 + M_2 \cdot \frac{L-l}{L} \right) \cdot \frac{v^2}{R} \cdot (\cos \alpha \pm \frac{R}{L} \cdot \cos 2\alpha);$$

2) равнодействующую сил  $M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l}{L} \cdot \cos \alpha$  и  $M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{l}{L} \cdot \sin \alpha$ :

$$E = M_2 \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{v^2}{R}.$$

Т. о., все инерционные усилия системы поршня и шатуна разлагаются на две силы  $J$  и  $E$  (фиг. 4). Последнюю можно рассматривать как центробежную силу массы  $M_2 \cdot \frac{l}{L}$ , вращающейся на расстоянии  $R$  вокруг центра вращения  $O'$  со скоростью  $v$ . Направление этой силы всегда параллельно кривошипу.



Фиг. 4.

Центр вращения  $O'$  находится на расстоянии  $L-l$  от центра вращения  $O$  кривошипа. Тангенциальные (касательные к окружности кривошипа) силы инерции складываются из тангенциальных сил, производимых инерционными усилиями  $P_1$  поршня и сил  $P_2$ ,  $Q$  и  $C$  шатуна. Сумма этих тангенциальных сил

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5,$$

где

$$T_1 = P_1 \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \cong P_1 \cdot (\sin \alpha + \frac{R}{2L} \cdot \sin 2\alpha).$$

Подставляя сюда выражение для  $P_1$ , получим

$$T_1 = -M_1 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \left( -\frac{R}{4L} \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha + \frac{3R}{4L} \cdot \sin 3\alpha + \frac{R^2}{4L^2} \cdot \sin 4\alpha \right).$$

Для тангенциальных сил, вызываемых поступательным движением шатуна, имеем:

$$T_2 = -M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \left( -\frac{R}{4L} \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha + \frac{3R}{4L} \cdot \sin 3\alpha + \frac{R^2}{4L^2} \cdot \sin 4\alpha \right).$$

Инерционные усилия  $Q$  качательного движения шатуна вызывают на кривошипе силы

$$\begin{aligned} T_3 &= Q \cdot \frac{l}{L} \cdot \cos(\alpha + \beta) = \\ &= M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{L^2 - R^2}{L^2} \cdot \frac{l}{L} \cdot \left( -\frac{3R}{4L} \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha + \frac{R}{4L} \cdot \sin 3\alpha \right); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_4 &= -Q \cdot \frac{L-l}{L} \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \sin(\alpha + \beta) = \\ &= -M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{L^2 - R^2}{L^2} \cdot \frac{lR}{4L^2} \cdot \frac{L-l}{L} \cdot \left( 3 \sin \alpha + \frac{R}{L} \cdot \sin 2\alpha - \sin 3\alpha - \frac{R}{2L} \cdot \sin 4\alpha \right). \end{aligned}$$

Центробежные силы  $C$  шатуна вызывают на кривошипе касательные силы

$$\begin{aligned} T_5 &= C \cdot \sin(\alpha + \beta) = M_2 \cdot \frac{v^2}{R} \cdot \frac{lR}{4L^2} \cdot (\sin \alpha + \\ &+ \frac{R}{L} \cdot \sin 2\alpha + \sin 3\alpha + \frac{R}{2L} \cdot \sin 4\alpha). \end{aligned}$$

Таким образом, сумма всех тангенциальных сил имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} T &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 = k_1 \cdot \sin \alpha + \\ &+ k_2 \cdot \sin 2\alpha + k_3 \cdot \sin 3\alpha + k_4 \cdot \sin 4\alpha. \end{aligned}$$

Коэффициенты  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  и  $k_4$  имеют значения, указанные в табл. 2.

Определение равнодействующих инерционных усилий многоцилиндровых двигателей не представляет затруднений, если известны отдельные составляющие этих усилий для каждого цилиндра в отдельности. Приведенная табл. 2 дает ф-лы для этих равнодействующих для ряда случаев многоцилиндровых двигателей, у к-рых массы поршней и шатунов, а также ходы поршней для всех цилиндров одинаковы.

Лит.: Гельд Г. А., Судовые двигатели Дизеля, П., 1922; Девенсон Л. В., Кинематика механизмов, М., 1923; Дубель Г., Двигатели внутр. сгорания, Одесса—М., 1927; Radinger L., Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit, 3 Auflage, Wien, 1893; Lorenz H., Dynamik des Kurbeltriebes, Lpz., 1901; Hort W., Technische Schulungslehre, В., 1922. Л. Мартено.

**ДИНАМИТ**, одно из взрывчатых веществ (В. В.), в к-ром составною частью является *нитроглицерин* (см.). Впервые Д. для технич. применения был предложен в 1867 г. шведск. инж. А. Нобелем, производившим опыты с напильником нитроглицерином пористых инертных веществ, напр. угля, кремнистых земель, бумаги. В таком виде нитроглицерин, не теряя взрывчатых свойств, оказался удобным для подрывных целей, сравнительно безопасным и малочувствительным к ударам. Как сам Нобель, так и другие изобретатели В. В. применяли не только различные инертные поглотители, но также и деятельные, т. е. такие, к-рые сами способны гореть или взрываться; поэтому все Д. разделялись на два основных класса: 1) Д. с инертным основанием и 2) Д. с деятельным основанием. В настоящее время, вследствие большого разнообразия видов Д., различающихся своим составом и назначением, может быть принята следующая классификация, приведенная в труде Ф. Наума (Ph. Naum). 1) Механические смеси: а) Д. с недейтельным или пассивным основанием (кремнистые породы—кизельгур, измельченные шлаки, кирпич, слюда, углемагнезиальная соль и другие), б) Д. с деятельным основанием (опилки, уголь, селитра). 2) Взрывчатые желатины: коллоидная система из нитроглицерина и растворенной в нем нитроклетчатки. 3) Желатинообразные Д., представляющие собой смеси взрывчатой желатины с селитрой, древесной мукой, отрубями—веществами, наз. поглотителями или наполнителями. 4) Труднозамерзающие и незамерзающие Д., в к-рых нитроглицерин частично заменяется ароматическими нитропроизводными; иногда вместо нитроглицерина берут динитроглицерин, динитрохлоргидрин и нитроглицоль. 5) Безопасные (предохранительные) Д., в к-рых хотя главной составной частью и является нитроглицерин, введенный в желатинообразном виде (с коллоидным хлопком), но вследствие особых примесей эти Д. не воспламеняют рудничного газа и угольной пыли. 6) Д. с незначительным содержанием нитроглицерина, ко-

торый служит лишь для обеспечения детонации. Из этих сортов различают: а) В. В. с аммиачной селитрой в виде основания и с содержанием 4% нитроглицерина; б) безопасные для рудников—полупластичные В. В. с кислородными соединениями и с содержанием 4—12% нитроглицерина.

Основные техническ. требования, предъявляемые к Д., следующие: 1) содержание влаги в Д. не д. б. более 1%; 2) при испытании химич. стойкости Д. должны выдерживать пробу Абеля (см. *Взрывчатые вещества*) при 75° в течение 10 м.; 3) Д. должны выдерживать пробу на эксудацию при 30—33° в течение 144 час.; 4) должны давать полную детонацию 5 патронов, уложенных в стык; 5) гремучий студень и студенистый Д. испытывают на бризантность в бомбе Траудля; 6) гризутины и порошкообразные Д. испытывают на бризантность с применением свинцовых цилиндров. Размеры динамитных патронов: диам.  $23 \pm 2$  мм и  $30 \pm 2$  мм, длина 100—120 мм и 110—120 мм, средний вес патронов 67—69 г и 103—106 г.

Гремучий студень и студенистый Д. патронируют в пергаментную или парафинированную бумагу; гризутины и порошкообразные Д. патронируют в двойную бумагу и, кроме того, парафинируют. На патронной бумаге должно быть указано: название завода, сорт и состав Д., год изготовления и № ящика. Динамитные патроны упаковывают в картонные коробки в количествах, соответствующих их диаметру и среднему весу, с тем, чтобы вес патронов с бумагой в одной коробке равнялся 2,5 кг. Каждую коробку обертывают бумагой и перевязывают шпагатом. Коробки по 10 штук упаковывают в деревянные ящики, в которые вкладывают печатную инструкцию для употребления Д. и обращения с ним. На ящиках ставят установленные надписи.

Главнейшее применение Д. следующее: 1) гремучий студень—для разработки самых крепких пород: гранита, гнейса и других; 2) студенистые Д. 83%-ные—для самых крепких пород, 63%-ные—для крепких пород и 40%-ные—для менее крепких пород—в каменоломнях, при мелиоративных и хозяйственных работах; 3) гризутины: 29%-ные—в газовых рудниках для твердых пород, 20%-ные—в газовых рудниках для более мягких пород, 12%-ные—в газовых рудниках при разработке угля; 4) 12%-ные порошкообразные Д.—при различных работах на открытом воздухе.

*Lum.*: Naoum Ph., Nitroglycerin und Nitroglycerinsprengstoffe (Dynamite), В., 1924; Сухаревский М. Я., Взрывчатые вещества и взрывные работы, М., 1923; Ост Г., Химическая технология, Л., 1927; Stettbacher A., Die Schiess- und Sprengstoffe, Lpz., 1919; Escalés R., Nitroglycerin und Dynamite, Lpz., 1908; Kast H., Spreng- u. Zündstoffe, Brschw., 1921; Colver E., High Explosives. A Practical Treatise on Their History, Manufacture, Properties and Use, New York, 1918; Marshall A., Explosives, v. 1—2, L., 1917; Weaver E., Notes on Military Explosives, New York, 1917; Daniel J., Poudres et explosifs. Dictionnaire des matières explosives, Paris, 1902. Н. Давгелевич.

**ДИНАМНАЯ СТАЛЬ**, мягкий магнитный материал, характеризуемый высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой (см. *Магнитные материалы*), употребляется в электропромышленности в ли-

том, кованом и прокатанном виде. Первые два вида Д. с. применяются для тех частей магнитной цепи в электрич. машинах и аппаратах, по к-рым проходит постоянный магнитный поток и от к-рых требуется высокая механическая прочность.

Литая Д. с. применяется в динамостроении гл. обр. для ярма электрич. машин (см. *Спр. ТЭ*). Для устранения в стальных отливках внутренних натяжений, для улучшения структуры и, следовательно, механич. и магнитных свойств стальное литье отжигается при 900—950°. Взамен стального литья в качестве более дешевого материала применяется также литье из серого чугуна, в к-ром весь углерод по возможности должен быть в форме графита.

Кованая Д. с. применяется для вращающихся частей электрич. машин, которые делают очень большое число оборотов (роторы). Соответственно с предъявляемыми к этим частям требованиями в отношении их механич. и магнитных качеств, их изготовляют из стали углеродистой, никелевой или хромоникелевой и сообщают им отжиг или закалку и отпуск. Второй вариант термич. обработки предпочтительнее для повышения механич. качеств, но менее благоприятен в отношении магнитных свойств. Вообще кованая Д. с. как материал более однородный обладает лучшими магнит. свойствами по сравнению с литьем. Вместо поковок применяют также детали из ковкого чугуна, обладающего лучшими магнит. свойствами, чем применяемый обычно литой серый чугун.

Прокатанная Д. с., к-рая иногда называется также железом, применяется в электропромышленности в виде полос и листов ( $2 \div 0,5$  мм толщины); в последнем случае, согласно нормам Центр. электротехн. совета, листовая Д. с., толщиной 0,5 мм относится к разряду листовой электротехнической стали, находящей весьма широкое применение для всех тех частей электрич. машин и аппаратов, которые подвергаются действию переменного магнитного потока; это влечет за собой потерю энергии в виде выделяющегося в таких частях тепла гистерезиса и тепла, развиваемого паразитными токами Фуко, ослабляющимися с уменьшением толщины изолированных друг от друга листов материала. В настоящее время прокатанный материал начинают применять в производстве электрич. машин для изготовления ярма, плит и других деталей взамен отливок и даже для частей роторов взамен поковок. Вопросы производства, термической обработки, механич. и магнитных свойств листовой электротехнической стали, в частности листовой Д. с., см. *Электромашиностроение*.

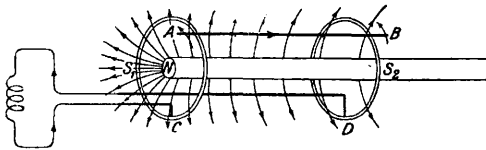
В. Волков и Н. Миневич.

**ДИНАМОМАШИНА** постоянн. тока имеет назначение, работая в качестве генератора, преобразовывать механич. энергию в электрическую. Генератор постоянного тока, в отличие от генератора переменного тока (см.), служит для образования электрического тока, текущего постоянно в одном и том же направлении (вместо «постоянный» ток иногда говорят «прямой»). Д., работая в качестве двигателя, служит для преобразования электрич. энергии в механическую.

Генератор и двигатель постоянного тока—машины обратимые: работая в качестве генератора, Д. стремится превратиться в двигатель, развивая момент вращения, противодействующий направлению движения соединенного с ней механич. двигателя (паровая машина, дизель и проч.); работая же в качестве электродвигателя, она стремится одновременно работать в качестве генератора, развивая в цепи якоря напряжение в направлении, противоположном текущему в нем току. Преобразование механич. энергии в электрическую и обратно происходит в якоре машины, в то время как другие части имеют назначением обеспечить эту деятельность якоря. Постоянный ток можно получить двумя методами: 1) путем равномерного вращения провода в однородном (гомогенном) магнитном поле, вокруг одного из полюсов магнита; 2) путем вращения витка в магнитном поле, образуемом двумя магнитами, с последующим выпрямлением полученного таким образом переменного тока в постоянный при помощи коллектора.

#### Униполярная машина.

Машины, образующие постоянный ток по первому способу, называются униполярными, или гомополярными. Принцип действия их покоится на известном опыте Фарадея (фиг. 1): провод  $AB$ , укрепленный на контактных кольцах, вращаясь вокруг одного из полюсов магнита, пересекает магнитный поток постоянно в одном и



Фиг. 1.

том же направлении, вследствие чего в проводе индуцируется постоянная эдс, и во внешнюю цепь передается постоянный ток при помощи неподвижных щеток  $C$  и  $D$ , скользящих по контактным кольцам  $S_1$  и  $S_2$ . Несмотря на чрезвычайную простоту униполярной машины и большой интерес к ней со стороны изобретателей, практич. применение (сравнительно ограниченное) получила лишь униполярная машина системы Е. Неггерата, строившаяся General Electric Co.

При равномерном движении провода, длиной  $l$  см, со скоростью  $v$  см/сек, в потоке магнитной индукции  $B$ , в проводе наводится электродвижущая сила (в В)

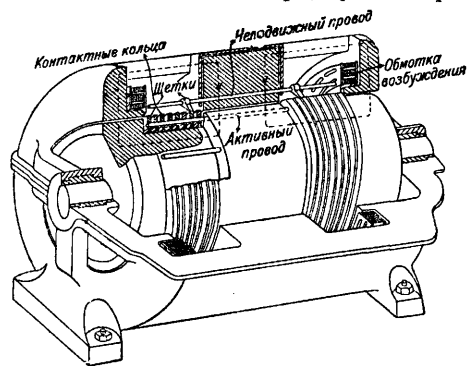
$$e = B \cdot l \cdot v \cdot 10^{-8}.$$

Магнитная индукция и окружная скорость практически ограничены определенными предельными величинами: в литой стали  $B$ , примерно, 16 000 гаусс и  $v$  в стальных роторах от 120 до 150 м/сек. Длина провода  $l$ , соответствующая ширине полюса, в свою очередь, ограничена размерами машины. С увеличением ширины полюса  $l$  приходится увеличивать диаметр  $D$  ротора, для того чтобы пропустить через него магнитный поток  $\Phi$ . Так как

$$\Phi = \frac{\pi D^2}{4} \cdot B = \pi \cdot D \cdot \frac{l}{2} \cdot B,$$

то ширина машины и активная длина прово-

да  $l = \frac{D}{2}$ ; при длине провода в 20 см уже подходит к максимальным диаметрам ротора, допускаемым при 3 000 об/м. При параллельном включении проводов между двумя контактными кольцами эдс достигла бы при сохранении вышеуказанных предельных величин всего 100—120 В. Неггерат соединил провода последовательно через контактные кольца, щетки и неподвижные провода, проходящие через полюс индуктора (фиг. 2). В виду больших окружных скоростей стальных контактных колец проблема снятия тока весьма сложна. Медные щетки изнашиваются в течение 24 ч. работы на 12—75 мм, что заставило ввести в них прослойки из стальных пластин. ГЭС выполнен ряд униполярных



Фиг. 2.

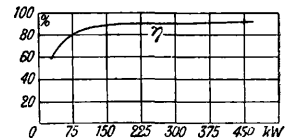
машин как для электролитич. целей с малым напряжением (6В) и большой силой тока (8 000 А), так и для электрич. центральных станций, мощностью до 2 000 kW и напряжением от 200 до 600 В при 900 об/мин. Униполярная машина допускает значительные мгновенные перегрузки (до 200%), хорошо держит напряжение и имеет такой же кпд, как и коллекторная машина постоянного тока (фиг. 3), так как повышенные механич. потери от трения компенсируются минимальными электрич. потерями. Униполярная машина обратима и может работать как двигатель.

Несмотря на частичный успех машины Неггерата, следует, однако, признать, что проблема создания дешевой, надежной и требующей малого ухода униполярной машины еще не разрешена.\*

#### Коллекторная машина.

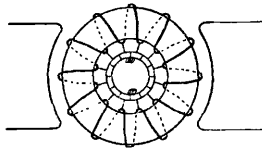
Последовательное соединение проводов без посредства колец внутри якоря, так чтобы наводящиеся в них эдс складывались, возможно лишь в изменяющем свою силу магнитном потоке. Получаемый переменный ток, изменяющийся по закону синуса, выпрямляется, по предложению Пачинотти (1860 г.) и Грамма (1870 г.), путем замены контактных

\* Следует, однако, предостеречь от желания построить униполярную машину с обмоткой без скользящих контактов. Это принципиально невозможно в такой же мере, как и построение вечного двигателя.



Фиг. 3.

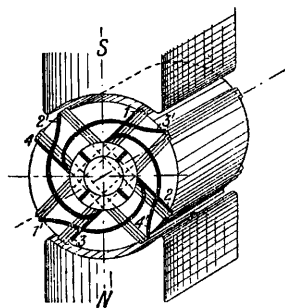
колец коллектором (фиг. 4), к каждой пластинке к-рого присоединена секция замкнутой на себя обмотки. Эдс секций, находящихся в сфере влияния каждого из полюсов, суммируются. Щетки, снимающие ток с двух параллельных ветвей обмотки, лежат в нейтральной зоне. Секции в момент перехода из сферы влияния одного полюса в сферу другого замыкаются щетками накоротко. Машины постоянно тока, построенные по указанному принципу, в противоположном направлении униполяр-



Фиг. 4.

ным машинам, получили возможность развития вследствие того, что один из трех факторов  $B$ ,  $l$ ,  $v$ , влияющих на величину эдс, а именно  $l$ , может быть изменяем в достаточно широких пределах.

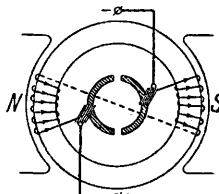
**1. Современная коллекторная Д.** постоянного тока состоит из следующих основных комплектных частей: 1) станины—индуктора с главными и дополнительными полюсами, концы обмоток которых выведены к зажимной доске сбоку станины; 2) двух подшипниковых щитов, переднего—со стороны коллектора и заднего—со стороны вентилятора. В более мощных машинах подшипниковые щиты заменяются подшипниковыми стойками, укрепляемыми на общей со станиной фундаментной плите; 3) якоря; 4) коллектора со вложенной в его пазы обмоткой; 5) вентилятора, засасывающего воздух со стороны коллектора и выпускающего его через отверстие в заднем подшипниковом щите, для отвода тепла, образующегося в железе якоря и обмотках якоря и магнитов (для лучшего охлаждения якоря штампованное листовое железо со собирается—шихтуются—в несколько пакетов, так чтобы между ними оставались свободные вентиляционные каналы, засасывающие воздух через осевые каналы внутри якоря и коллектора); 6) щеточной рамы (звезда щеткодержателя) с укреплен. на ней изолированными от рамы стержнями, на которых сидят щеткодержатели со щетками. Стержни одного знака соединяются собирательными кольцами, от к-рых идут гибкие провода к зажимам (борнам) машины.



Фиг. 6.

Якорная обмотка. Различаются открытые и замкнутые на себя обмотки. Открытая обмотка распадается на отдельные элементы, соединяющиеся последовательно в группы при помощи щеток. Сек-

ции обмотки под северным и южным полюсами магнитов (фиг. 5) одними концами соединены между собой, другими—с полукольцами коллектора. Эдс, наводимая в обеих секциях за время их прохождения под полюсами, сохраняет одинаковое направление. При вступлении секций в сферу влияния полюсов противоположной полярности каждое из полуколец коллектора вступает в контакт с другой щеткой, вследствие чего направление эдс во внешней цепи остается без изменения. Величина эдс меняется от нуля до максимума, т. е. является пульсирующей. Открытыми обмотками пользовались в своих машинах Сименс, Томсон-Гаустон, Бреш (Brush) и Вестингауз. В настоящее время они применяются довольно редко. За м к н у т а я о б м о т к а (фиг. 6), наоборот, получила широкое распространение, особенно в барабанной (намотанная на цилиндр). С целью уменьшения воздушного зазора между якорем и полюсными наконечниками применяются, по предложению Венштрема (1882 г.), якоря с пазами. Группы обмоток, составленные из секций в замкнутой обмотке, остаются при всяком положении якоря параллельно соединенными между собой. В так называемой последовательной, или волновой, обмотке—две параллельные ветви, в параллельной же, или петлевой,—число параллельных ветвей равно числу полюсов. В каждой из этих систем обмоток число параллельных ветвей может быть в несколько раз увеличено (многократные обмотки).

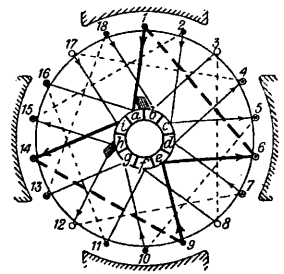


Фиг. 5.

Замкнутые якорные обмотки м. б. подразделены на следующие три основные группы: 1) спиральная обмотка, 2) петлевая, 3) волновая. Обычно элемент обмотки состоит из одной секции, но он может быть также образован из нескольких секций. В симметричной обмотке все элементы вполне одинаковы и равномерно расположены по окружности якоря. В якорю с многослойной обмоткой (более двух) расположение секций не вполне равномерно. Число секций всегда совпадает с числом коллекторных пластин  $K$ . Однако, м. б. случаи, когда число пластин увеличивается против числа секций в несколько раз. Результирующий шаг обмотки  $u$  состоит из отдельных частичных шагов  $u_1, u_2, u_3$  и т. д. В спиральной обмотке эдс наводится только на одной стороне секции, в петлевой и волновой обмотках—на обеих. Обозначив через  $S$  общее число индуктируемых сторон и через  $u$ —число индуктируемых сторон одного элемента обмотки, получим  $S = K \cdot u$ . В кольцевой обмотке  $u = 1$ , в барабанной обычно  $u = 2$ , однако, их м. б. и больше. Результирующий шаг для обыкновенной волновой обмотки (фиг. 7) будет  $u = u_1 + u_2$ , для петлевой (фиг. 8)  $u = u_1 - u_2$ , а при числе сторон  $n$

$u = u_1 \pm u_2 \pm u_3 \pm \dots \pm u_n$ .

За единицу смещения  $t$  элемента обмотки



Фиг. 7.

За единицу смещения  $t$  элемента обмотки

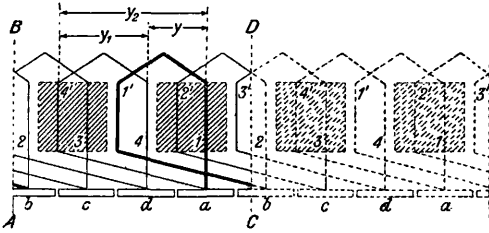
в магнитном потоке примем коллекторный шаг  $y_k$ . Тогда в спиральной и петлевой обмотках будем иметь (фиг. 9):

$$m = y_k = \frac{1}{u} \cdot y$$

и в волновой

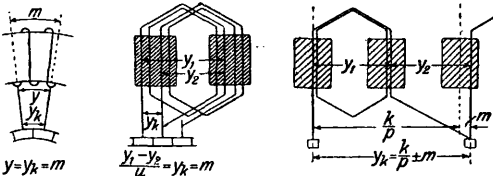
$$y_k = \frac{K}{p} \pm m,$$

где  $p$ —число пар полюсов. В первом случае  $m$  всегда целое число, а во втором—м. б. и дробным. Обозначив через  $a$  число параллельных ветвей, можно сделать вывод, что смещение  $m$  каждого элемента обмотки в магнитном потоке, помноженное на количество полюсов ( $2p$ ), будет равняться числу



Фиг. 8.

параллельных ветвей ( $2a$ ), т. е.  $m \cdot 2p = 2a$ , или  $m = \frac{a}{p}$ . Обозначим через  $f$  то ближайшее целое число полюсных делений,  $k$ -рое содержится в шаге  $y$  (фиг. 10), и назовем  $f$  шагом обмотки в магнитном поле. Для спиральной и петлевой обмотки  $f$  равно 0, для волновой  $f$  равно целому четному числу. Количество



Фиг. 9.

коллекторных пластин, приходящихся на один полюс, равняется  $\frac{K}{2p}$ . Коллекторный шаг  $y_k = f \frac{K}{2p} \pm m$ . Подставив  $m = \frac{a}{p}$ , получаем обобщенную формулу

$$y_k = \frac{fK \pm 2a}{2p}, \tag{1}$$

выведенную Арнольдом,  $k$ -рая может служить для построения обмотки любого типа. Принимая во внимание, что  $K = \frac{S}{u}$  и  $y_k \cdot u = y$ , ф-ла Арнольда для частичных шагов обмотки м. б. написана в виде:

$$y = y_1 \pm y_2 \pm y_3 \pm \dots \pm y_u = \frac{f \cdot S \pm 2au}{2p}. \tag{2}$$

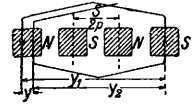
Если имеется многократная замкнутая обмотка, т. е.  $g$  независимых друг от друга замыкающихся на себя обмоток, то формула (1) примет вид:

$$y_k \cdot g = \frac{fKg \pm 2ag}{2p}.$$

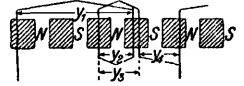
Из этой ф-лы можно сделать тот вывод, что 1) количество многократных обмоток соответствует общему наибольшему делителю  $y_k$  и  $K$ , 2) обмотка—простая, т. е. замыкается

только один раз в том случае, если  $y_k$  и  $K$  не имеют общего делителя. Применяя ф-лу

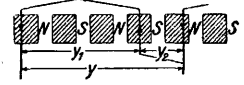
$$\begin{aligned} f &= 0 \\ u &= 2 \\ y &= y_1 - y_2 = m \\ y_k &= f \cdot \frac{K}{2p} \pm m \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} f &= 4 \\ u &= 4 \\ y &= y_1 + y_2 + y_3 + y_4 \\ y_k &= f \cdot \frac{K}{2p} \pm m \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} f &= 4 \\ u &= 2 \\ y &= y_1 + y_2 \\ y_k &= f \cdot \frac{K}{2p} \pm m \end{aligned}$$



Фиг. 10.

Арнольда к различным системам барабанных обмоток, получим: 1) для петлевой обмотки, где  $f=0$ ,  $a=p$ ,  $u=2$ ,  $K = \frac{S}{2}$  и  $y_k = \pm 1$ :

$$y = y_1 - y_2 = \pm 2.$$

Т. к. частич. шаг ( $y_1$  и  $y_2$ ) приблизительно равен полюсному делению  $\frac{S}{2p}$ , можно написать:

$$y_1 = \frac{S \pm b}{2p}, y_2 = \frac{S \pm b}{2p} \pm 2,$$

где  $b$  означает число, превращающее  $y_1$  и  $y_2$  в целые и нечетные числа. В многократной петлевой обмотке будем иметь:

$$\begin{aligned} y_k &= \pm m, y = y_1 - y_2 = \pm 2m, \\ y_1 &= \frac{S \pm b}{2p}, y_2 = \frac{S \pm b}{2p} \pm 2m; \end{aligned}$$

2) для волновой обмотки, где  $f=2$ ,  $a=1$ ,  $u=2$ ,  $K = \frac{S}{2}$ , получим:

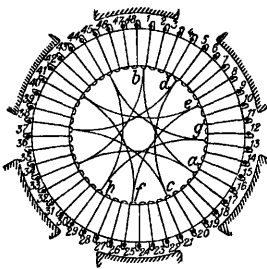
$$y_k = \frac{K \pm 1}{p} = \frac{u_1 + y_2}{2}; y = y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2}{p},$$

при чем  $y_1$  и  $y_2$ —числа нечетные и  $K$  и  $y_k$  не имеют общего делителя. 3) Для последовательно-параллельной обмотки (Арнольда), состоящей из нескольких параллельно соединенных волновых обмоток, где  $f=2$ ,  $a>1$ ,  $u=2$ ,  $K = \frac{S}{2}$ , получаем:

$$\begin{aligned} y_k &= \frac{K \pm a}{p} = \frac{y_1 + y_2}{2}, \\ y &= y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2a}{p}. \end{aligned}$$

Эквипотенциальные (равнопотенциальные) соединения. При условии соблюдения всех правил, удовлетворяющих симметричности обмоток якоря, как то:  $\frac{K}{a}$  = целому числу,  $\frac{2p}{a}$  = целому числу,  $\frac{Z}{a}$  = целому числу ( $Z$ —число пазов якоря), возможно было бы ожидать при петлевой обмотке равенства потенциалов однозначных щеток. Однако, вследствие часто встречающейся на практике неоднородности материала, эксцентрического положения якоря, неодинакового сопротивления отдельных секций обмотки (там, где приходится мотать вручную или применять пайку), симметрия нарушается, и поэтому в параллельных ветвях обмотки наводятся различные эдс, вызывающие появление выравнивающих токов. Щетки в таких случаях, в зависимости от

силы выравнивающих токов, начинают искривить. Эквипотенциальные соединения имеют целью разгрузить щетки якоря от действия выравнивающих токов и направить эти токи по другому пути. Внутри обмотки якоря имеются точки одинакового потенциала, которые, будучи между собой соединены проводами, пропускают через них выравнивающие токи и способствуют равномерному распределению тока между параллельными ветвями обмотки якоря. Благодаря большой самоиндукции обмотки якоря, переменные токи, текущие по эквипотенциальным соединениям, отстают по фазе, примерно, на 90° от вызывающих их эдс и стремятся, с одной стороны, усилить магнитный поток магнитов с ослабленным полем, а с другой—уменьшить поток магнитов с усиленным полем. Если, например, в витке *cdef* (фиг. 11) появится вы-



Фиг. 11.

равнивающий ток, образуемый секциями *fc*, то он потечет под другим одноименным полюсом в направлении *dc*, т. е. обратно, вследствие чего и действие его будет направлено к ослаблению магнитного потока полюса над секциями *fc* и к усилению над секциями *de*. Потери от нагревания обмотки при эквипотенциальных соединениях не только не устраняются, но, наоборот, увеличиваются, в соответствии с силой выравнивающих токов. Вследствие этого при обмотке с эквипотенциальными соединениями необходимо обращать особенное внимание на изготовление вполне идентичных секций. В волновых обмотках несимметричность поля не вызывает появления внутренних токов в якорной обмотке. Применение эквипотенциальных соединений при волновой обмотке также дает положительные результаты в двух отношениях: во-первых, они дают равномерное распределение токов между различными группами щеток и, во-вторых, представляют дополнительное током коротких замыканий параллельный со щетками путь, вследствие чего щетки разгружаются. Обозначим через  $y_p$  потенциальный шаг, т. е. число пластин коллектора, лежащих между ближайшими пластинами с одинаков. потенциалом. Тогда  $y_p = \frac{K}{p}$ , т. к. точки одинакового потенциала лежат под одноименными полюсами. При тяжелых условиях коммутации выполняют по одному эквипотенциальному соединению на один паз, и получается  $\frac{Z}{a}$  соединений. В машинах с легкими условиями коммутации число соединений делают равным  $\frac{Z}{2a}$  или  $\frac{Z}{3a}$ .

Эдс обмотки якоря. Согласно закону индукции, мгновенное значение эдс *e*, наводимой секцией обмотки, соответствует изменению магнитного потока *dΦ* в единицу времени *dt* и выражается ф-лой

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

В течение промежутка времени  $t_1 - t_2$  сред-

нее значение наводимой эдс будет равняться

$$E_{t_1-t_2} = \frac{1}{t_1-t_2} \int_{t_2}^{t_1} e dt = \frac{1}{t_1-t_2} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_1 - t_2},$$

где  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ —значения магнитного потока, протекающего через виток в момент времени  $t_1 - t_2$ . Если периодич. изменение магнитного потока секции в течение полупериода  $\frac{T}{2}$  происходит в пределах от  $\Phi_{max}$  до  $\Phi_{min}$ , то среднее значение наводимой эдс  $E_{cp.}$  равно:

$$E_{cp.} = 2 \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{T}.$$

Так как обычно  $\Phi_{max} = -\Phi_{min} = \Phi$ , то

$$E_{cp.} = 4 \frac{\Phi}{T}.$$

Введя в ф-лу вместо  $\Phi$  магнитный поток  $\Phi_w$ , проходящий через каждый из числа *w* последовательно соединенных витков, и вместо  $\frac{1}{T}$ —число периодов *f*, получим:

$$E_{cp.} = 4 f w \Phi_w.$$

Число периодов *f* находится в зависимости от количества пар полюсов *p* и числа *n* оборотов якоря в минуту. Между ними существует соотношение:

$$f = \frac{np}{60}.$$

Введя это соотношение в формулу, получим:

$$E_{cp.} = \frac{4npw\Phi_w}{60}.$$

Число витков, последовательно соединенных по всей окружности якоря, м. б. выражено через число проводов *z* обмотки якоря и через число  $2a$  параллельных ветвей в виде:

$$w = \frac{z}{4a}.$$

Следовательно, эдс обмотки якоря:

$$E = z \cdot \frac{p}{a} \cdot n \cdot \Phi,$$

где  $\Phi$ —величина потока, исходящего из одного полюса. Выражая магнитный поток  $\Phi$  в максвеллах, получим эдс (в *V*):

$$E = z \cdot \frac{p}{a} \cdot \frac{n}{60} \cdot \Phi \cdot 10^{-8}.$$

Эдс, наводимая в обмотке якоря постоянного тока, колеблется в весьма небольших пределах и практически м. б. принята за постоянную величину, если обмотка якоря подразделена на большое количество секций, присоединенных к соответственно большому количеству пластин коллектора.

Момент вращения. Исходя из закона сохранения энергии, можно сделать вывод, что та часть механической мощности, которая в генераторе непосредственно превращается в электрическую энергию, может быть выражена в виде:

$$N = \frac{2\pi \cdot n \cdot M}{60},$$

где *n* число оборотов в минуту и *M*—момент вращения, действующий на якорь генератора, или в виде:

$$N = E \cdot I,$$

где *E*—эдс, наводимая в обмотке якоря во время нагрузки, и *I*—сила тока. В двигателях получаем обратное явление. Из обоих ур-ий получим момент вращения

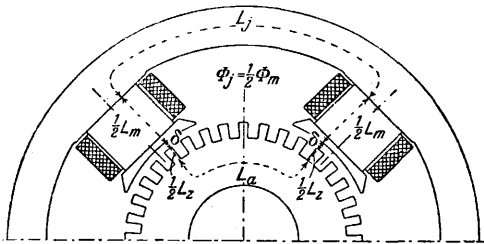
$$M = \frac{E \cdot I}{2\pi n} = \frac{zp}{2\pi a} \cdot I \cdot \Phi.$$

Если выразить *E* в вольтах, *I*—в амперах и

число об/м. обозначить через  $n$ , получим:

$$M = 0,974 \frac{E \cdot I}{n} \text{ кгм} = 0,0096 \frac{E \cdot I}{n} \text{ стэнметров} = 0,96 \text{ Дж.}$$

**II. Магнитная цепь.** В каждой Д. магнитная цепь составляется из магнитных полюсов, ярма, междужелезного пространства и железа якоря. При возбужденных магнитах и при отсутствии тока в обмотке якоря каждому числу ампервитков соответствует определенный магнитный поток  $\Phi_a$ , проходящий через якорь. Откладывая на оси абсцисс ампервитки возбуждения и на оси ординат

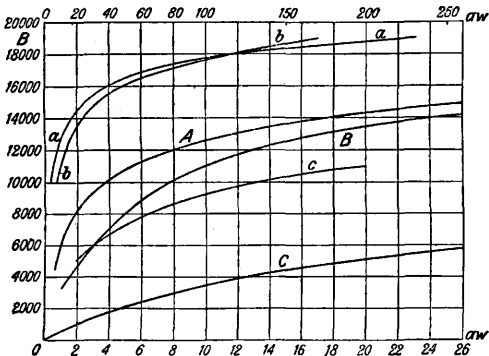


Фиг. 12.

соответствующие величины магнитного потока, получим кривую намагничивания машины. При постоянном числе оборотов Д. каждой величине потока соответствует определенная эдс, наводимая в обмотке якоря, т. е. между эдс и величиной магнитного потока существует определенная пропорциональность, позволяющая откладывать на оси ординат также эдс. Расчет кривой намагничивания базируется на следующем законе магнитной цепи, выражающем зависимость между электр. и магнитными величинами:

$$0,4\pi \cdot i \cdot w = \int H dl,$$

где  $H$ —напряженность магнитного поля,  $dl$ —элемент длины магнитн. потока,  $i$ —сила тока в амперах и  $w$ —число витков возбуждения. Магнитная цепь разбивается на составные



Фиг. 13.

части, и для каждой из них определяется количество ампервитков, потребное для возбуждения этой части магнитного потока. Т. о., общее число ампервитков  $AW$  на катушках электромагнитов (фиг. 12) суммируется из ампервитков, затрачиваемых на проведение

магнитного потока через ярмо ( $AW_j$ ), полюсные сердечники ( $AW_m$ ), воздушный зазор ( $AW_l$ ), зубцы ( $AW_z$ ) и железо якоря ( $AW_a$ ). На основании закона магнитной индукции можно написать следующее уравнение:

$$AW = 0,8 \int H dl = 0,8 H_j L_j + 0,8 H_m L_m + \dots,$$

где  $L_j, L_m, \dots$  представляют собой длины средних путей магнитных линий для ярма, полюсных сердечников и т. д. Вводя вместо  $0,8 H_j, 0,8 H_m$  и т. д. количество ампервитков на 1 см длины ( $aw$ ), последнее равенство можем написать следующим образом:

$$AW = aw_j L_j + aw_m L_m + aw_l 2\delta + aw_z L_z + aw_a L_a.$$

На основании кривых намагничивания, определяемых опытным путем для каждого сорта применяемого ферро-магнитного вещества (фиг. 13: кривые  $A, a$ —якорное железо,  $B, b$ —стальное литье,  $C, c$ —чугун) и дающих зависимость между магнитной индукцией ( $B$ ) и потребным количеством ампервитков ( $aw$ ), рассчитывается  $aw$  для каждой части магнитной цепи и определяется общее количество  $AW$ , нужное для проведения магнитного потока

$$\Phi = \frac{60 \cdot a}{p \cdot n \cdot z} \cdot E \cdot 10^8.$$

Не весь магнитный поток, образуемый электромагнитами, поступает в якорь; довольно большая часть его проходит непосредственно через воздух от одного полюса к другому. Эта часть носит название магнитного рассеяния, или потока утечки ( $\Phi_s$ ). Отношение потока, образуемого электромагнитами ( $\Phi_m$ ), к проходящему через якорь ( $\Phi_a$ ) называется коэффициентом рассеяния  $\sigma$ , т. е.

$$\frac{\Phi_m}{\Phi_a} = \frac{\Phi_a + \Phi_s}{\Phi_a} = 1 + \frac{\Phi_s}{\Phi_a} = \sigma.$$

Поток утечки поддается довольно точному расчету. Арнольд разбивает поток утечки на шесть частей и выводит для них следующие соотношения, исходя из положения, что поток, проходящий сквозь элементарную трубку, равен магнитодвижущей силе  $P_m$ , помноженной на ее проводимость  $\lambda$ , т. е.  $\Phi = P_m \cdot \lambda$ .

1) Поток утечки между внутренними поверхностями полюсных наконечников

$$\Phi_1 = P_m \cdot \frac{a_s^2 p}{0,8 L_z},$$

где  $P_m$ —разность магнитных потенциалов.

2) Поток утечки между внешними поверхностями полюсных наконечников

$$\Phi_2 = P_m \cdot \frac{F_p}{0,8 L_m},$$

где  $F_p$ —площадь внешней поверхности полюсного наконечника, а  $L_m = L_z + \pi S$ .

3) Поток утечки между внутренними поверхностями полюсных сердечников

$$\Phi_3 = P_m \cdot \frac{h_z}{h_m} \cdot \frac{a_z L_z}{0,8 L_z}.$$

4) Поток утечки между внешними поверхностями полюсных сердечников

$$\Phi_4 = P_m \cdot \frac{h_z \cdot d_q \cdot a_z}{h_m \cdot 0,8 L_m},$$

где

$$L'_m = L_z + \frac{d_q \pi}{2}.$$



5) Поток утечки между внутренними поверхностями полюсных сердечников и ярмом

$$\Phi_5 = P_m \cdot \frac{l_m}{0,8h_m} \cdot \sum \frac{a_i h_i}{L_i}$$

6) Поток утечки между внешними поверхностями полюсных сердечников и ярмом

$$\Phi_6 = \frac{P_m \cdot d_q}{0,8\pi} \cdot \frac{h_j}{h_m}$$

Общий поток утечки получим, удвоив первые пять потоков и прибавив шестой, т. е.

$$\Phi_8 = 2P_m \left[ \frac{a_2 l_p}{0,8L_2} + \frac{F_p}{0,8(L_2 + \pi S)} + \frac{h_2}{h_m} \cdot \frac{a_2 l_m}{0,8L_2} + \frac{h_2 d_q a_2}{0,8h_m \left( L_2 + \frac{d_q}{4} \pi \right)} + \frac{l_m}{0,8h_m} \sum \frac{a_i h_i}{L_i} + \frac{d_q \cdot h_j}{1,6\pi h_m} \right]$$

Отсюда получим общую проводимость между поверхностями полюсных наконечников:

$$\sum \lambda_p = \frac{a_2 l_p}{0,8L_2} + \frac{F_p}{0,8(L_2 + \pi S)}$$

между поверхностями полюсных сердечников

$$\sum x \lambda_m = \frac{h_2}{0,8h_m} \left( \frac{a_2 l_m}{L_2} + \frac{d_q a_2}{L_2 + \frac{d_q}{4} \pi} \right);$$

между ярмом и полюсами

$$\sum x \lambda_j = \frac{1}{0,8h_m} \left( l_m \sum \frac{a_i h_i}{L_i} + \frac{d_q h_j}{2\pi} \right)$$

Подставив значение  $\Phi_8$  в ур-ие, выражающее коэфф. рассеяния  $\sigma$ , получим:

$$\sigma = 1 + \frac{2(AW_l + AW_z + AW_a)}{\Phi_a} \left( \sum \lambda_p + \sum x \lambda_m + \sum x \lambda_j \right)$$

Для приближенного определения коэфф-та рассеяния можно пользоваться эмпирич. формулами. Гобарт и Эллис предложили для определения потока утечки  $\Phi_8$  при круглых полюсах формулу:

$$\Phi_8 = C \cdot \frac{h l_m}{L_m} \cdot AW_1$$

и для прямоугольных:

$$\Phi_8 = C \cdot \frac{h(l_m + 15)}{L_m} \cdot AW_1,$$

где  $h$ —высота полюса, включая высоту наконечника,  $AW_1$ —число ампервитков на 1 полюс,  $C$ —эмпирич. коэфф., колеблющийся, если размеры выражены в см, от 2,5 до 3,5. Шенфер предложил для того же расчета ф-лу:

$$\Phi_8 = (C_1 \tau + C_2 l) AW_1$$

или, если  $AW_1$  неизвестно,

$$\sigma = 1 + \delta \left( \frac{C'_1}{\tau} + \frac{C'_2}{l} \right),$$

где  $\tau$ —полюсное деление,  $\delta$ —между железное пространство,  $l$ —длина железных пакетов яроя,  $C_1, C_2, C'_1$  и  $C'_2$ —эмпирические коэфф-циенты, которые м. б. приняты в среднем:  $C_1 = 1,5 \div 1,8$ ;  $C_2 = 0,7 \div 1,2$ ;  $C'_1 = 4 \div 5$ ;  $C'_2 = 2 \div 3$ . Для наиболее распространенного типа многополюсных Д. с круглой станиной коэффициент рассеяния  $\sigma$  колеблется от 1,3 для малых машин до 1,1—для крупных. В станинах с добавочн. полюсами коэфф. рассеяния больше на 5—7%. Зная коэфф. рассеяния  $\sigma$ , можно вычислить число ампервитков для ярма и магнитов. Магнитная индукция в ярме и сердечниках магнитов будет:

$$B_j = \frac{\sigma \cdot \Phi}{2Q_j} \text{ и } B_m = \frac{\sigma \cdot \Phi}{Q_m},$$

где  $Q_j$  и  $Q_m$ —площади сечений ярма и сердеч-

ника. Беря из кривой намагничивания соответствующие  $aw$  на 1 см длины, получим:

$$AW_j = aw_j \cdot L_j \text{ и } AW_m = aw_m \cdot L_m.$$

Количество ампервитков для воздушного зазора ( $AW_l$ ) при гладком ярке получается по формуле:

$$AW_l = 0,8 \cdot 2\delta \cdot B_j.$$

В воздушном зазоре зубчатых яркорей над зубцами образуются сгущения силовых линий, вследствие чего магнитная индукция у вершин зубцов ( $B_{max}$ ) превосходит  $B_j$ . Обозначив через  $k_1$  отношение этих величин, получим:

$$k_1 = \frac{B_{max}}{B_l}$$

Для зубчатого ярора можно написать:

$$AW_l = 1,6 \delta \cdot k_1 \cdot B_l = 1,6 \delta' \cdot B_l,$$

где  $\delta' = \delta \cdot k_1$ —расчетная величина воздушного зазора. Величину  $\delta'$  можно вычислить по ф-лам Кутта:

$$\delta' = \delta \cdot \frac{t_1}{l_1 - m_y}$$

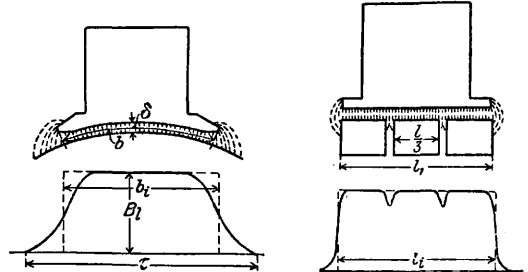
и

$$y = \frac{2}{\pi} \left[ \arctg \frac{m}{2\delta} - \frac{\delta}{m} \ln n \left( 1 + \frac{m^2}{4\delta^2} \right) \right],$$

где  $t_1$ —деление зубцов у вершин,  $m$ —ширина зубца. Средняя магнитная индукция  $B$  воздушного зазора определяется из формулы:

$$B_l = \frac{\Phi_a}{b_i \cdot l_i},$$

где  $b_i$  и  $l_i$  обозначают приведенные расчетные ширину и длину полюсного наконечника. Определение величины  $b_i$  производится



Фиг. 14.

Фиг. 15.

следующим способом: вычерчивается вероятное расположение силовых линий в между-железном пространстве (фиг. 14), при чем в части полюсной дуги  $b$  (фиг. 14), между скошенными краями наконечника, силовые линии могут считаться параллельными отрезками, равными воздушному зазору  $\delta$ . Трубки, выходящие из скошенных краев, имеют другие средние длину  $\delta_x$  и ширину  $b_x$ . Приведенная расчетная ширина полюса может быть вычислена из уравнения:

$$b_i = b + 2\delta \sum \frac{b_x}{\delta_x}.$$

Переходя к магнитному потоку вдоль оси яроя (фиг. 15), заметим, что вследствие вентиляционных каналов поток распределится неравномерно, и приведенная расчетная длина ( $l_i$ ) полюсного наконечника будет больше длины  $l$  активного железа. Приближенно можно принять

$$l_i = \frac{l + l_p}{2} + 2\delta,$$

где  $l$  является длиной активного железа якоря,  $l_p$  — длина полюсного наконечника.

При вычислении ампервитков зубцов различают два случая: магнитная индукция в зубцах  $B_z < 18\ 000$  и  $B_z > 18\ 000$ . Пренебрегая в первом случае частью магнитного потока, проходящего через паз, и предполагая, что весь поток проходит через железо зубца, получим магнитную индукцию  $B_z$  для какого-либо сечения зубца шириной  $z$  с зубцовым делением  $t$  из выражения

$$B_z = \frac{\Phi_a}{l \cdot z \cdot k_z \cdot \frac{b_i}{t_i}}$$

где  $\frac{b_i}{t_i}$  — число зубцов под полюсной дугой,  $t_i$  — зубцовое деление на окружности якоря,  $k_z$  — фактор, учитывающий толщину изоляции между листами динамного железа, равный  $0,88 \div 0,92$ . Принимая последнюю формулу, найдем максимальную и минимальную магнитные индукции:

$$B_{z\ max} = \frac{l_1 \cdot \Phi_a}{k_z \cdot z \cdot l \cdot b_i}; \quad B_{z\ min} = \frac{l_1 \cdot \Phi_a}{k_z \cdot z \cdot l \cdot b_i}$$

Беря из кривой намагничивания соответствующие ампервитки, получим:

$$AW_z = \frac{1}{2} L_z (aw_{z\ max} + aw_{z\ min})$$

Во втором случае, при  $B_z > 18\ 000$ , приходится учитывать то обстоятельство, что часть магнитного потока проходит через пространство паза. В противном случае получаются слишком большие индукции  $B_z$  и берутся преувеличен. значения ампервитков. Паршалль и Гобарт предложили разделить индукцию для каждого сечения зубца на теорети-

нию на основании последней ф-лы, для того чтобы к определенной величине теоретической индукции  $B_{zi}$  подыскать действительную  $B_{z0}$ . На фиг. 16 даны Арнольдом пять кривых для различных величин  $k_3$ , показывающих соотношение между  $B_{zi}$  и  $B_{z0}$  и дающих возможность для каждой величины  $B_{zi}$  получить соответствующие ампервитки из кривой  $aw = f(B_{z0})$ .

Указанные кривые соответствуют динамной стали высокой магнитной проницаемости. Более точно можно определить  $AW$ , разделив высоту зубца на несколько частей и определив для каждого сечения теоретич. магнитную индукцию и соответствующие ампервитки. Построив кривую зависимости между высотой зубца и  $aw_z$  (фиг. 17), получим площадь:

$$S = 0,8 \int_0^{0,5 L_z} H dl = \frac{1}{2} L_z aw_z$$

и

$$AW_z = L_z \cdot aw_z$$

Т. к. кривая по своей форме приближается к параболе, то, определив  $aw_z$  у основания, вершины и середины зубца, можно получить  $AW_z$ , пользуясь теоремой Симпсона:

$$AW_z = L_z \cdot \frac{aw_{z\ min} + 4 aw_z + aw_{z\ max}}{6}$$

III. Реакция якоря. При прохождении тока через обмотку якоря ампервитки якоря оказывают на магнитную цепь динамомашин магнетизирующее воздействие, называемое реакцией якоря.

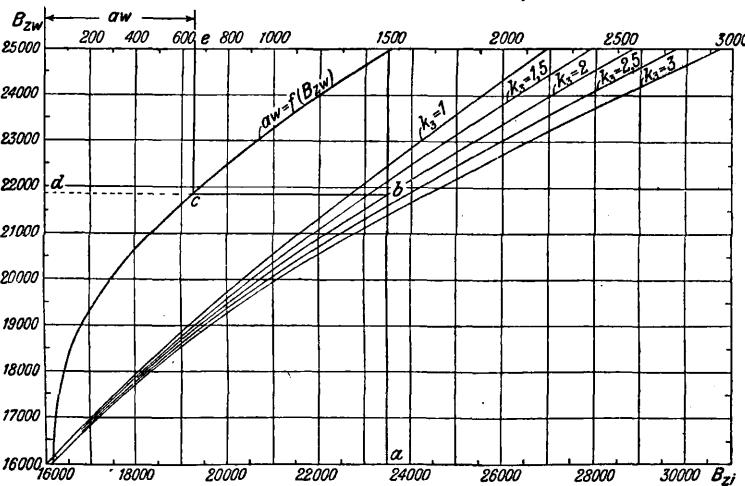
Когда щетки расположены в нейтральной зоне и ток течет только в обмотке якоря, его ампервитки образуют так называемый поперечный магнитный поток (фиг. 18), силовые линии  $C$  которого замыкаются, проходя через междужелезное пространство и полюсы. Обозначим через  $B_x$  магнитную индукцию якорного поля на расстоянии  $x$  от средней линии полюса. Пренебрегая магнитным сопротивлением железа полюса и якоря, можем написать:

$$2x \cdot AS = 1,6 \delta B_x,$$

где  $AS$  — линейная нагрузка якоря, равная числу ампервитков обмотки якоря, проходящемуся на  $n$  см длины окружности якоря. Отсюда:

$$B_x = \frac{2x \cdot AS}{1,6 \delta} = x \cdot Const,$$

т. е. равномерно распределенный по окружности якоря ток образует в междужелезном пространстве поле, изменяющееся по закону прямой линии (фиг. 18). Но т. к. индуктор состоит из отдельных полюсов, то кривая



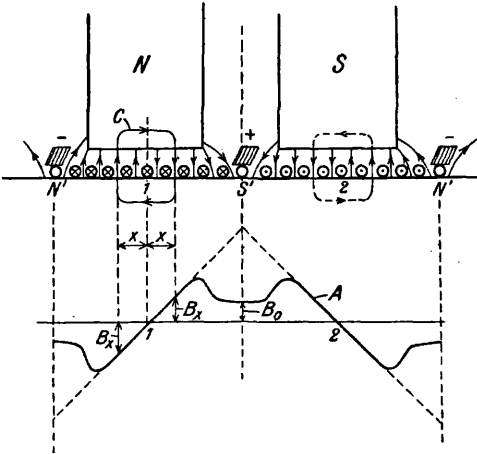
Фиг. 16.

ческую ( $B_{zi}$ ) и действительную ( $B_{z0}$ ). Теоретическая индукция соответствует прохождению полного потока через сечение зубца. Можно написать ур-ие:

$$B_{z0} = B_{zi} - k_3 H_w,$$

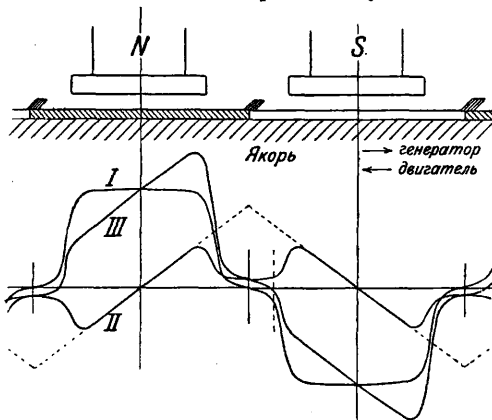
где  $k_3 = \frac{l_1 \cdot t}{l \cdot k_z \cdot z} - 1$  ( $l_1$  — длина железа якоря с вентиляционными клапанами,  $l$  — без вентиляционных клапанов),  $H_w$  — напряженность магнитного поля в пазу. Соотношение между  $B_{z0}$  и  $H_w$  лучше всего м. б. выражено в виде диаграммы, к-рая поддается постро-

распределения магнитной индукции сохраняет характер прямой линии непосредственно под полюсами, и то лишь в том случае, если полюсные наконечники и зубцы якоря не слишком насыщены. В междуполосном



Фиг. 18.

пространстве кривая магнитной индукции принимает седлообразную форму. Складывая равномерный магнитный поток *I*, образуемый полюсами (фиг. 19), с потоком якоря *II*, получим результирующий магнитный поток *III*. Как видно из фиг. 19, искажение магнитного поля возбуждения выражается в сгущении потока у одной части полюсного наконечника и разрежении у другой части его, а также в смещении нейтральной на некоторый угол. Площадь результирующего потока *III* (если пренебречь магнитн. сопротивлением железа якоря и полюсн. наконечника) равна площади кривой *I*. Чем больше смещаются щетки относительно геометрич. нейтральной, тем более ослабляется магнитный поток возбуждения. Максимум ослабления достигается при сдвиге щеток до средней линии полюсов. Благодаря сдвигу щеток из



Фиг. 19.

нейтральной часть обмотки якоря, соответствующая двойному углу сдвига ( $2\beta$ ), образует продольное магнитное поле, ось которого совпадает с осью магнитов возбуждения. С целью уменьшения искрения щетки приходится смещать так, чтобы продольные ампервитки

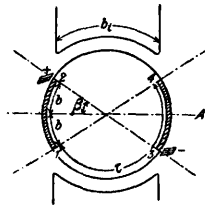
действовали на поле возбуждения размагничивающим образом. Рассматривая двухполюсную машину (фиг. 20) и обозначив через  $2b$  (в см) часть окружности якоря, соответствующую двойному углу ( $2\beta$ ) сдвига щеток, получим продольные ампервитки якоря  $AW_i$

$$AW_i = 2b \cdot AS = \frac{2\beta}{360} \cdot \pi \cdot D \cdot AS.$$

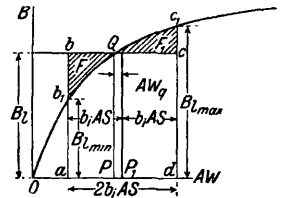
Чтобы компенсировать размагничивающее действие продольных ампервитков, необходимо соответственно увеличить возбуждение. Другая часть обмотки якоря, образованная поясами токов 1—3 и 2—4, создает поперечное магнитное поле, ось которого перпендикулярна к оси полюсов. Чтобы выяснить влияние поперечного поля, можно поступить след. обр.: на кривой намагничивания (фиг. 21) данной машины отложим среднюю магнитную индукцию в воздушном зазоре:

$$B_l = \frac{\Phi_a}{b_i \cdot l_i},$$

где  $\Phi_a$  соответствует наводимой эдс  $E$  при нагрузке. Тогда магнитной индукции  $B_l$  будут соответствовать ампервитки  $OP$ . У генераторов у входной части полюса (у двигателей—наоборот) получается ослабление ампервитков возбуждения на величину  $b_i AS$ ,



Фиг. 20.



Фиг. 21.

а у выходной—такое же усиление. Т. к. площадь прямоугольника  $abcd$  пропорциональна  $b_i B_l$ , то она является также величиной, определяющей магнитный поток полюса:

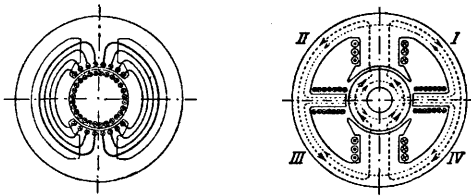
$$\Phi_a = l_i \cdot b_i \cdot B_l.$$

Для того чтобы магнитн. поток не претерпевал изменения, необходимо, чтобы площадь прямоугольника была равна площади  $a b_i c_1 d$ , т. е., чтобы площади  $F_1$  и  $F'$  были равны. Откладывая величину  $2b_i \cdot AS$  на ординате таким образом, чтобы вышестоявшее условие, получим величину ампервитков  $AW_q = PP_1$ , на которую надо увеличить возбуждение, чтобы удержать  $\Phi_a$  на постоянной высоте. Из диаграммы получаем также  $B_{l, min}$  и  $B_{l, max}$ . В части поверхности якоря 1—2 и 3—4 поперечное магнитное поле усиливается за счет ампервитков:

$$2(\tau - 2b) \cdot AS.$$

Это усиление магнитного поля, по мере увеличения нагрузки, вызывает дальнейшее смещение нейтральной зоны. В интересах лучшего использования якоря и достижения наименьшего напряжения между коллекторными пластинами стремятся сохранить под главными полюсами постоянное и равномерное магнитное поле. Это отчасти достигается применением компенсирующей обмотки, которая закладывается в пазы полюсных наконечников (фиг. 22).

Магнитное действие компенсирующей обмотки равно и прямо противоположно магнитодвижущей силе обмотки якоря. Принимая во внимание рассеяние магнитного потока, образуемого компенсационной обмоткой, линейную нагрузку  $AS_k$  компенсационной обмотки обычно берут несколько высшей против нагрузки якорной, хотя это и ведет к некому ослаблению магнитного потока возбуждения. Путем применения добавочных полюсов, вместо компенсационной обмотки, также можно достичь хорошего коммутирующего поля. Добавочные полюсы располагаются по нейтральной линии и снабжаются обмоткой, соединенной последовательно с обмоткой якоря (фиг. 23). Магнитный поток, образуемый добавочными



Фиг. 22.

Фиг. 23.

полюсами, компенсирует часть поперечного потока якоря, соответствующую приблизительно ширине сердечника добавочного полюса. Полярность добавочных полюсов та же, что у главных полюсов, в сторону к-рых вращается якорь. Магнитные потоки, возбуждаемые главным и добавочным полюсами, а также якорной обмоткой, перекрываются друг с другом в железе якоря и ярма. Из фиг. 23, где магнитный поток, образуемый якорной обмоткой, для отчетливости чертежа не обозначен, видно ослабление потока в ярмах и якоря в I и III квадрантах и усиление во II и IV.

Обозначив через  $\frac{\Phi_m}{2}$  и  $\frac{\Phi}{2}$  поток добавочного и главного полюсов в якорном железе, к-рым соответствует средняя магнитная индукция якоря  $B_a$ , получим результирующую магнитную индукцию в I и III квадрантах:

$$B'_a = \frac{\Phi - \Phi_m}{\Phi} \cdot B_a$$

и во II и IV:

$$B''_a = \frac{\Phi + \Phi_m}{\Phi} \cdot B_a$$

Точно так же в ярмах получим результирующую индукцию в I, III и II, IV квадрантах:

$$B'_j = \frac{\Phi_k - \Phi_{mk}}{\Phi_k} \cdot B_j,$$

$$B''_j = \frac{\Phi_k + \Phi_{mk}}{\Phi_k} \cdot B_j,$$

где  $\Phi_k$  и  $\Phi_{mk}$  — магнитные потоки у вершины вспомогательного и главного полюсов. Обозначим через  $H'$  и  $H''$  напряженности магнитного поля, взятые из кривой намагничивания, соответствующие индукциям  $B'$  и  $B''$ , и через  $L$  — среднюю длину пути потока в якоря или ярма. Добавочное магнитное напряжение ( $V'_w$ ), вызывающее прохождение потока добавочных полюсов в якоря и ярма, может быть выражено формулой:

$$V'_w = \frac{H'' - H'}{2} \cdot L.$$

В главных полюсах влияние потока добавоч-

ных полюсов отражается на магнитной характеристике. Добавочное магнитное напряжение главных полюсов  $V'_H$  может быть при нагрузке выражено формулой

$$V'_H = \frac{H'' + H'}{2} \cdot L.$$

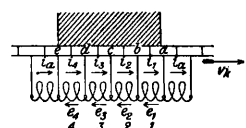
В общем, в машинах с дополнительными полюсами при нагрузке происходит падение напряжения вследствие наложения магнитного потока добавочных полюсов. Для покрытия указанного падения напряжения магнитное напряжение в главных полюсах д. б. усилено, согласно выводу Рихтера, на величину

$$(V_{H_a} - 1)V_a + (V_{H_j} - 1)V_j,$$

где  $V_H = \frac{H'' + H'}{2}$ ;  $H$  — напряженность магнитного поля при средней индукции  $B$ , равной  $\frac{B' + B''}{2}$ ,  $V$  — магнитное напряжение в цепи главных полюсов (индексы  $a$  и  $j$  указывают на якоря и ярма). Так как магнитная характеристика вспомогательных полюсов должна идти по прямой линии, то магнитные насыщения для якоря и ярма принимают достаточно малыми (примерно,  $B \leq 10\,000$  гаусс для динамной стали и 8 000 для чугуна), а падение напряжения в большинстве случаев ничтожно, и им можно пренебречь.

С экономич. точки зрения, машина с добавочными полюсами выгоднее машины с компенсационной обмоткой; с точки зрения технической, они могут считаться равноценными. В случаях особенно затруднительной коммутации, напр., в турбинных генераторах, двигателях с ударной нагрузкой, быстроходных машинах и т. п., применяется компенсационная обмотка совместно с дополнительными полюсами. В этом случае  $AS_k = AS$  и, кроме того, между  $AS$  и  $AW_k$  (числом ампервитков для воздушного зазора и зубцов под серединой дополнительного полюса) при всяких изменениях нагрузки сохраняется пропорциональность. При таких условиях возможно поддерживать под главными полюсами магнитный поток постоянным, получить наиболее выгодные условия для коммутации и лучше использовать якоря.

**IV. Коммутация.** Во всякой  $2p$ -полюсной Д. каждая секция обмотки якоря в течение одного оборота замыкается  $2p$  раз на короткое, и ток в ней столько же раз коммутируется. В период коммутации сила тока в секции претерпевает изменения как по величине, так и по направлению, переходя от значения  $+i_a$  через 0 к  $-i_a$ . Вследствие этого общего изменения тока на  $+i_a - (-i_a) = +2i_a$  в короткозамкнутых секциях находятся эдс самоиндукции и взаимоиנדукции, стремящиеся замедлить изменение силы тока. Кроме того, в отдельных короткозамкнутых секциях вследствие их движения в магнитном



Фиг. 24.

поле находятся эдс  $e_1, e_2, e_3$  и т. д. (фиг. 24). Пренебрегая омич. сопротивлением катушек, можно для четырех короткозамкнутых секций вывести следующее дифференциальное уравие, выражающее мгновенные значения по-

тенциалов ( $P$ ) между щеткой и коллекторными пластинками  $a, b, c, \dots$ , в результате наводимых эдс  $e_1, e_2, e_3, e_4$ , эдс самоиндукции  $L \frac{di}{dt}$  и взаимоиндукции  $L_x \frac{di_x}{dt}$ :

$$e_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{21} \frac{di_2}{dt} + L_{31} \frac{di_3}{dt} + L_{41} \frac{di_4}{dt} + \sum L_{x1} \frac{di_x}{dt} = P_2 - P_1;$$

$$e_2 + L_{12} \frac{di_1}{dt} + L_{22} \frac{di_2}{dt} + L_{32} \frac{di_3}{dt} + L_{42} \frac{di_4}{dt} + \sum L_{x2} \frac{di_x}{dt} = P_3 - P_2;$$

$$e_3 + L_{13} \frac{di_1}{dt} + L_{23} \frac{di_2}{dt} + L_{33} \frac{di_3}{dt} + L_{43} \frac{di_4}{dt} + \sum L_{x3} \frac{di_x}{dt} = P_4 - P_3;$$

$$e_4 + L_{14} \frac{di_1}{dt} + L_{24} \frac{di_2}{dt} + L_{34} \frac{di_3}{dt} + L_{44} \frac{di_4}{dt} + \sum L_{x4} \frac{di_x}{dt} = P_5 - P_4.$$

Обозначив через  $M(e_1), M(e_2), \dots$  средние значения наводимых эдс, через  $M(P_1), M(P_2)$  — средние значения разности потенциалов между коллектором и щеткой в период  $T$  приближения коллектора на одно деление  $\beta$ , можно из вышеуказанных дифференциальных уравнений с известным приближением вывести:

$$M(e_1) - \frac{2i_a}{T} (L_m + L'_m) = M(P_2) - M(P_1),$$

$$M(e_2) - \frac{2i_a}{T} (L_m + L'_m) = M(P_3) - M(P_2),$$

$$M(e_3) - \frac{2i_a}{T} (L_m + L'_m) = M(P_4) - M(P_3),$$

где  $L_m$  представляет собой среднее значение коэф-та самоиндукции  $L_{11}, L_{22}, L_{33}, L_{44}, L_{24}, L_{34}$ , а  $L'_m$  — среднее значение коэф-тов взаимной индукции секций, замкнутых на короткое последующей щеткой обратного диска.

Значения  $M(P_1), M(P_2), \dots$  м. б. определены экспериментальным путем. Они лежат на потенциальной кривой коллектора. Так,  $M(P_1)$  представляет собой среднее значение разности потенциалов между главной и вспомогательной (узкой) щеткой, лежащей у сбегающего края главной щетки;  $M(P_2)$  представляет среднюю разность потенциалов между главной и вспомогательной щеткой, отстоящей от сбегающего края главной на одно деление, и т. д. Обозначив через  $M(P_2)$  средние значения разности потенциалов между главной щеткой и коллектором на набегающем крае щетки и через  $T_k$  — период короткого замыкания одной секции, можно написать следующее ур-ие:

$$\frac{S}{u} \cdot T_k \cdot \frac{n}{60} [M(e) - \frac{2i_a}{T} (L_m + L')] = M(P_2) - M(P_1),$$

где  $S$  — число всех индуктируемых сторон секций якоря,  $u$  — число индуктируемых сторон одной секции и  $M(e)$  представляет среднее значение эдс, наводимой в одной секции в период короткого замыкания от движения секции в магнитном поле.

$$e_r = \frac{2i_a}{T} (L_m + L'_m)$$

носит название реактивной электро-движущей силы. Как вывод из предыдущего

изложения получаем следующие уравнения:

$$M(e_1) - e_r = M(P_2) - M(P_1),$$

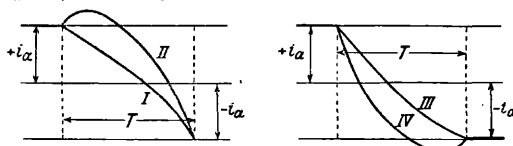
$$M(e_2) - e_r = M(P_3) - M(P_2),$$

$$\frac{S}{u} T_k \frac{n}{60} [M(e) - e_r] = M(P_2) - M(P_1).$$

Наиболее выгодные условия коммутации получаются, если все значения  $M(P)$  равны между собой. Это возможно только при постоянстве коммутирующего магнитного поля, что практически недостижимо без применения дополнительных полюсов и компенсационной обмотки. Коммутация в естественном поле наиболее выгодна в том случае, если средние потенциалы на сбегающем и набегающем краях щетки равны между собой, или, что то же, если реактивная эдс  $e_r$  равна средней коммутирующей  $M(e)$ , к-рую в дальнейшем будем обозначать через  $e_k$ , т. е.

$$e_r = e_k = \frac{2i_a}{T} (L_m + L'_m).$$

Если коммутирующая эдс  $e_k < e_r$ , то преобладающее действие самоиндукции выразится в замедлении коммутации. При значительном перевесе  $e_r$  над  $e_k$ , ток  $i$ , вместо того чтобы уменьшиться под действием  $e_k$ , начинает увеличиваться (фиг. 25, I и II). При  $e_k > e_r$  темп уменьшения тока ускоряется.



Фиг. 25.

При очень большом преобладании  $e_k$  над  $e_r$  ток в секции может достиг значения  $-i_a$  ранее конца периода коммутации и даже возрасти до больших значений (фиг. 25, III и IV). Для расчета эффективной реактивной эдс  $e_s$  рядом авторов были предложены следующие формулы, являющиеся развитием основной формулы для  $e_r$ :

$$e_s = 0,8 \frac{\beta}{b_r} \cdot \frac{Z}{K} \cdot l_i \cdot v \cdot AS \cdot \lambda_L \cdot 10^{-6}$$

(Арнольд), где  $\beta$  — коллекторное деление,  $b_r$  — ширина щетки, приведенная к простой параллельной обмотке,  $\lambda_L = \lambda_n + \lambda_k + \lambda_s \cdot \frac{l_s}{l_i}$ ;  $\lambda_n$  — удельная проводимость паза,  $\lambda_k$  — удельная проводимость вершин зубцов,  $\lambda_s$  и  $l_s$  — удельная проводимость и длина торцевых соединительных секций,  $l_i$  — теоретич. длина якоря;

$$e_s = \frac{\beta}{b_1} \cdot \frac{N}{K} \cdot l_i \cdot v \cdot AS (\lambda_q + \lambda_L) \cdot 10^{-6}$$

(Фишер-Гиннен), где  $b_1$  — ширина щетки,  $\lambda_q$  — удельная проводимость поля якоря в коммутирующей зоне;

$$e_s = 2 \cdot \frac{N}{K} \cdot l_i \cdot v \cdot AS \cdot \lambda_N \cdot 10^{-6}$$

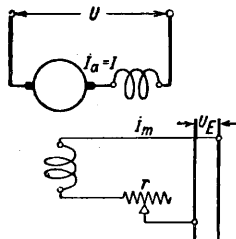
(Пихельмайер-Сенстиус), где

$$\lambda_N = \lambda_n + \lambda_k + 0,5 \lambda_s \cdot \frac{l_s}{l_i}.$$

То же значение для коммутации, как и реактивная эдс, имеет среднее максимальное напряжение ( $P$ ) между соседними коллекторными пластинками. Обычно с  $P_{max}$  не идут дальше 25—30 V и соответственно  $P_{ср.}$  редко выше 15—20 V. Чем больше  $P_{max}$  и  $P_{ср.}$ , тем меньше должно быть выбрано  $e_s$ , и наоборот.

### В. Способы возбуждения, характеристики и применения Д. постоянного тока.

1) Д. с независимым возбуждением получают возбуждающий ток от совершенно независимого источника с постоянным напряжением  $U_E$  (фиг. 26). Сила тока  $I_m$  возбуждения не зависит от напряжения  $U$  на борнах динамомашин и регулируется изменением сопротивления  $r$ , введенного в цепь обмотки возбуждения. Добавочные полюсы и компенсационная обмотка, если они имеются, включаются последовательно с обмоткой якоря. Сила тока внешней цепи  $I_a$  равна якорному току  $I_a$ .

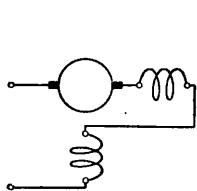


Фиг. 26.

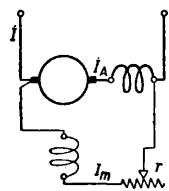
2) Д. с последовательным возбуждением (Series) имеют якорь, соединенный последовательно с обмоткой полюсов (фиг. 27).

3) В Д. с параллельным возбуждением (Shunt) обмотка магнитов включена параллельно якорной обмотке (фиг. 28).

4) Д. со смешанным возбуждением (Compound) имеют как шунтовую



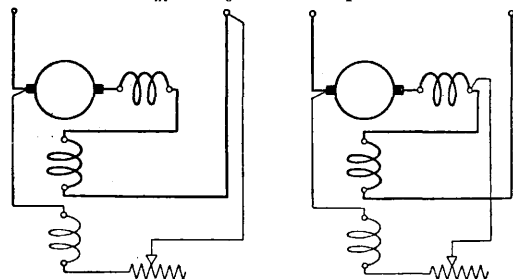
Фиг. 27.



Фиг. 28.

обмотку возбуждения, так и последовательную (фиг. 29). Шунтовая обмотка м. б. присоединена либо к зажимам Д., либо к зажимам якорной обмотки. Обмотки дополнительных полюсов и компенсационная, если они имеются, включаются последовательно в цепь якоря.

Различают следующие виды характеристики: 1) Характеристика холостого хода генераторов—выражает зависимость между напряжением  $U$  на борнах машины и ампервитками магнитов  $AW_m$  или силой тока  $I_m$  возбуждения при силе тока во



Фиг. 29.

внешней цепи  $I=0$  и постоянном числе оборотов  $n$ . Характеристика холостого хода двигателей дает соотношение между эдс  $E_0$  якоря и силой тока  $I_m$  возбуждения, при моменте вращения равном Const и постоянном

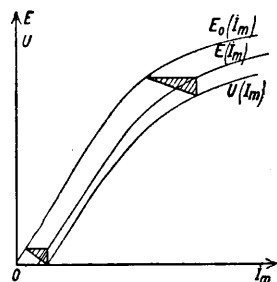
числе оборотов  $n$ . 2) Нагрузочная характеристика генераторов выражает связь между напряжением  $U$  на борнах и силой тока  $I_m$  возбуждения при  $I=Const$  и  $n=Const$ . Нагрузочная характеристика двигателей дает соотношение между числом оборотов  $n$  и силой тока  $I_m$  возбуждения при  $U=Const$ ,  $E_k=Const$  и  $M=Const$ . 3) Внешняя характеристика генераторов показывает зависимость напряжения  $U$  на борнах от силы тока  $I$  во внешней цепи машины при  $n=Const$  и силе тока возбуждения  $I_m=Const$ . Внешняя, или скоростная, характеристика двигателей представляет зависимость числа оборотов двигателя от внешнего момента вращения  $M$  или силы тока в якоря  $I_a$ , при  $U=Const$  и  $I_m=Const$ . 4) Регулировочная характеристика генераторов дает соотношение между  $I_m$  и силой тока во внешней цепи  $I$  при  $U=Const$  и  $n=Const$ . В двигателях эта характеристика показывает зависимость, при тех же постоянных величинах, силы тока возбуждения  $I_m$  от момента вращения  $M$  или силы тока в якоря  $I_a$ .

Характеристики и применения Д. как генераторов холостого пост. тока.

1) Характеристика холостого хода Д. с независимым возбуждением идентична с кривой намагничивания в том случае, если щетки находятся в нейтральной зоне и обмотка не выполнена с укороченным шагом. При сдвиге щеток из нейтральной зоны на угол  $\beta$ , отсчитываемый по окружности якоря, так чтобы продольные ампервитки  $AW_1$  якорной обмотки были прямо противоположны ампервиткам  $AW_m$  индуктора, из характеристики холостого хода генератора  $E_0(I_m)$  (фиг. 30) можно построить его внутреннюю нагрузочную характеристику  $E(I_m)$ , сдвигая кривую  $E_0(I_m)$  параллельно абсциссе на величину

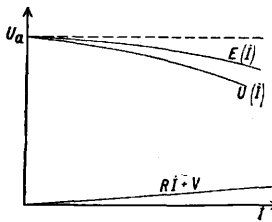
$$\frac{AW_1 + AW_q}{w_m},$$

где  $w_m$ —число витков обмотки пары магнитных полюсов. Из внутренней нагрузочной характеристики  $E(I_m)$ , при постоянном якорном токе  $I_a=I$ , получается внешняя нагрузочная характеристика  $U(I_m)$  путем сдвига точек кривой  $E(I_m)$  параллельно оси ординат на омическую потерю напряжения в цепи якоря. Последняя складывается из потерь напряжения в обмотке якоря  $RI$  и напряжения  $V$  переходного сопротивления щеток, т.е. омическая потеря напряжения равна  $RI+V$ . Заштрихованный тр-к носит название характеристик. тр-ка. Изменение нагрузки генератора вызывает изменение напряжения  $U$  вследствие изменения падения напряжения в обмотке якоря и в контактах щеток  $RI+V$  и вследствие изменения влияния реакции якоря. Внешняя характеристика  $U(I)$  и внутренняя характеристика генератора



Фиг. 30.

$E(I)$  с независимым возбуждением (фиг. 31) показывают постепенное падение эдс  $E$  и еще большее падение напряжения на борнах  $U$  в зависимости от увеличения  $I$ . Внутренняя характеристика  $E(I)$  получается из внешней путем прибавления к ординатам



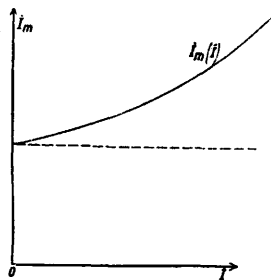
Фиг. 31.

величины падения напряжения в якоре и щетках  $RI + V$ . Разница между напряжением на борнах при холостом ходе и наводимой эдс  $E$  происходит от потери напряжения вследствие реакции якоря. Для того чтобы поддерживать напряжение  $U$  постоянным при разных нагрузках, необходимо по мере увеличения нагрузки генератора увеличивать силу тока возбуждения  $I_m$  путем уменьшения сопротивления  $r$  в цепи обмотки возбуждения. Из кривых  $U(I_m)$ , построенных для различных сил тока  $I$ , можно получить при  $U = \text{Const}$  и  $n = \text{Const}$  соответств. токи возбуждения  $I_m$  (фиг. 32). Это и будет регулировочная характеристика  $I_m(I)$  генератора, имеющая значение для определения ступеней сопротивления регулирующего реостата.

Генераторы с независимым возбуждением могут без затруднения работать параллельно на линию с постоянным напряжением при условии сохранения постоянства числа оборотов якоря. Распределение нагрузки на параллельно работающие генераторы производится путем регулирования тока возбуждения. Эдс  $E$  генератора, отдающего в линию ток  $I$ , уменьшается на величину падения напряжения от омич. сопротивления  $R$  обмотки якоря и напряжения  $V$  переходного сопротивления щеток. Напряжение на борнах  $U$  генератора с независимым возбуждением выражается ф-лой:

$$U = E - (RI + V).$$

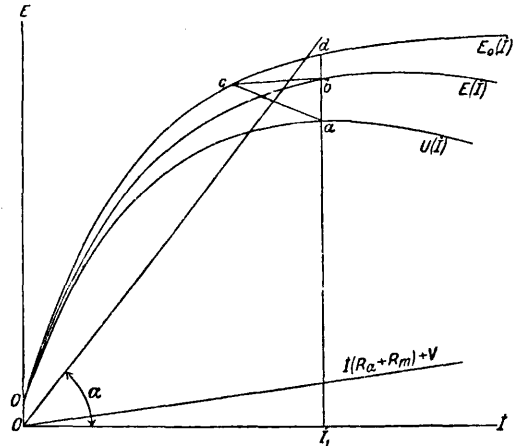
Независимое возбуждение применяется в генераторах, у которых магнитная система, полюса и ярмо изготовляются из динамной стали (листовой), не имеющей остаточного магнетизма, вследствие чего машина не имеет способности самовозбуждения, как, например, в турбинных генераторах постоянного тока. Генераторы с независимым возбуждением часто устанавливаются на электростанциях, т. к. они менее подвержены колебаниям напряжения при различных нагрузках, нежели генераторы с самовозбуждением и, кроме того, при включении они быстрее достигают нормального напряжения. Особенно распространено применение независимого возбуждения в таких генераторах постоянного



Фиг. 32.

тока, в которых необходимо в широких пределах регулировать напряжение на зажимах, а следовательно, и ток возбуждения, например, в вольтодобавочных машинах, пусковых (регулирующих) генераторах, уравнительных машинах и т. п.

2) Характеристики холостого хода и нагрузочная генератора с последовательным возбуждением могут быть сняты только при питании обмотки полюсов от независимого источника, так как при разомкнутой внешней цепи такой генератор возбуждается очень слабо за счет остаточного магнетизма полюсов. Внешняя характеристика в генераторах с последовательным возбуждением отличается той особенностью, что с увеличением нагрузки генератора растут наводимая в якоре эдс  $E$  и напряжение на зажимах  $U$ . Происходит это оттого, что через обмотку полюсов проходит полный ток якоря. На фиг. 33 изображены характеристики: холостого хода  $E_0(I)$ , внутренняя  $E(I)$  и внешняя  $U(I)$ . Внутренняя и внешняя характеристики получаются из характеристики холостого хода, если сделать допущение, что



Фиг. 33.

реакция якоря изменяется пропорционально нагрузочному току. Тогда м. б. построен характеристич. тр-к  $abc$ , в к-ром катет  $ab$  равен падению напряжения от омич. сопротивления обмоток якоря и полюсов и переходного сопротивления щеток для определенного тока  $I_1$ :

$$ab = I_1(R_a + R_m) + V,$$

а катет  $bc$  равен силе тока, компенсирующей реакцию якоря, т. е.

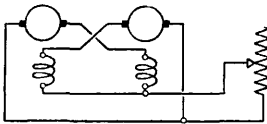
$$bc = \frac{AW_r}{w_m}.$$

При изменении нагрузочного тока пропорционально изменяются все три стороны треугольника, при чем катет  $bc$  передвигается параллельно самому себе, описывая точкой  $c$  кривую холостого хода, а точкой  $a$  — внешнюю характеристику. Если известна внешняя характеристика  $U(I)$  для определенного числа оборотов  $n$ , то из нее можно вывести внешнюю характеристику для любого числа оборотов  $n'$ . Т. к. магнитный поток для определенной силы тока в якоре постояен, то

наводимые при том же токе в якоре эдс будут пропорциональны числам оборотов:

$$\frac{E}{E'} = \frac{n}{n'} = \frac{U + I(R_a + R_m) + V}{U' + I'(R_a + R_m) + V}$$

Рассматривая внешнюю характеристику, можно сделать вывод, что в разомкнутом состоянии генератор не возбуждается и что только при уменьшении внешнего сопротивления до нек-рой величины начинается возбуждение машины. Работа генератора с последовательным возбуждением становится устойчивой, когда уменьшение внешнего сопротивления приводит к работе в той части характеристики, в к-рой изменения  $\text{tg } \alpha$  мало влияют на колебания напряжения. Дальнейшее уменьшение внешнего сопротивления вызывает быстрый рост силы тока, который может достичь величины, опасной для целостности обмотки якоря. Параллельное соединение генераторов с последовательным возбуждением встречает затруднения потому, что повышение силы тока в одном генераторе, напр. вследствие увеличения числа оборотов, немедленно влечет за собою увеличение в нем эдс, к-рое, в свою очередь, вызывает увеличение силы тока, а следовательно и дальнейший рост эдс. Т. о., другие параллельно включенные генераторы разгрузятся и будут работать в качестве двигателей. Во избежание этого можно возбуждательные обмотки генераторов соединить накрест (фиг. 34); тогда увеличение силы тока в якоре одной машины вызовет усиление тока в якоре другой. Генераторы с последовательным возбуждением не применяются для зарядки аккумуляторн. батарей, так как если эдс генератора по какой-нибудь причине упадет, например, вследствие уменьшения оборотов в машине, и эдс батареи окажется выше, то генератор изменит свою полярность и будет работать как двигатель, разгружая батарею.



Фиг. 34.

Генераторы с последовательным возбуждением не нашли широкого применения, если не считать предложенной Тюри системы электропередачи с постоянной силой тока и изменяющимся напряжением, выполняемой Atelier de Sécheron в Женеве.

При прочих равных условиях потери на нагревание в кабелях, передающих энергию постоянным током по серийной системе, сравнительно с трехфазной системой, составляют всего 32% (принимая коэфф. мощности при трехфазном токе  $\cos \varphi = 0,8$ ). Кроме того, отпадают неизбежные при трехфазном токе потери повышающих и понижающих трансформаторов и диэлектрич. потери в изоляторах и кабелях. Указанные преимущества серийной системы могут дать толчок к развитию интереса к генераторам высокого напряжения с последоват. возбуждением.

3) При вращении вхолостую якоря генератора с параллельным возбуждением и  $e$  в магнитном поле, образуемом остаточным магнетизмом полюсов, в замкнутой цепи якорной и возбуждательной обмоток индуцируется постепенно нарастающий ток

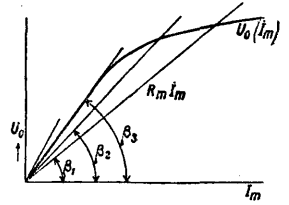
(электродинамич. принцип, впервые установленный Сименсом в 1880 г.). По мере насыщения магнитов сила тока и магнитный поток ослабевают в своем росте, пока не наступает состояние равновесия при холостом ходе, к-рое м. б. выражено ур-ием:

$$E_0 = (R_a + R_m) I_a + V,$$

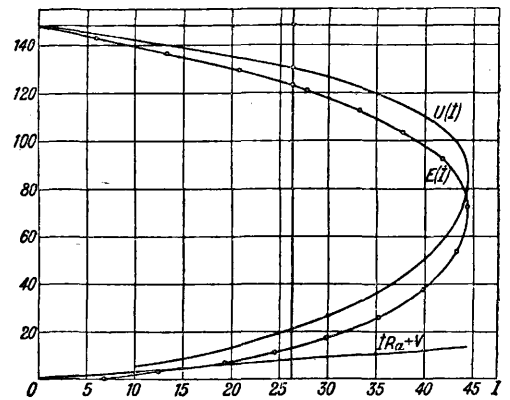
при чем  $I_a = I_m$ . Эдс  $E_0$ , наводимая в якоре при холостом ходе, отличается на ничтожную величину от напряжения  $U_0$  на зажимах при холостом ходе, которое м. б. непосредственно измерено. Проведем несколько прямых (фиг. 35) через начало координат под углом  $\beta$  до пересечения их с характеристикой холостого хода  $U_0(I_m)$ ; эти прямые выражают напряжение  $U$  на зажимах в зависимости от тока возбуждения  $I_m$ :

$$\frac{U}{R_m} = I_m, \text{ или } \frac{U}{I_m} = \text{tg } \beta = \text{Const.}$$

Как видно из фиг., в нижней части характеристики генератор не может работать устойчиво, т. к. при небольшом увеличении числа оборотов или уменьшении сопротивления  $R_m$  напряжение возрастет до перегиба характеристики холостого хода. Наоборот, при ничтожном падении числа оборотов или увеличении сопротивления напряжения машины упадет до нуля. Во избежание этого генераторы с параллельным возбуждением рассчитываются таким образом, чтобы их характеристики холостого хода и в нижней своей части имели достаточную кривизну. Это достигается тем, что в отдельных элементах магнитной цепи допускают, при сравнительно слабом возбуждении, значительные насыщения на небольших участках. Кривая  $U(I)$  (фиг. 36) изображает внешнюю характеристику шунтового генератора. По мере увеличения нагрузочного тока напряжение генератора падает. Т. к. возбуждающий ток  $I_m$  понижается вместе с напряжением на зажимах, то падение внешней характеристики



Фиг. 35.



Фиг. 36.

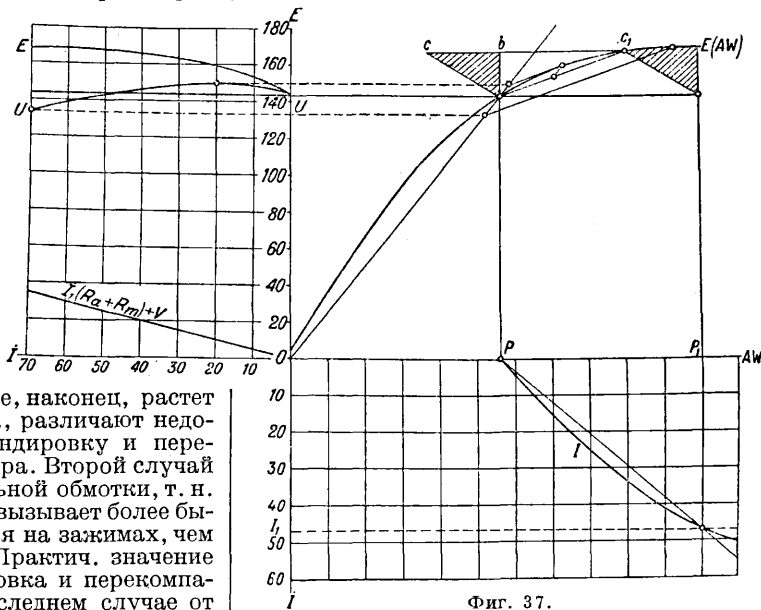
идет быстрее, чем в генераторе с независимым возбуждением. Уменьшая внешнее сопротивление, можно достичь до такой величины  $R$ , при к-рой всякое дальнейшее его



уменьшение вызовет не только падение напряжения, но и уменьшение силы тока. Прибавляя к внешней характеристике потерю напряжения от омич. сопротивления  $R I_a + V$  якорной цепи, получим наводимую в якоре эдс. Шунтовый генератор—наиболее распространенный из всех генераторов постоянного тока. К ценным его качествам следует отнести: самовозбуждение при разомкнутой внешней цепи и способность поддерживать до известных пределов постоянство напряжения при изменениях нагрузки, без помощи регулирующего возбуждения реостата, а с помощью последнего—держать напряжение на определенной высоте при всякой нагрузке. При параллельной работе шунтовых генераторов между ними легко распределять нагрузку при помощи шунтовых регуляторов. Шунтовый генератор хорошо выдерживает ток короткого замыкания: он быстро размагничивается, ограждая якорь от опасных перегрузок. Наконец, генератор с параллельным возбуждением обладает свойством не менять своего направления при работе генератором или двигателем; это делает удобным его применение для зарядки аккумуляторной батареи, так как, в случае уменьшения эдс генератора и питания его током из батареи в обратном направлении, машина не изменит своей полярности, потому что направление тока в обмотке магнитов остается неизменным.

4) В генераторах со смешанным возбуждением обе схемы возбуждения дают почти одни и те же результаты, т. к. потеря напряжения в последовательной обмотке и сила тока шунтового возбуждения очень малы. Обычно применяется первая схема. В зависимости от направления последовательной обмотки магнитный поток, образуемый ею, может усиливать или ослаблять поток шунтовой обмотки. В первом случае напряжение на зажимах генераторов или падает медленнее, чем в шунтовых генераторах, или остается более или менее постоянным, или же, наконец, растет вместе с нагрузкой. Т. о., различают недокомпандировку, компандировку и перекомпандировку генератора. Второй случай соединения последовательной обмотки, т. н. противокомпандировка, вызывает более быстрое падение напряжения на зажимах, чем в шунтовом генераторе. Практич. значение имеют лишь компандировка и перекомпандировка, при чем в последнем случае от компаундного генератора требуется покрытие потери напряжения в сети путем увеличения напряжения на зажимах с ростом нагрузки. Саморегулирование напряжения компаунд-генератора происходит оттого, что падение напряжения, вызываемое ростом нагрузочного тока  $I_1$  компенсируется повышающимся напряжением от прохождения  $I_1$  через последовательную обмотку напряжения. Характеристика холостого хода компаундного генератора такова же, как в шунтовом, т. к. при холостом ходе ток не проходит через последовательную обмотку. Внешняя характеристика получается графич. построением из характеристики холостого хода. На кривой характеристики, в точке, соответствующей нормальному напряжению генератора при холостом ходе, строится для определенного нагрузочного тока характеристич. тр-к, катеты которого соответственно равны ампервиткам  $A W_z$ , компенсирующим реакцию якоря, и омич. падению напряжения в якоре  $I_1(R_a + R_m) + V$ , где  $R_m$ —сопротивление последовательной обмотки (фиг. 37). Т. к. напряжение на зажимах  $U$  д. б. постоянным, то характеристич. тр-к передвигается параллельно самому себе до совпадения точки  $c$  треугольника с кривой  $E(AW)$ . Расстояние  $PP_1$  на ординате будет равняться последовательным ампервиткам, которые необходимо добавить для того, чтобы при нагрузочном токе  $I_1$  держать напряжение на зажимах постоянным. Гипотенуза характеристич. тр-ка соответствует нагрузочному току. Т. о., для каждого значения нагрузочного тока м. б. определены потребные ампервитки последовательной обмотки и изображены в виде кривой  $I$ . Т. к. ток, протекающий в последовательной обмотке, равно как и количество витков, постоянны, то кривая должна иметь характер прямой линии. Другими словами, внешняя характеристика не может быть изображена в виде прямой линии, а будет иметь характер кривой: напряжение  $U$  сначала поднимается, оставаясь

выше нормального, затем при нагрузочном токе  $I_1$  снова равняется заданному, а при дальнейшем возрастании нагрузки падает. Компаундные генераторы применяются на трамвайных станциях и в ряде других установок, где приходится иметь дело с колеблющейся и толчковой нагрузкой. Параллельное соединение компаундных генераторов возможно лишь при условии параллельного



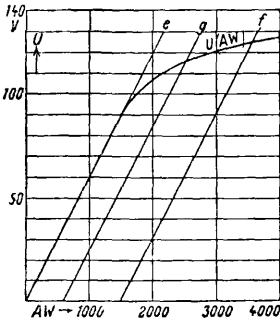
Фиг. 37.

выше нормального, затем при нагрузочном токе  $I_1$  снова равняется заданному, а при дальнейшем возрастании нагрузки падает.

Компаундные генераторы применяются на трамвайных станциях и в ряде других установок, где приходится иметь дело с колеблющейся и толчковой нагрузкой. Параллельное соединение компаундных генераторов возможно лишь при условии параллельного

соединения последовательных обмоток выравнивающим токи проводом. Для того чтобы параллельно соединенные генераторы принимали на себя нагрузку пропорционально своей номинальной мощности, они должны удовлетворять условиям: 1) сопротивления последовательных обмоток д. б. обратно пропорциональны номинальным мощностям генераторов; 2) процентное падение напряжения генераторов между холостым ходом и номинальной нагрузкой д. б. одинаково.

Генераторы с неизменяющейся силой тока. Во многих случаях является необходимым иметь ток постоянной силы при постоянном числе оборотов и меняющемся сопротивлении нагрузки в сети, как, напр., при электрической сварке вольтовой дугой, в прожекторах и т. п. Генератор Кримера вполне удовлетворяет указанным условиям. Система возбуждения Кримера имеет ту особенность, что на полюсах магнитов насажены три



Фиг. 38.

обмотки: последовательная, шунтовая и с независимым возбуждением. Магнитный поток, образуемый первой из них, направлен в сторону, противоположную потоку двух остальных. При постоянстве сопротивления шунтовой обмотки образуемые в ней самовозбуждением ампервитки должны расти пропорционально напряжению якоря. В координатах это может быть представлено в виде наклонной линии *e*, совпадающей с нижней частью кривой намагничивания генератора, для чего необходимо соответствующим образом подобрать сопротивление шунтовой обмотки. До начала поворота кривой нужные ампервитки образуются одной шунтовой обмоткой. При такой характеристике генератор работал бы совершенно неустойчиво, и дальнейшее повышение его напряжения не было бы возможно. Путем прибавления ампервитков от независимого возбуждения можно поднять напряжение до величины, определяемой пересечением характеристики *U* (*AW*) с линией *f*, параллельной *e* и отсекающей на оси ординат ампервитки независимого возбуждения (фиг. 38). При нагрузке генератора нагрузочный ток пройдет через последовательную обмотку и образует противокомпаундные ампервитки, так что результирующие ампервитки м. б. представлены в виде прямой *g*. Расстояние между линиями *f* и *g* соответствует противокомпаундным ампервиткам и реакции якоря. Сила тока растет пропорционально увеличению расстояния между линиями *f* и *g*, а напряжение падает до тех пор, пока отношение между напряжением и силой тока не будет равно внешнему сопротивлению. Наибольшая сила тока достигается при совпадении линии *g* с линией *e*. Величина этого тока зависит от величины ампервитков независимого возбуждения. Усиливая незави-

симое возбуждение, достигают роста тока до того момента, пока образуемые им ампервитки не будут прямо противоположны ампервиткам независимого возбуждения. Поэтому, регулируя независимое возбуждение, можно получить любую величину тока, до максимального включительно.

Генератор Розенберга. В случаях, когда требуется ток постоянной силы, независимо от числа оборотов генератора, при постоянном внешнем сопротивлении и постоянном напряжении, весьма распространено применение генераторов с поперечным полем системы Розенберга. Эта машина применяется преимущественно в качестве генератора для освещения поездов, где она приводится в движение от оси вагона. Генератор Розенберга снабжен двумя группами щеток (фиг. 39): одна группа лежит в нейтральной зоне (*h, b*), другая — на средней линии полюсов (*B, B*). Первая группа замкнута на короткое, вторая присоединена к внешней сети. Возбуждение — независимое, питаемое от аккумуляторной батареи током постоянной силы. Магнитный поток обмотки возбуждения и поток, образуемый нагрузочным током *I*, проходящим через щетки *B, B* в обмотку якоря, действуют в диаметрально противоположных направлениях и дают результирующий продольный поток  $\Phi$ . В обмотке якоря индуктируется ток между щетками *b, b*, образующий поперечное поле  $\Phi_q$ , замыкаемое через полюсные наконечники. В обмотке якоря поперечным полем  $\Phi_q$  индуктируется нагрузочный ток *I*, реакция которого на магнитный поток полюсов настолько сильна, что более или менее значительного усиления тока *I* с увеличением числа оборотов не происходит. В поперечном поле между щетками *b, b* наводится эдс, пропорциональная  $\Phi \cdot n$ . Т. к. эта эдс замкнута на короткое, то поперечное поле также пропорционально  $\Phi \cdot n$ , и наводимая между щетками *B, B* эдс  $E = IR$  пропорциональна  $\Phi \cdot n^2$ . Обозначив ампервитки в параллельной возбуждательной обмотке через  $AW_m$  и ампервитки якоря через  $Iw_a$ , получим:

$$IR = C(AW_m - Iw_a)n^2,$$

т. к.  $\Phi$  пропорционально  $AW_m - Iw_a$ , или

$$I = \frac{AW_m}{R},$$

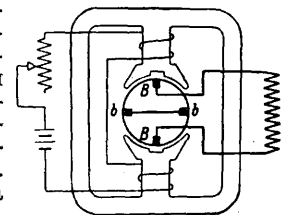
$$w_a + C \cdot n^2$$

где  $C = \text{Const}$ . При  $n = \infty$  или  $R = 0$  уравнение примет следующий вид:

$$I = \frac{AW_m}{w_a}, \text{ или } Iw_a = AW_m.$$

Отсюда можно сделать тот вывод, что нагрузочный ток не может превысить определенной величины и что ампервитки  $Iw_a$  якоря д. б. всегда несколько меньше ампервитков  $AW_m$  возбуждения. Машины Розенберга при колебаниях от 800 до 2 400 об/м. изменяют напряжение и силу тока на 12%.

Генератор с поперечным полем м. б. построен самовозбуждающимся. Возбудимая



Фиг. 39.

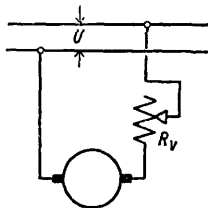
обмотка в таком случае включается последовательно со щетками  $B, B$  во внешнюю сеть. В таком соединении генератор подходит для применения в дуговой сварке. Величина тока может регулироваться в широких пределах изменением числа оборотов, параллельным включением сопротивления в возбуждательную обмотку или механически — изменением магнитного потока, проходящего через полюсы, путем увеличения или уменьшения воздушного зазора в полюсах.

Характеристики и применения Д. как двигателей постоянного тока. В двигателях с независимым возбуждением (фиг. 40), как, впрочем, и во всех двигателях постоянного тока, обмотка якоря забирает из сети ток, так что напряжение  $U$  на зажимах двигателя будет больше наводимой в якоре противодействующей эдс  $E$  на величину потери напряжения от омического сопротивления  $R$  обмотки якоря и потери напряжения  $V$  от переходного сопротивления щеток, т. е.

$$U = E + (I_a R + V),$$

где  $I_a$  — сила тока, который протекает в обмотке якоря.

Пуск в ход двигателей с независимым возбуждением обычно совершается при помощи включения сопротивления  $R$ , постепенно уменьшаемого по мере уменьшения числа оборотов двигателя. Непосредствен. включение двигателя в сеть, при отсутствии противодействующей эдс в обмотке неподвижного якоря, имело бы следствием образование тока слишком большой силы, могущего повредить обмотку якоря. Только



Фиг. 40.

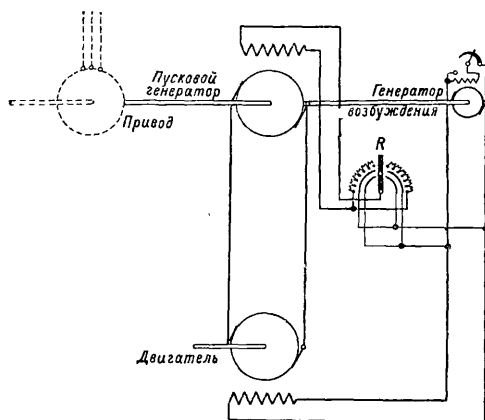
очень небольшие двигатели постоян. тока, мощностью до 0,25 HP, пускаются в ход непосредственным включением их в сеть. При соблюдении известных условий, однако, практически допустим пуск в ход двигателей выше 600 HP как с независимым возбуждением, так и самовозбуждающихся, путем непосредственного включения их в сеть без посредства пускового сопротивления (реостата). Как показали опыты Треттина, в тех случаях, когда момент инерции приводимых в движение масс не слишком велик, удар тока, достигающий по величине почти трехкратного тока полной нагрузки, держится не более 0,1—0,2 секунды. Весь процесс пуска длится не более 1 сек., в силу чего якорь за этот короткий период запуска не успевает даже заметно нагреться. Этот метод пуска применяется в судовых двигателях, непосредственно соединенных с винтом.

Число оборотов двигателя  $n$ , как это вытекает из формулы

$$n = \frac{U - (RI_a + V)}{z \cdot \frac{P}{a} \cdot \Phi},$$

изменяется почти пропорционально напря-

жению на зажимах  $U$ , т. к. потеря напряжения  $RI_a + V$  составляет только небольшой процент от напряжения на зажимах (борнах) машины  $U$ . Это свойство двигателя м. б.



Фиг. 41.

использовано для регулирования числа оборотов. Однако, изменение напряжения якоря путем включения в его сеть сопротивления, поглощающего большое количество энергии, нежелательно, в особенности в тех случаях, когда приходится регулировать обороты двигателя в широких пределах. В таких случаях применяют специальный пусковой генератор с независимым возбуждением, питающий двигатель также с независимым возбуждением (фиг. 41). Изменение числа оборотов двигателя и напряжения генератора достигается путем регулирования силы тока возбуждения генератора. При этом методе регулировки (схема Варда-Леонарда) достигаются минимальные потери.

2) Для двигателя с последовательным возбуждением м. б. написаны следующие основные уравнения эдс  $E$ :

$$E = U - [(R_a + R_m) + V] \text{ и } E = c \cdot n \cdot \Phi.$$

Т. к. магнитный поток  $\Phi$  образуется током якоря  $I$ , можно написать:

$$\Phi = f(I).$$

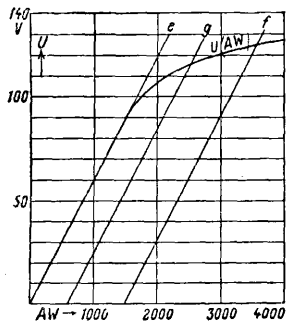
Внешняя характеристика двигателя  $U(I)$  показывает зависимость между напряжением  $U$  на зажимах и силой якорного тока  $I$  (фиг. 42). Внутренняя характеристика  $E(I)$  получается из внешней путем уменьшения ординат напряжения  $U$  на зажимах на соответствующее каждой точке кривой падение напряжения  $I(R_a + R_m) + V$ . При постоянстве напряжения  $U$  на зажимах и при увеличении нагрузки двигателя сила тока  $I$  и магнитный поток  $\Phi$  будут расти, в то время как эдс  $E$  и число оборотов  $n$  будут падать. С уменьшением магнитного потока  $\Phi$  число оборотов  $n$  и эдс  $E$  растут. Путем графич. построения можно получить кривую, характеризующую зависимость числа оборотов от силы тока  $I$  при  $U = \text{Const}$ . Характеристика вращающего момента для последовательных двигателей определяется на основании общего выражения для  $M$ :

$$M = c \cdot \Phi \cdot I = c' \cdot E \cdot I,$$

т. к.  $\Phi = c'' \cdot E$ . Построение характеристики

соединения последовательных обмоток выравнивающим токи проводом. Для того чтобы параллельно соединенные генераторы принимали на себя нагрузку пропорционально своей номинальной мощности, они должны удовлетворять условиям: 1) сопротивления последовательных обмоток д. б. обратно пропорциональны номинальным мощностям генераторов; 2) процентное падение напряжения генераторов между холостым ходом и номинальной нагрузкой д. б. одинаково.

Генераторы с неизменяющейся силой тока. Во многих случаях является необходимым иметь ток постоянной силы



Фиг. 38.

при постоянном числе оборотов и меняющемся сопротивлении нагрузки в сети, как, напр., при электрической сварке вольтовой дугой, в прожекторах и т. п. Генератор Кремера вполне удовлетворяет указанным условиям. Система возбуждения Кремера имеет ту особенность, что на полюсах магнитов насажены три обмотки: последовательная, шунтовая и с независимым возбуждением. Магнитный поток, образуемый первой из них, направлен в сторону, противоположную потоку двух остальных. При постоянстве сопротивления шунтовой обмотки образующие в ней самовозбуждением ампервитки должны расти пропорционально напряжению якоря. В координатах это может быть представлено в виде наклонной линии *e*, совпадающей с нижней частью кривой намагничивания генератора, для чего необходимо соответствующим образом подобрать сопротивление шунтовой обмотки. До начала поворота кривой нужные ампервитки образуются одной шунтовой обмоткой. При такой характеристике генератор работал бы совершенно неустойчиво, и дальнейшее повышение его напряжения не было бы возможно. Путем прибавления ампервитков от независимого возбуждения можно поднять напряжение до величины, определяемой пересечением характеристики *U* (*AW*) с линией *f*, параллельной *e* и отсекающей на оси ординат ампервитки независимого возбуждения (фиг. 38). При нагрузке генератора нагрузочный ток пройдет через последовательную обмотку и образует противокомпаундные ампервитки, так что результирующие ампервитки м. б. представлены в виде прямой *g*. Расстояние между линиями *f* и *g* соответствует противокомпаундным ампервиткам и реакции якоря. Сила тока растет пропорционально увеличению расстояния между линиями *f* и *g*, а напряжение падает до тех пор, пока отношение между напряжением и силой тока не будет равно внешнему сопротивлению. Наибольшая сила тока достигается при совпадении линии *g* с линией *e*. Величина этого тока зависит от величины ампервитков независимого возбуждения. Усиливая незави-

симое возбуждение, достигают роста тока до того момента, пока образуемые им ампервитки не будут прямо противоположны ампервиткам независимого возбуждения. Поэтому, регулируя независимое возбуждение, можно получить любую величину тока, до максимального включительно.

Генератор Розенберга. В случаях, когда требуется ток постоянной силы, независимо от числа оборотов генератора, при постоянном внешнем сопротивлении и постоянном напряжении, весьма распространено применение генераторов с поперечным полем системы Розенберга. Эта машина применяется преимущественно в качестве генератора для освещения поездов, где она приводится в движение от оси вагона. Генератор Розенберга снабжен двумя группами щеток (фиг. 39): одна группа лежит в нейтральной зоне (*b, b*), другая — на средней линии полюсов (*B, B*). Первая группа замкнута на короткое, вторая присоединена к внешней сети. Возбуждение — независимое, питаемое от аккумуляторной батареи током постоянной силы. Магнитный поток обмотки возбуждения и поток, образуемый нагрузочным током *I*, проходящим через щетки *B, B* в обмотку якоря, действуют в диаметрально противоположных направлениях и дают результирующий продольный поток  $\Phi$ . В обмотке якоря индуцируется ток между щетками *b, b*, образующий поперечное поле  $\Phi_q$ , замыкаемое через полюсные наконечники. В обмотке якоря поперечным полем  $\Phi_q$  индуцируется нагрузочный ток *I*, реакция к-рого на магнитный поток полюсов настолько сильна, что более или менее значительного усиления тока *I* с увеличением числа оборотов не происходит. В поперечном поле между щетками *b, b* наводится эдс, пропорциональная  $\Phi \cdot n$ . Т. к. эта эдс замкнута на короткое, то поперечное поле также пропорционально  $\Phi \cdot n$ , и наводимая между щетками *B, B* эдс  $E = IR$  пропорциональна  $\Phi \cdot n^2$ . Обозначив ампервитки в параллельной возбуждающей обмотке через  $AW_m$  и ампервитки якоря через  $Iw_a$ , получим:

$$IR = C(AW_m - Iw_a)n^2,$$

т. к.  $\Phi$  пропорционально  $AW_m - Iw_a$ , или

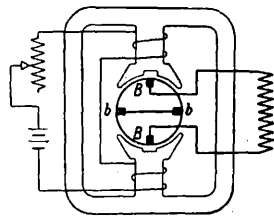
$$I = \frac{AW_m}{w_a + \frac{R}{C \cdot n^2}},$$

где  $C = \text{Const}$ . При  $n = \infty$  или  $R = 0$  уравнение примет следующий вид:

$$I = \frac{AW_m}{w_a}, \text{ или } Iw_a = AW_m.$$

Отсюда можно сделать тот вывод, что нагрузочный ток не может превысить определенной величины и что ампервитки  $Iw_a$  якоря д. б. всегда несколько меньше ампервитков  $AW_m$  возбуждения. Машины Розенберга при колебаниях от 800 до 2 400 об/м. изменяют напряжение и силу тока на 12%.

Генератор с поперечным полем м. б. построен самовозбуждающимся. Возбудимая



Фиг. 39.

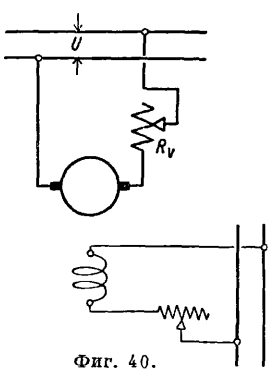
обмотка в таком случае включается последовательно со щетками  $B, B$  во внешнюю сеть. В таком соединении генератор подходит для применения в дуговой сварке. Величина тока может регулироваться в широких пределах изменением числа оборотов, параллельным включением сопротивления в возбуждательную обмотку или механически — изменением магнитного потока, проходящего через полюсы, путем увеличения или уменьшения воздушного зазора в полюсах.

Характеристики и применения Д. как двигателей постоянного тока. В двигателях с независимым возбуждением (фиг. 40), как, впрочем, и во всех двигателях постоянного тока, обмотка якоря забирает из сети ток, так что напряжение  $U$  на зажимах двигателя будет больше наводимой в якоре противодействующей эдс  $E$  на величину потери напряжения от омического сопротивления  $R$  обмотки якоря и потери напряжения  $V$  от переходного сопротивления щеток, т. е.

$$U = E + (I_a R + V),$$

где  $I_a$  — сила тока, который протекает в обмотке якоря.

Пуск в ход двигателей с независимым возбуждением обычно совершается при помощи включения сопротивления  $R$ , постепенно уменьшаемого по мере уменьшения числа оборотов двигателя. Непосредствен. включение двигателя в сеть, при отсутствии противодействующей эдс в обмотке неподвижно



Фиг. 40.

го якоря, имело бы следствием образование тока слишком большой силы, могущего повредить обмотку якоря. Только

очень небольшие двигатели постоян. тока, мощностью до 0,25 HP, пускаются в ход непосредственным включением их в сеть. При соблюдении известных условий, однако, практически допустим пуск в ход двигателей выше 600 HP как с независимым возбуждением, так и самовозбуждающихся, путем непосредственного включения их в сеть без посредства пускового сопротивления (реостата). Как показали опыты Треттина, в тех случаях, когда момент инерции приводимых в движение масс не слишком велик, удар тока, достигающий по величине почти трехкратного тока полной нагрузки, держится не более 0,1—0,2 секунды. Весь процесс пуска длится не более 1 сек., в силу чего якорь за этот короткий период запуска не успевает даже заметно нагреться. Этот метод пуска применяется в судовых двигателях, непосредственно соединенных с винтом.

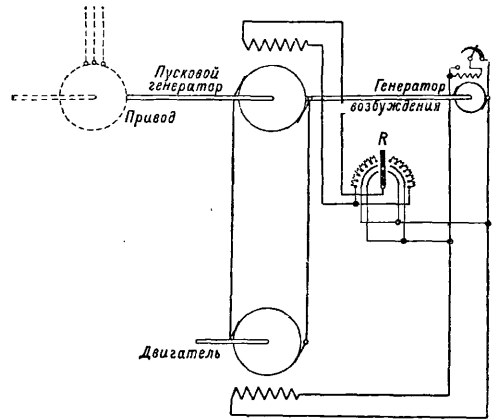
Число оборотов двигателя  $n$ , как это вытекает из формулы

$$n = \frac{U - (RI_a + V)}{z \cdot \frac{P}{a} \cdot \Phi},$$

изменяется почти пропорционально напря-

Т. Э. т. VI.

жению на зажимах  $U$ , т. к. потеря напряжения  $RI_a + V$  составляет только небольшой процент от напряжения на зажимах (борнах) машины  $U$ . Это свойство двигателя м. б.



Фиг. 41.

использовано для регулирования числа оборотов. Однако, изменение напряжения якоря путем включения в его сеть сопротивления, поглощающего большое количество энергии, нежелательно, в особенности в тех случаях, когда приходится регулировать обороты двигателя в широких пределах. В таких случаях применяют специальный пусковой генератор с независимым возбуждением, питающий двигатель также с независимым возбуждением (фиг. 41). Изменение числа оборотов двигателя и напряжения генератора достигается путем регулирования силы тока возбуждения генератора. При этом методе регулировки (схема Варда-Леонарда) достигаются минимальные потери.

2) Для двигателя с последовательным возбуждением м. б. написаны следующие основные ур-ия эдс  $E$ :

$$E = U - [I(R_a + R_m) + V] \text{ и } E = c \cdot n \cdot \Phi.$$

Т. к. магнитный поток  $\Phi$  образуется током якоря  $I$ , можно написать:

$$\Phi = f(I).$$

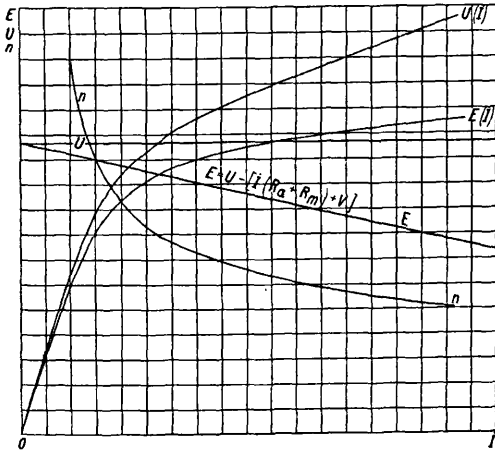
Внешняя характеристика двигателя  $U(I)$  показывает зависимость между напряжением  $U$  на зажимах и силой якорного тока  $I$  (фиг. 42). Внутренняя характеристика  $E(I)$  получается из внешней путем уменьшения ординат напряжения  $U$  на зажимах на соответствующее каждой точке кривой падение напряжения  $I(R_a + R_m) + V$ . При постоянстве напряжения  $U$  на зажимах и при увеличении нагрузки двигателя сила тока  $I$  и магнитный поток  $\Phi$  будут расти, в то время как эдс  $E$  и число оборотов  $n$  будут падать. С уменьшением магнитного потока  $\Phi$  число оборотов  $n$  и эдс  $E$  растут. Путем графич. построения можно получить кривую, характеризующую зависимость числа оборотов от силы тока  $I$  при  $U = \text{Const}$ . Характеристика вращающего момента для последовательных двигателей определяется на основании общего выражения для  $M$ :

$$M = c \cdot \Phi \cdot I = c' \cdot E \cdot I,$$

т. к.  $\Phi = c'' \cdot E$ . Построение характеристики

можно легко сделать из внутренней характеристики (фиг. 43), принимая во внимание, что площадь  $EI$  для каждой точки характеристики выражает вращающий момент. При малых значениях тока, когда магниты слабо насыщены, момент вращения будет расти почти пропорционально квадрату силы тока, и кривая  $M$  примет форму параболы; по мере насыщения железа кривая выпрямляется.

В противоположность генераторам, двигатели с последовательным возбуждением



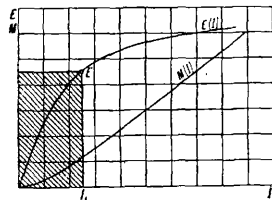
Фиг. 42.

получили большое распространение в качестве тяговых моторов в трамвайном и ж.-д. транспорте и в крановых устройствах. Серийные двигатели обладают ценными для целей тяги свойствами развивать большое усилие при пуске и преодолевать большое сопротивление меньшим числом оборотов. Из основной ф-лы для числа оборотов

$$n = \frac{U - I(R_a + R_m) + V}{c \cdot \Phi}$$

вытекает, что при теоретическом холостом ходе, т. е.  $M = 0$ ,  $I = 0$  и  $\Phi = 0$ , число оборотов  $n$  растет до бесконечности. Практически число оборотов при  $I = 0$  достигает конечной

величины, но опасной для целости якоря, т. к. во много раз превосходит нормальное число оборотов. Между тем как в двигателях с независимым возбуждением, а также с параллельным возбуждением, число оборотов близко к постоянному и почти не зависит от изменения



Фиг. 43.

момента вращения, в двигателях с последовательным возбуждением число оборотов быстро падает с увеличением момента вращения. Это свойство двигателя автоматически уменьшать число оборотов при увеличении момента вращения делает этот тип двигателя весьма пригодным для целей тяги. При трогании электровоза с места, когда вредное сопротивление имеет максимальную величину и требуется развить наибольшую силу тяги для преодоления момента инер-

ции и сообщения массе электровоза надлежащего ускорения, двигатель забирает максимально допустимый ток,  $k$ -рый и производит наибольший вращающий момент. Повышение сопротивления на подъемах и кривых двигатель преодолевает с меньшей скоростью, т. е. относительно с меньшим расходом тока, предохраняя электрич. станцию от резких колебаний нагрузки. Недостаток двигателей с последовательным возбуждением чрезмерно увеличивать число оборотов при разгрузке отпадает в тяговых двигателях, т. к. они пускаются в ход постоянно под нагрузкой. Регулирование скорости, как это вытекает из ф-лы для числа оборотов, достигается или изменением магнитного потока, путем включения параллельного сопротивления в обмотку магнитов, или изменением напряжения на борнах двигателя путем последовательного включения в цепь якоря реостата. Последний способ регулирования числа оборотов идет целиком за счет поглощения части мощности на нагревание сопротивления, т. к. реостат, включенный перед двигателем, не изменяет забираемого тока. При шунтировании обмотки возбуждения через нее проходит только часть тока, а оставшая будет поглощаться реостатом, вследствие чего повышается число оборотов двигателя. Ослабление потока вызовет уменьшение противодействующей эдс якоря, а, в силу сохранения той же величины вращающего момента, двигатель будет забирать больший ток. Спраг предложил регулировать число оборотов двигателя с последовательным возбуждением без применения реостата, путем подразделения обмотки полюсов на несколько групп и соединения их при помощи особого переключателя последовательно или параллельно. В способе Спрага регулирование достигается без потерь энергии. Экономично также регулирование оборотов серийных двигателей изменением напряжения у зажимов. Принимая во внима-

ние, что  $\frac{n}{n_1} = \frac{U}{U_1}$ , при последовательном включении двух одинаковых двигателей, связанных друг с другом механически, каждый из них, развивая при общем токе одинаковую мощность, будет иметь на зажимах половину напряжения сети, в силу чего число оборотов соответственно понизится. Этим приемом пользуются в трамвайных вагонах. При пуске в ход двигателя необходимо включать пусковой реостат, выводя постепенно сопротивление с таким расчетом, чтобы сила тока во все время пуска не выходила из определенных пределов.

3) Для двигателя с параллельным возбуждением (фиг. 44) действительны следующие основные ур-ния:

$$E = U - (R_a I_a + V) \text{ и } E = c \cdot n \cdot \Phi.$$

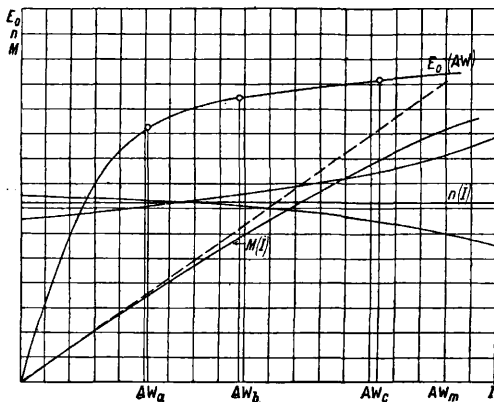
Магнитный поток, в зависимости от роста нагрузки и силы тока в якоре, уменьшается вследствие реакции якоря. Т. о., для сохранения противодействующей эдс  $E$  на постоянной высоте пришлось бы увеличить число оборотов  $n$ . С другой стороны, омическое падение напряжения в якоре  $R_a I_a + V$  растет по мере увеличения нагрузки и силы тока в якоре, что, в свою очередь, умень-

шает эдс  $E$ , т. е. при постоянстве магнитного потока  $\Phi$  число оборотов двигателя упало бы. Как видно, на число оборотов двигателя реакция якоря и омическое падение напряжения оказывают противоположное действие. Скорость вращения двигателя увеличивается при преобладающем влиянии реакции якоря и уменьшается при преобладании падения напряжения  $R_a I_a + V$ . Если на кривой, которая изображает характеристику холостого хода  $E_0(AW)$ , взять несколько точек с соответств. им ампервитками  $AW$  возбуждения и построить для каждой из них кривую зависимости числа оборотов  $n$  от нагрузочного тока, то характер этих кривых будет находиться в прямой зависимости от соотношения величин омическ. падения напряжения, вызванного реакцией якоря (фиг. 45).



Фиг. 44.

При их равенстве кривая  $n(I)$  будет выражена прямой линией. Из ур-ия, действительного для момента вращения двигателя,  $M = c \cdot \Phi \cdot I$  вытекает пропорциональность между моментом вращения и силой тока при  $\Phi = \text{Const}$ . Однако, вследствие реакции якоря сила магнитного потока  $\Phi$  ослабляется,



Фиг. 45.

и вращающий момент растет несколько медленнее нагрузочного тока. Регулирование скорости шунтовых двигателей достигается изменением напряжения  $U$  на зажимах или изменением потока  $\Phi$ . При включении сопротивления в цепь якоря напряжение  $U$  уменьшится на величину падения напряжения в сопротивлении. Скорость вращения двигателя понизится, что вытекает из ур-ия:

$$n = \frac{U - R_a I_a}{c_1 \cdot \Phi}$$

Этот способ регулирования числа оборотов неэкономичен, т. к. идет за счет поглощения части энергии в сопротивлении реостата и м. б. допущен лишь для мелких двигателей. Более экономично регулировать число оборотов путем изменения силы магнитного потока, вводя в цепь возбуждения сопроти-

вление реостата, т. к. вследствие незначительности тока возбуждения потеря энергии невелика. В шунтовых двигателях до 10 kW обороты м. б. повышены путем ослабления поля до 30—35%, а у более мощных двигателей—на меньший процент, во избежание появления искрения. Двигатели с добавочными полюсами и компенсационной обмоткой допускают повышение оборотов от 300 до 100%, в зависимости от мощности, а в специальных случаях, при особо прочных конструкциях якоря, допускается кратковременное повышение числа об/м. до 10-кратного размера против номинального.

Для правильного пуска шунтового двигателя необходимо соблюдение следующих условий: 1) возбуждательная обмотка должна сразу включаться на полное напряжение; 2) в цепь якоря должно включаться сопротивление, постепенно выводимое по мере раскручивания якоря. Шунтовый двигатель, работающий с постоянным напряжением на зажимах, имеет те же свойства, что и двигатель с независимым возбуждением, но обладает существенным преимуществом—способностью самовозбуждаться. Вследствие своих характерных особенностей, именно: 1) способности не менять направления, работая в качестве генератора или двигателя, что м. б. использовано у двигателя для возвращения энергии в сеть при торможении, 2) способности экономично регулировать обороты в широких пределах, 3) способности автоматически сохранять при всякой нагрузке почти постоянное число оборотов при  $U = \text{Const}$ , 4) способности сохранять почти полную пропорциональность между моментом вращения и нагрузочным током,—шунтовой двигатель получил большое распространение. Он применяется на 3-дах и ф-ках в качестве группового или одиночного привода к станкам, вентиляторам, насосам и пр. За последнее время поднялось значение шунтового двигателя (отчасти и компаундного) в станкостроении, в связи с использованием его способности регулировать в широких пределах число оборотов. Вместо того чтобы изменять скорость рабочих процессов при помощи сменной зубчатой передачи, перешли к непосредственному использованию регулирующегося двигателя, объединяющего привод и передачу. Расход энергии в станках с регулирующимся двигателем на 40—70% меньше, чем в станках со сменной зубчатой передачей. В токарных станках двигатель пристраивается к шпиндельной бабке. Регулировочный реостат или контроллер обслуживается с рабочего места. В мощных станках управление производится при помощи универсальной кнопочной системы. В строгальных и долбежных станках применение реверсивного регулирующегося двигателя дает экономию в энергии 50÷80% по сравнению со сменной ременной или зубчатой передачей. АEG применяет для непосредственного привода строгальных станков шунтовые регулируемые двигатели, снабженные добавочными полюсами. Регулировка числа оборотов в пределах от 1:2 до 1:3 происходит путем ослабления поля. Для большей устойчивости в работе мотора при высоких скоростях полюсы снабжаются

несколькими последовательными предохранительными витками. Перемена направления происходит, при полном возбуждении и полном числе оборотов двигателя, без потерь, с отдачей в сеть кинетич. энергии движущихся частей станка при торможении. Т. к. живая сила движущихся частей пропорциональна квадрату скорости, то при снижении числа оборотов двигателя до  $\frac{1}{3}$  остается неиспользованной лишь  $\frac{1}{9}$  кинетической энергии, тогда как  $\frac{8}{9}$  возвращаются обратно в сеть. Пуск в ход после переключения, само переключение и ускорение обратного хода совершаются автоматически. Включение сопротивлений производится регулирующим контроллером и контакторами.

Из ком п а н д н ы х д в и г а т е л е й интерес представляют лишь двигатели с перекомпаундовой. Свойства таких двигателей, соединяющих в себе характеристические особенности последовательного и шунтового возбуждений, определяются, как и в генераторах, тем, какое из возбуждений превалирует. При обладании последовательной обмотки возбуждения над шунтовой, двигатель имеет свойства серийного, т. е. обладает способностью преодолевать механич. сопротивление, уменьшая количество оборотов и развивая возрастающий момент вращения. Шунтовая обмотка гарантирует двигатель от разноса при разгрузке. В случае преобладания шунтовой обмотки двигатель отличается от обыкновенного шунтового тем, что при пуске в ход двигатель под действием последовательной обмотки развивает повышенный против шунтового момент вращения.

**VI. Принципы расчета и конструкции. Якорь.** При установлении основных размеров якоря исходят из формулы так называемой «машинной постоянной»:

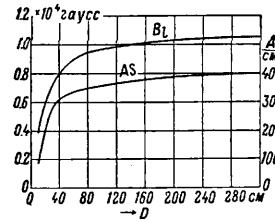
$$C = \frac{D^2 l n}{kVA} = \frac{C \cdot 10^{11}}{a_i \cdot B_l \cdot AS},$$

где:  $D$  и  $l$ —диаметр и длина якоря;  $a_i$ —отношение расчетной ширины дуги полюса к полюсному делению, т. е.  $a_i = \frac{b_i}{\tau}$ ;  $AS$ —линейная нагрузка якоря;  $kVA = \frac{U \cdot I}{1000}$  ( $U$  и  $I$ —наибольшее напряжение на зажимах и наибольший ток, при к-рых должна работать Д.);  $B_l$ —средняя магнитная индукция в воздушном зазоре. Для  $a_i$  допускаются следующие значения: 1) для машин без добавочных полюсов: двухполюсных—от 0,6 до 0,7; многополюсных—от 0,65 до 0,8; 2) для машин с добавочными полюсами—от 0,5 до 0,75. Допустимые величины  $B_l$  и  $AS$  зависят от диаметра  $D$  якоря: чем больше диаметр, тем выше их предельные значения. Для машин без добавочных полюсов допускают: 1) для малых мощностей, при  $D$  равном 30 см,  $B_l$ —от 5 000 до 7 000 гаусс; 2) для средних мощностей, при  $30 \text{ см} < D \leq 100 \text{ см}$ ,— $B_l$  от 7 000 до 9 000 гаусс; 3) для больших мощностей, при  $1\ 000 \text{ см} > D \geq 300 \text{ см}$ ,— $B_l$  от 9 000 до 11 000 гаусс; 4) для быстроходных машин с числом периодов  $f = \frac{2\pi n}{60} > 25$ , магнитная индукция допускается несколько меньшая. Линейные нагрузки  $AS$  якоря допускаются следующие: для малых мощностей—от 120 до 160, для средних—от 160 до 240, для

больших—от 240 до 300. Для машин с добавочными полюсами и с естественной вентиляцией Рихтер приводит значения  $B_l$  и  $AS$ , в зависимости от диаметра якоря, в виде кривых, изображенных на фиг. 46. Машинная постоянная  $C$ , выведенная Арнольдом для Д. с добавочными полюсами и умеренными окруж. скоростями  $v$  якоря, а именно:

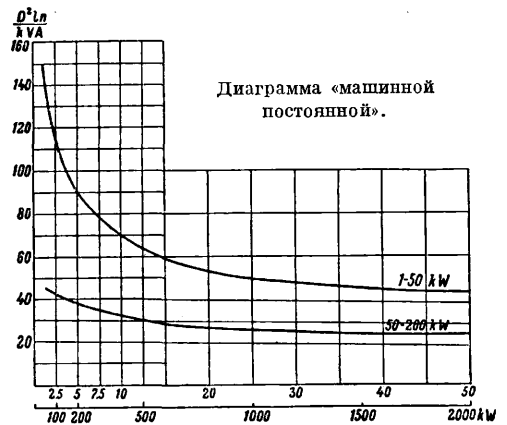
$$\begin{aligned} \text{для } 10 \text{ см} \leq D \leq 45 \text{ см} & \dots 12 \text{ м/сек} \leq v \leq 15 \text{ м/сек} \\ \text{для } 45 \text{ см} \leq D \leq 300 \text{ см} & \dots 15 \text{ м/сек} \leq v \leq 25 \text{ м/сек} \end{aligned}$$

приведена на фиг. 47 в виде кривых, показывающих зависимость  $C$  от мощности машины. В Д. с большими окружными скоростями, доходящими в турбогенераторах до 80—90 м/сек, машинная постоянная, несмотря на наличие добавочных полюсов и компенс. обмотки, значительно больше, чем в машинах с умеренными окружными скоростями, вследствие трудных условий охлаждения и коммутации. Сердечник якоря, с целью уменьшения потерь от токов Фуко, изготовляется из листовой динамной стали толщиной 0,5 мм, а при числе периодов больше 60—0,30÷0,35 мм. Потери от перемагничивания стали, при магнитной индукции 10 000 гаусс и толщине 0,5 мм, колеблются от 3,2 до 3,6 W/кг. В некоторых случаях вместо простой динамной стали применяют легированную сталь, имеющую потери



Фиг. 46.

в машинах с умеренными окружными скоростями, вследствие трудных условий охлаждения и коммутации. Сердечник якоря, с целью уменьшения потерь от токов Фуко, изготовляется из листовой динамной стали толщиной 0,5 мм, а при числе периодов больше 60—0,30÷0,35 мм. Потери от перемагничивания стали, при магнитной индукции 10 000 гаусс и толщине 0,5 мм, колеблются от 3,2 до 3,6 W/кг. В некоторых случаях вместо простой динамной стали применяют легированную сталь, имеющую потери

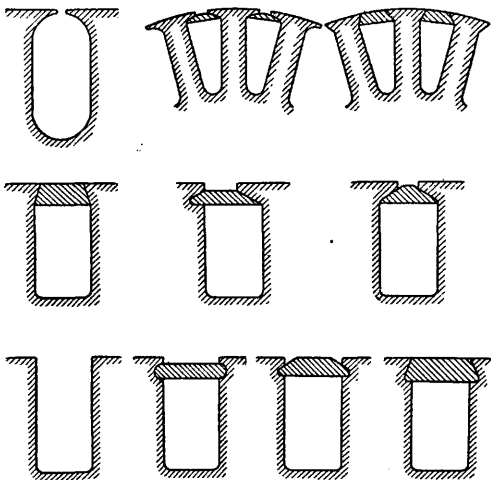


Фиг. 47.

от 1,8 до 2,2 W/кг. За последние годы в наиболее ответственных случаях начали применять сталь, изготовленную электролитич. способом и обладающую высокой магнитной проводимостью. Из листов, размером  $1 \times 2 \text{ м}$ , штампуют диски, в к-рых просекаются пазы. Диски, диаметром до 80—100 см, штампуются из одного листа, а при больших диаметрах якоря пластины составляют из сегментов (см. *Электромашиностроение*). Отдельные пластины изолируются друг от друга прослойками тонкой бумаги, толщиной 0,02÷0,05 мм, наклеенной предварительно на листовое железо. Вместо бумаги можно пользоваться специальным изоляционным

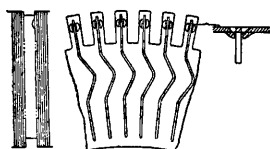


лаком, преимущество к-рого заключается в том, что якорь, спрессованный из покрытых им пластин, теряет не больше 3—5% полезного сечения (вместо 8—10% при бумажной



Фиг. 48.

изоляция). Пазы в большинстве случаев изготовляются с параллельными краями; только в маленьких машинах, во избежание слишком большого сужения зубца, пазы получают конич. форму. Пазы для круглого провода обычно имеют закругленную форму. При прямоугольной форме провода пазы имеют плоское основание. На фиг. 48 изображены наиболее употребительные формы пазов. Большое значение имеет форма вершины паза у воздушного зазора. Совершенно закрытый паз увеличивает самоиндукцию короткозамкнутой обмотки. Полузакрытым пазом достигается более равномерное распределение магнитного потока в воздушном зазоре, что,

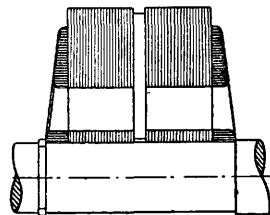


Фиг. 49.

однако, не имеет большого значения, так как все равно приходится делать сравнительно большой воздушный зазор с целью уменьшения реакции якоря. Преимущество полузакрытого или совершенно закрытого паза могло бы быть использовано в машинах с добавочными полюсами и компенсационной обмоткой, если бы это не было сопряжено с необходимостью применять вместо шаблонной обмотки ручную. Вследствие этого в динамомашине постоян. тока обычно применяются открытые пазы.

Потери в стали и обмотке якоря выражаются в виде повышения  $t^\circ$ . Для лучшего отвода тепла и увеличения излучающей поверхности в сердечниках якорей, за исключением якорей машин малых мощностей, устраивают вентиляционные каналы, шириной 0,6—1,2 см на каждые 4—6 см длины якоря. Для образования вентиляционных каналов отдельные, собранные в блок, пакеты стали удерживаются на желаемом расстоянии при помощи дистанционных распорок, укрепляемых на концевых пластинах пакета (фиг. 49), к-рые имеют двойную или

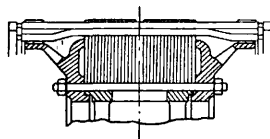
тройную толщину для увеличения жесткости. Каналы с дистанционными распорками действуют как вентилятор. Воздушный поток, прогоняемый через каналы, охлаждает гл. образом внутреннюю и внешнюю поверхности якоря, тогда как из самих каналов тепло отводится в незначительном количестве вследствие задержки теплоотдачи в аксиальном направлении через бумажные прослойки. В закрытых машинах с затрудненными условиями охлаждения, как, напр., в трамвайных и железнодорожных двигателях, прибегают к аксиальному расположению каналов, пропускающая охлаждающий воздух через них при помощи вентилятора. В закрытых машинах с т. н. охлаждающей рубашкой, внутренний вентилятор служит для поддержания равномерной температуры, тогда как наружный — прогоняет охлаждающий воздух через рубашку. В больших машинах иногда устраивают и аксиальные и радиальные каналы одновременно (фиг. 50).



Фиг. 50.

Закрепление якорного сердечника, надежного непосредственно на вал, в малых машинах производится при помощи нажимных шайб; в средних и больших машинах сердечник насаживается на якорный корпус, представляющий собою втулку с ребрами, и удерживается на нем давлением нажимных колец. Для поддержки лобовых соединений обмотки нажимные кольца отливаются вместе с держателями обмотки в форме колец с отверстиями для лучшего доступа воздуха к лобовым соединениям обмотки. В изображенной на фиг. 51 конструкции нажимные кольца стянуты болтами, проходящими частично через обод якорного корпуса, частично через железо сердечника.

Якорная обмотка. Когда сила тока  $I_a$  в якоре равна 60—80 А, применяется стержневая обмотка; при меньших силах тока — проволочная. Целесообразно помещать в один паз по несколько проводов, так как при обычной двухслойной обмотке од-



Фиг. 5.

новременное нахождение в пазу одной стороны секции, в к-рой индуктируется эдс, и другой, которая проходит через период коммутации, действует демпфирующим (успокоительн.) образом на последнюю. Однако, Арнольд рекомендует не превышать следующ. сил якорного тока в одном пазу:

$$\begin{aligned} I_a &\leq 225 \text{ А при } 4 \text{ стержнях в пазу} \\ I_a &\leq 150 \text{ » } 6 \text{ » } \\ I_a &\leq 115 \text{ » } 8 \text{ » } \end{aligned}$$

т. е. чтобы произведение числа стержней в одном пазу на силу тока в якоре не превышало 900. Выбор плотности тока

$$S_a = \frac{I_a}{q_a},$$

где  $q_a$  — сечение проводника, обусловлен

соображениями предельно допустимого нагрева и кпд. Для предварительного расчета пользуются опытными данными: в машинах мощности свыше 100 кВт и с хорошей вентиляцией можно доводить плотность тока до 4,5—4,8 А/мм<sup>2</sup>; в машинах до 30 кВт, хорошо вентилированных, — до 5—6 А/мм<sup>2</sup>. Исходя из того соображения, что каждый ватт потерь, превращающийся в тепло, требует определенной охлаждающей площади, можно установить зависимость между плотностью тока и нагреванием; Арнольд дает ее в виде следующей ф-лы:

$$S_a = \frac{4700(1+0,1v)}{a_{ak} \cdot AS},$$

где  $v$  — окружная скорость якоря в м/сек,  $a_{ak}$  — поверхность охлаждения на 1 Вт потерь ( $a_{ak}$  для средних машин не должна быть меньше 9—12 см<sup>2</sup>). При расчете сечения якорных стержней необходимо учесть потерю от токов Фуко, к-рая в быстрходных машинах с глубокими пазами может достигнуть значений, в  $k$  раз превышающих омич. потери. Наибольшее значение коэфф-та увеличения сопротивления, по Дрейфусу, получается в том случае, когда коммутация совершается в бесконечно малое время и когда якорь имеет диаметральною обмотку. При прямоугольном сечении проводов наибольший коэффициент увеличения сопротивления  $k_{\infty}$  одного провода, лежащего в  $p$ -ом ряду паза, может быть выражен:

$$k_{\infty} = 1 + \frac{4}{3\pi}(3p^2 - 3p + 1)\xi^2,$$

где  $\xi$  — приведенная высота провода (см. Генератор переменного тока). Наибольший коэффициент увеличения сопротивления  $k_{\infty}$  для всей обмотки

$$k_{\infty} = 1 + \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{m^2 \xi}{1+\lambda},$$

где  $m$  — число горизонтальных рядов проводов в пазу,  $\lambda$  — отношение средней длины лобового соединения провода к длине провода в теле якоря, или, что то же, к длине якоря. Для того чтобы перейти к рассмотрению влияния конечных коротких периодов коммутации, Дрейфус вводит фактор  $F$ , на к-рый он умножает потери от токов Фуко, пропорциональные  $k_{\infty} - 1$ , и получает для коэфф-та увеличения сопротивления всей обмотки прямоугольного сечения след. выражение:

$$k = 1 + \frac{4}{3\pi} \cdot F \cdot \frac{m^2 \xi^2}{1+\lambda}.$$

Для диаметральной обмотки, принимая, что коммутация совершается по прямой линии во время  $T_0$  и что  $m \geq 2$ , можно написать:

$$F = \frac{0,116}{0,13 + \sigma},$$

где

$$\sigma = \frac{T_0}{T_1} \cdot \frac{1}{\xi^2} = \frac{b + (u-1)t_k}{\tau_k} \cdot \frac{1}{\xi^2},$$

( $b$  — ширина щетки,  $T_1$  — половина периода,  $\tau_k$  — полюсное деление,  $t_k$  — коллекторное деление). Так как  $\sigma$  обычно лежит между 0,065 и 0,25, то

$$k = 1 + \frac{0,07}{1+\lambda} \sqrt{\frac{\tau_k}{b + (u-1)t_k}} \cdot m^2 \xi^2,$$

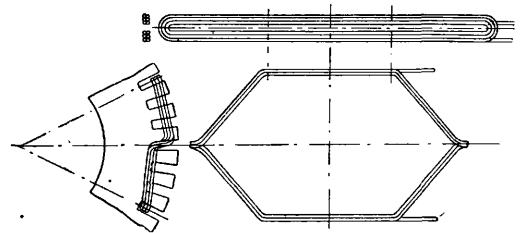
откуда можно сделать вывод, что потери на токи Фуко обратно пропорциональны числу горизонтальных рядов  $m$ .

Критическая высота провода получается из следующей формулы:

$$h_0 \cong \frac{1,9 \sqrt[3]{1+\lambda}}{a \cdot m^{2/3}} \sqrt[6]{\frac{b + (u-1)t_k}{\tau_k}}.$$

Коэфф. увеличения сопротивления всей обмотки  $k_0$  при критической высоте провода будет приблизительно равен 1,5.

Обмотка, состоящая из секций, располагается в пазах машины таким образом, чтобы в каждом пазу помещались две стороны секций. Обмотка по способу выполнения подразделяется на ручную и шаблонную. Ручная обмотка применяется лишь для малых двухполюсных машин, так как невозможность достижения полной симметричности обмотки не имеет в них столь большого значения, как в средних и крупных машинах. С целью избежания гудения, производимого машинами вследствие пульсации магнитного поля, якорь в малых машинах выполняются б. ч. с нечетным числом зубцов. При обмотке такого якоря часть секций обеими своими сторонами будет лежать в нижних частях пазов, часть секций — в верхних и часть секций — одной стороной в верхней и другой в нижней части пазов. Таким обр. получаются укороченные, удлинненные и средние секции. При числе пазов, кратном трем, можно секции расположить в такой последовательности, чтобы эти три величины обмотки попеременно следовали одна за другой. Такая обмотка может считаться близкой к симметричной. Обмотка якорей малых машин производится на обмоточных станках, в к-рых якорь поворачивается вокруг оси, перпендикулярной к валу якоря. Благодаря особым приспособлениям провода легко закладываются в полузакрытые паза якоря. В шаблонной обмотке каждая секция изготовляется отдельно, получает вполне законченную форму и в неизменном виде закладывается в открытые паза якоря. Шаблонная обмотка имеет следующие преимущества: 1) обеспечивается симметричность



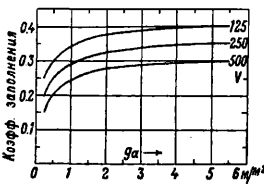
Фиг. 52.

обмотки; 2) изоляция секции м. б. произведена более тщательно; 3) достигается лучшее охлаждение; 4) м. б. налажено массовое производство; 5) поврежденная секция легко заменяется. Секции шаблонной обмотки изготовляются на специальных приспособлениях, состоящих из плоской металлич. рамы, на к-рую наматываются провода, после чего рама растягивается, образуя лобовые соединения и придавая сторонам секции определенный наклон, соответствующий радиальному расположению пазов (фиг. 52).

В зависимости от положения соединительных частей секции различают лобовую и панцирную обмотки. При лобовой обмотке

лобовые соединения расположены на торцовых сторонах якоря; получается укороченная машина, но зато охлаждение обмотки затруднительно. Этот род обмотки применяется в тех случаях, когда машина имеет перемежающийся режим работы и размеры ее стеснены помещением (например, в крановых моторах). В панцирной обмотке лобовые части образуют цилиндрич. поверхность, доступную обтеканию охлаждающего воздуха.

Изоляции якорной обмотки можно разделить на: изоляцию отдельных проводов, входящих в секцию; изоляцию отдельных групп проводов секции; изоляцию одной стороны секции от другой, находящейся в том же пазу, и изоляцию обеих от железа якоря. Напряжения нормальных машин постоянного тока обыкновенно не превосходит 600—700 В, но специальные машины имеют напряжение до 5 000—10 000 В. Чем выше напряжение, тем больше места занимает изоляция и тем хуже используется полезное сечение паза, что ведет к удорожанию машины. Поэтому на правильный выбор надежной изоляции и на улучшение качества изоляционного материала обращается особое внимание. На фиг. 53



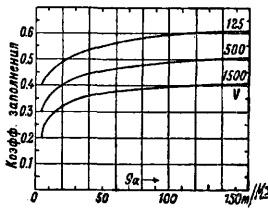
Фиг. 53.

приведены кривые коэф-та заполнения пазов для разных напряжений, в зависимости от сечения проволоки, а на фиг. 54—в зависимости от сечения стержня. Эти кривые действительны для машин нормального исполнения. Общая толщина изоляции для стержневой обмотки видна из табл. 1.

Табл. 1.—Общая толщина изоляции для стержневой обмотки.

Число стержней одного ряда в пазу	1	2	3	4	5
Напряжение на зажимах в В	Толщина изоляции в мм				
125	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
250	2,8	3,4	4,0	4,6	5,2
550	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
750	3,8	4,6	5,4	6,2	7,0
1 500	—	6,5	7,5	8,5	9,5

Стержневая обмотка для 500 В, изображенная на фиг. 55, может служить примером изоляции, к-рую составляют: 1—пропитанная изоляционным лаком хлопчатобумажная лента, толщиной 0,4 мм, намотанная в перехлестку; 2—промазанная бумага в 0,1 мм; 3—красная бумага в 0,2 мм и промасленное полотно в 0,3 мм; 4—хлопчатобумажная (тафтяная) лента в 0,4 мм, пропитанная лаком; 5—зазор в 0,1 мм; 6—картон в 0,2 мм; 7—картон в 0,5 мм; 8—деревянный клин; 9—мягкий медный стержень прямоугольного



Фиг. 54.

сечения с закругленными краями. Обмотанные якоря подвергаются сушке в вакуумных печах, после чего погружаются в изоляционный лак и остаются в нем до тех пор, пока не перестанут выделяться пузырьки воздуха. Затем якорь помещается на 8—12 часов в сушильный шкаф, где он сушится при температуре ок. 90°. Обмотка якоря на протяжении паза удерживается от действия центробежной силы клиньями из фибры, бука или геокса, загоняемыми в вырезы у вершины зубца, лобовые же соединения стягиваются стальной, бронзовой и т. п. проволокой (бандажной), толщиной 0,6÷1,6 мм. В некоторых случаях обмотку закрепляют только бандажной проволокой без всякого участка клиньев, как, например, в якорях трамвайных моторов.

К о л л е к т о р. Диаметр коллектора обыкновенно принимается 50÷80% диаметра якоря, в зависимости от величины машины. Меньший процент относится к большим машинам. Коллекторное деление

$$t_k = \frac{\pi D_k}{K}$$

( $D_k$ —диаметр коллектора,  $K$ —число пластин коллектора), но не делается меньше 4—5 мм. Длина коллектора  $L_k$  определяется поверхностью охлаждения и длиной щеточных болтов;  $L_k$  можно вычислить по ф-ле:

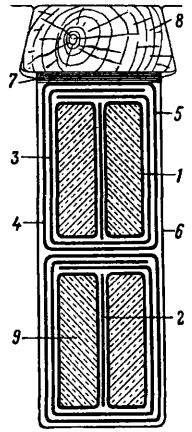
$$L_k = (n_b \text{ или } n_b + 1) (l_b + l_2),$$

где  $n_b$ —число щеток на щеточном болту,  $l_b$ —длина щетки,  $l_2$ —расстояние между щетками. Нагревание коллектора не должно быть выше 50°, т. е. тем-ра  $\theta \leq 50^\circ$ .

Вычислив потерю  $W_u$  от переходного сопротивления щеток и потери  $W_r$  на трение, можно проверить, соответствует ли полученная длина  $L_k$  коллектора условиям охлаждения коллектора, воспользовавшись ф-лой:

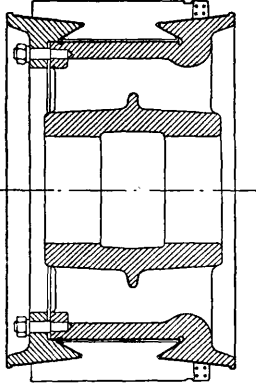
$$\theta_k = (70 \div 120) \frac{W_u + W_r}{\pi D_k L_k (1 + 0,1 v_k)},$$

где  $v_k$  есть окружная скорость коллектора. Коллектор, состоящий обычно из большого количества пластин с проложенной между ними слюдяной изоляцией, должен представлять собою правильный цилиндр, форма которого не должна нарушаться ни от действия центробежной силы ни под влиянием  $t^\circ$ . Пластины коллектора д. б. стянуты с такой силой, чтобы слюдяные пластинки между ними держались трением и ни при каких условиях не могли выскакивать. Пластины коллектора изготавливаются из твердотянутой меди. Общепринятая нормальная конструкция коллектора для окружных скоростей, не превышающих 30 м/сек, видна из фиг. 56. Внутренняя сторона пластин имеет форму ласточкина хвоста и служит для закрепления на буксе. В корпусе буксы пластины коллектора изолируются слоем миканита, которому придают точную форму выступа буксы. Миканит изготавливается из



Фиг. 55.

пластинок слюды, склеенных шеллаком или бакелитовым лаком. Букса, сжимающая коллекторные пластины, имеет форму двойного конуса с углами  $30^\circ$  и  $6^\circ$ , вдающимися значительно во внутрь пластины, вследствие чего: 1) сокращается общая длина коллектора, 2) обеспечивается малое темп-рное расширение, 3) уменьшается поверхность, на которую действует изгибающим образом центробежная сила. Для быстроходных турбогенераторов применяются большей частью коллекторы значительной длины, иногда свыше 1 м, что является причиной заметного удлинения коллекторных пластин под влиянием повышения  $t^\circ$ . Для предохранения от изменения цилиндрич. формы, вследствие



Фиг. 56.

действия центробежной силы, коллектор стягивается двумя или несколькими стальными коваными кольцами, надетыми в горячем состоянии. Коллекторные пластины имеют на концах скосы, покоящиеся с одной стороны на переходном конусе вала, с другой — на конич. подвижной буксе, упирающейся через посредство пружины в укрепленное на валу кольцо. Т. о., коллекторные пластины, не теряя надежности и прочности закрепления, имеют возможность растягиваться под влиянием повышения  $t^\circ$ . Соединение концов элементов обмотки с пластинами коллектора производится путем впайки концов обмоток в вырезы пластин со стороны коллектора. В панцирной обмотке пластины соединяются с обмоткой при помощи особых лент *a* с прикрепленными к ним в одном конце обоймами *b* (фиг. 57). Ленты для облегчения коммутации полезно делать с большим сопротивлением, т. к. увеличение сопротивления в короткозамкнутой секции уменьшает действие самоиндукции.

Магнитная щель. При расчете воздушного зазора  $\delta$  в машинах без дополнительных полюсов принимаются во внимание как влияние большого зазора на устойчивую и спокойную работу машины, так и его отрицательное влияние на увеличение количества ампервитков, а следовательно и меди в обмотке возбуждения. Воздушный зазор для машин без добавочных полюсов может быть вычислен по формуле:

$$\delta \geq \frac{(1,2 \div 2) b_i \cdot AS - AW_2}{1,6 k_1 \cdot B_l},$$

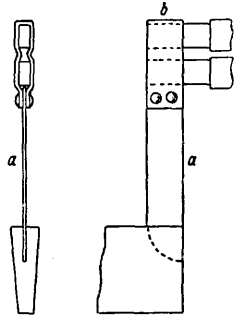
где  $k_1$  — коэфф. проводимости воздушного зазора гладкого якоря в отношении зубцового ( $=1,1$ ). Для машин с дополнительными полюсами, вместо коэфф-та  $1,2 \div 2$ , можно брать  $1 \div 1,2$ , т. е. воздушный зазор можно значительно уменьшить. Подходящая магнитная индукция в сердечниках магнитов и ярме м. б. принята: для железа  $B_m = 14\ 500 \div 16\ 500$ ; для литой стали  $B_m = 14\ 000 \div 16\ 000$ ; для чугуна  $B_m = 500 \div 7\ 000$ . Мень-

шие значения относятся к машинам с добавочными полюсами и к мелким машинам.

Для соблюдения необходимой жесткости при больших диаметрах ярму приходится придавать довольно сложную систему ребер, чтобы увеличить момент инерции. Очень большие машины делаются, по транспортным соображениям, из двух частей. За последнее время на Западе и в СССР переходят от литых станин к сварным из листового железа, чем достигается значительная экономия веса. Напр., статор турбогенератора, изготовленный на ленинградском з-де Электросила из листового железа путем электрической дуговой сварки, дал 40% экономии в весе против чугунного статора. Магниты в машинах постоянного тока либо отливаются из стали или чугуна либо собираются из штампованных пластин динамной стали. Иногда только полюсные наконечники собираются из динамной стали и прикрепляются болтами к стальному сердечнику.

В тяговых двигателях сердечник главных полюсов собирается из выштампованных листов динамной стали.

Спрессованные листы сжимаются с торцовых сторон стальными пластинами, в которых высверлены отверстия для заклепочных болтов. В середину тела полюса вставлен железн. стержень. Полюс привертывается к корпусу двигателя помощью болтов, пропущенных через отверстия в корпусе двигателя и внедренных в тело железн. стержня.



Фиг. 57.

Обмотка возбуждения шунтовых машин м. б. рассчитана из следующих соображений. Максимальная сила тока  $(I_m)_{max}$  возбуждения при напряжении  $U$  на зажимах генератора и сопротивлении  $R_n$  всей обмотки, равняется

$$(I_m)_{max} = \frac{U}{R_n}.$$

Сопротивление  $R_n$  м. б. выражено ф-лой:

$$R_n = \frac{W \cdot l_m (1 + 0,004 \vartheta_m)}{5\ 700 q},$$

где  $W$  — число всех витков шунтовой обмотки,  $l_m$  — проектируемая средняя длина одного витка в см,  $\vartheta_m$  — среднее повышение  $t^\circ$  шунтовой обмотки против окружающей среды ( $15^\circ$ ),  $q$  — сечение провода. Из обоих этих ур-ий следует, что максимальное число ампервитков равняется:

$$AW = (I_m)_{max} \cdot W = \frac{5\ 700 U \cdot q}{(1 + 0,004 \vartheta_m) l_m}.$$

Из приведенной ф-лы можно сделать тот вывод, что, при данных напряжениях  $U$  на зажимах и при средней длине одного витка  $l_m$ , максимальное число ампервитков шунтовой обмотки не зависит от числа витков, а зависит только от сечения провода  $q$ . Сечение рассчитывается с нек-рым запасом по ф-ле:

$$q = (1,1 \div 1,2) \frac{AW \cdot l_m (1 + 0,004 \vartheta_m)}{5\ 700 U}.$$

Джоулевы потери  $W_n$  получаем из ф-лы:

$$W_n = \frac{(1 + 0,004 \vartheta_m) \cdot AW \cdot l_m \cdot s}{5\ 700},$$

где  $s$  — плотность тока. Как можно усмотреть

Табл. 2.—Основные данные для расчета щеток в динамомашинках пост. тока.

Род щеток	Удельное сопротивление при 15° в $\Omega \text{ мм}^2/\text{м}$	Для продолжительной работы без дрожания					Коэффициент трения на контакном кольце	Область применения
		Плотность тока в $\text{А}/\text{см}^2$	Падение напряжения в милл. вт-ках в В	Удельное нажатие в $\text{кг}/\text{см}^2$	Окружная скорость в $\text{м}/\text{сек}$			
Медная ткань . . . . .	0,018	20—30	0,06	0,1	—	0,3	} Для машин очень низкого напряжения	
Пластинчатые, угольные с графитовой прослойкой . . . . .	—	20	1,2	0,1	—	0,25		
Бронзо-графитовые . . . . .	0,8	25—30	0,4	0,15	25	0,15	Контактные кольца из твердой бронзы. Машины пост. тока до 6 В	
Медно-графитовые . . . . .	2	20	0,66	0,15	20	0,16	Контактные кольца из бронзы и железа. Машины постоянного тока от 6 до 20 В	
Высокографитовые мягкие	18	12—15	1,5	0,1	45	0,17	Контактные кольца Быстроходные машины постоянного тока и одноякорные преобразователи на 110 В Быстроходные машины постоянного тока и одноякорные преобразователи свыше 110 В	
»	18	12—15	1,4	0,1	45	0,15		
»	32	10—12	1,9	0,1	45	0,18		
Угольно-графитовые мягкие	20	10—12	1,6	0,125	10—15	0,27	Контактные кольца и машины постоянного тока на 110 В Машины пост. тока на 110—120 В Коллекторные машины переменного тока и машины постоянного тока повышенного напряжения	
Угольно-графитовые средние	30	8	1,7	0,125	20	0,28		
»	35	8	1,8	0,125	20	0,28		
Твердые угольные . . . . .	35	4—5	1,9	0,15	15	0,23	} Машины напряжения свыше 500 В, склонные к искрению	
Очень твердые угольные . . . . .	105	3—4	2,1	0,15	15	0,25		

Табл. 3.—Щетки завода Электроуголь (ст. Кудиново, Московской губ.).

Род щеток	Марка	Допускаемая плотность тока в $\text{А}/\text{см}$	Область применения
Угольные для постоянного тока твердые . . . . .	Т	6—8	Для трамвайных двигателей и динамомашин высокого напряжения Для динамомашин от 110 до 500 В и для двигателей, работающих без перегрузки
Средней твердости . . . . .	7	6	
Угольно-графитовые для пост. тока твердые . . . . .	А	8—10	Специально для динамомашин от 110 до 440 В Для машин среднего напряжения
Средней твердости . . . . .	А1	6—7	
Графитовые для постоянного и переменного тока твердые . . . . .	А2	12—13	Для двигателей постоянного и переменного токов Для быстроходных машин, особенно для машин с добавочными полюсами
Средней твердости . . . . .	W2	12	
Медно-угольные твердые . . . . .	М1	14—16	Для машин переменного тока и машин постоянного тока от 110 до 220 В Для машин перем. и для машин пост. тока в тех случаях, когда от щеток требуется небольшой коэффициент трения
Мягкие . . . . .	М4	12—15	
Медно-графитовые . . . . .	МГ	25	Для машин переменного тока с большим числом оборотов
Медносетчатые . . . . .	—	—	Для двигателей переменного тока
Фольговые . . . . .	—	—	Для машин переменного тока

потери при данных ампервитках и средней длине обмотки прямо пропорциональны плотности тока. При выборе плотности тока исходят лишь из соображений допустимых температур нагревания обмоток, т. к. джоулевы потери, особенно в мощных машинах, не играют большой роли. Среднее повыше-ние температуры равняется

$$\vartheta_m = \frac{C_m}{a_m},$$

где  $C_m$ —эмпирический коэфф.,  $a_m$ —уд. поверхность охлаждения в  $см^2$  на 1 W потерь,  $a_m = \frac{A_m}{w_h + w_n}$  ( $w_h$  и  $w_n$ —потери от гистерезиса в сердечнике и полюсном наконечнике,  $A_m$ —поверхность охлаждения в  $см^2$ ). Коэфф.  $C_m$  составляет: для открытых машин 450÷550, для машин с подшипниковыми щитами 550÷650, для защищенного типа машин (полузакрытых) 650÷750, для совершенно закрытых—1 300 и выше. Плотность тока  $s$  колеблется в границах от 1,2 до 2,5 А. В последовательной обмотке возбуждения сечение  $q = \frac{1}{s} мм^2$ . Плотность тока может быть вычислена, если известны средняя длина витка  $l_m$  и джоулевы потери  $W_n$ , по ф-ле:

$$s = \frac{5700 \cdot W_n}{(1 + 0,004\vartheta_m) \cdot I \cdot W \cdot l_m},$$

где  $W$ —число всех витков последовательной обмотки. Плотность тока колеблется в серийных генераторах в пределах 1÷1,7 А/мм<sup>2</sup>, а в двигателях с перемежающейся нагрузкой (например, в трамвайных, железнодорожных, храповых)—2 ÷ 3 А/мм<sup>2</sup>.

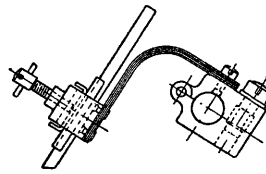
Обмотка возбуждения образуется или из круглой медной проволоки или из прямоугольной, наматываемой на ребро. Круглая проволока идет на намотку полюсных катушек, гл. обр., шунтовых машин, прямоугольная—на катушки вспомогательных полюсов и возбуждительную обмотку последовательных машин. Изолированная медная проволока наматывается на особые гильзы, к-рые изготовляются либо из изолирующего вещества (пропитанного прессованного картона, изолита и т. п.) либо из жести. Гильза надевается на сердечник и удерживается на нем выступающими краями полюсного наконечника или особыми шпильками.

Для лучшего охлаждения обмотки катушки делают б. ч. не толще 4—5 см. Иногда приходится подразделять ее на части впоперечном или продольном направлении или и в том и в другом, чтобы увеличить площадь охлаждения (фиг. 58).

В закрытых трамвайных двигателях применяются катушки из изолированного медного провода прямоугольного или квадратного сечения. Катушки изолируются хлопчатобумажной лентой и пропитываются, сперва под вакуумом и затем под давлением, особой изолирующей (так называемой компаундной) массой, заполняющей все пустоты катушки, так что после осты-

вания катушка представляет собою как бы сплошной монолитный блок. Компаундирование катушек делается с целью улучшения отдачи тепла и предохранения их от сырости. Катушка поддерживается на полюсе особыми металлическ. рамами, насаженными на полюсный башмак. С другой стороны между катушкой и внутренней поверхностью корпуса двигателя закладываются особые плоские пружины для амортизации ударов, происходящих от сотрясения вагона.

Щетки и щеткодержатели. Размер потребной поверхности щеток находится в прямой зависимости от плотности тока  $s_n$  на контактной поверхности. Чем выше выбранная плотность тока, тем лучше условия коммутации. Тем не менее приходится держаться известн. границ, во избежание чрезмерных потерь от переходного сопротивления щеток. Большая плотность тока в щетках имеет еще и то положительное значение, что с уменьшением поверхности щеток уменьшается трение. В табл. 2 и 3 приведены основные данные, относящиеся к наиболее употребительным щеткам для нормальных электрических машин. Значения падений напряжения в щетках для предварительных расчетов приведены в табл. 4. Щеткодержатели изгото-



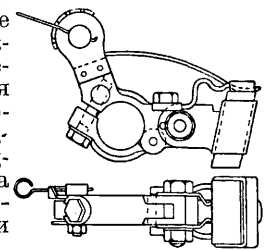
Фиг. 59.

Табл. 4.—Падения напряжения в контактах щеток.

Табл. 4.—Падения напряжения в контактах щеток.

Род щеток	Падение напр-я на одном контакте(сред. знач. для полож. и отриц.) в В	Допуст. плотность в А/см <sup>2</sup>
Твердые угольные . . .	1,1	5—7
Мягкие угольные . . . .	0,9	8—9
Графитовые . . . . .	0,5—0,8	10—12
Металло-графитовые . .	0,15—0,5	15—30

вляются из латуни и состоят из обоймы, закрепленной неподвижно на щеточном болту, и обоймы с гнездом для щетки. Обе обоймы связаны между собой регулируемой пружиной, к-рая нажимает в некоторых конструкциях одним концом непосредственно на щетку. На фиг. 59 и 60 изображены щеткодержатели харьковск. з-да ГЭТ. Первый из них, для металлич. щеток, позволяет регулировать натяжение соединительной пружины поворотом неподвижной обоймы на известный угол; во втором регулирование достигается поворотом рычажка на храповике. Чтобы обеспечить твердое положение щеток, щеточные болты, на к-рые они насажены, закрепляются в щеточной раме, сидящей на неподвижной части машины. Болты изолированы от рамы, но



Фиг. 60.

в то же самое время д. б. соединены между собой через один металлический проводник, что достигается при помощи собирательных колец, соединяющих щеточные болты одного и того же знака. Собирательные кольца соединены гибкими проводами с зажимами машины. Если машина не имеет добавочных полюсов, то щеточная рама устраивается подвижной.

**VII. Потери в Д. постоянного тока.** Преобразование механической работы в электрическую в генераторе и электрической в механическую в двигателе сопровождается целым рядом потерь, вследствие которых часть работы бесполезно превращается в тепло. Все эти потери можно подразделить на следующие виды: 1) механические, 2) электрические, 3) магнитные, 4) дополнительные.

1. Механические потери складываются из потерь от трения в подшипниках, от трения щеток о коллектор и от трения вращающихся частей о воздух. Потери от трения в главных подшипниках могут быть определены по формуле (в W):

$$P = 9,81 \cdot \mu \cdot Q \cdot v_2,$$

где  $\mu$ —коэфф-т трения,  $Q$ —давление в кг,  $v_2$ —окружная скорость шейки вала в м/сек. Потери в шарикоподшипниках можно вычислить по формуле (в W):

$$P \cong 0,015 \frac{Q}{D} v,$$

где  $D$ —диаметр окружности через центры шариков. Потери на трение о воздух не поддаются точному вычислению. Потери на трение щеток о коллектор могут быть вычислены по формуле (в W):

$$P = 9,81 \cdot \mu_b \cdot e_b \cdot F_b \cdot v_k,$$

где  $\mu_b$ —коэфф. трения щеток,  $e_b$ —уд. нажатие щеток в кг/см<sup>2</sup>,  $F_b$ —площадь поверхности соприкосновения всех щеток,  $v_k$ —окружная скорость коллектора. Для медных щеток:

$$e_b = 0,10 \div 0,30 \text{ кг/см}^2; \mu_b = 0,30 \div 0,35;$$

для угольных:

$$e_b = 0,12 \div 0,15 \text{ кг/см}^2; \mu_b = 0,25 \div 0,35.$$

В тяговых двигателях удельное нажатие щеток примерно в два раза больше. По данным Паршалля и Хобарта, общие потери от трения в Д. составляют: от 1 до 3% мощности при 400—60 kW и 300—1 500 об/м. в быстроходных и от 0,8 до 2% мощности при 500—50 kW в тихоходных машинах.

2. Электрические потери складываются из джоулевых потерь в обмотках якоря и возбуждения, потерь от переходного сопротивления щеток и добавочных в обмотке якоря от токов Фуко.

3. Магнитные потери бывают: на гистерезис и на токи Фуко. Потери на гистерезис  $P_h$  м. б. вычислены по ф-ле Рихтера:

$$P_h = \alpha \cdot \frac{f}{100} \cdot \frac{B_{max}}{10\,000} + \beta \cdot \frac{f}{100} \left( \frac{B_{max}}{10\,000} \right)^2 \text{ W/кг},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$ —коэфф-ты, зависящие от качества динамной стали,  $f$ —частота тока в пер/сек. Потери на токи Фуко  $P_w$  в машинах пост. тока м. б. вычислены по ф-ле:

$$P_w = \frac{4}{3e} \left( \delta \cdot \frac{f}{100} \cdot f_2 \cdot \frac{B_{max}}{10\,000} \right) \text{ W/см}^2,$$

где  $e$ —уд. сопротивление листовой стали в  $\Omega \text{ мм}^2/\text{м}$ ,  $\delta$ —толщина листовой стали в см.

4. Дополнительные потери. Кроме рассмотренных, имеется целый ряд добавочных потерь, не поддающихся точному учету ни теоретическим, ни экспериментальным путем. Согласно нормам VDE, ко всем подсчитанным потерям предлагается добавлять известный процент для учета этих дополнительных потерь. Для компенсированных машин постоянного тока установлено 0,5%, а для остальных 1%. Кпд у динамомашин постоянного тока определяется как отношение отдаваемой мощности к получаемой, при чем получаемая мощность составляет из отдаваемой плюс потери.

**VIII. Предельные мощности Д. постоянного тока.** Они определяются максимально допустимыми границами как механич., так и электр., прочности материалов якоря и коммутатора. Подставляя в ф-лу, выражающую мощность на каждую пару полюсов,

$$\frac{N}{p} = \frac{AS \cdot e_k \cdot v}{20j}$$

предельно допустимые величины для: линейной нагрузки якоря  $AS=700$ , окружной скорости якоря  $v=80$  м/сек и напряжения между смежными коллекторными пластинами  $e_k=25$  V, при компенсационной обмотке и добавочных полюсах, получаем (при частоте тока  $f = \frac{pn}{60} = 50$ ) отношение  $\frac{N}{p}$  приблизительно равным 1 400 kW на пару полюсов. Видоизменив ту же ф-лу, получим произведение из мощности  $N$  на число оборотов  $n$ :

$$Nn = 3AS \cdot e_k \cdot v.$$

Подставив предельные величины, имеем:

$$Nn = 4,2 \cdot 10^6.$$

Т. о., при числе оборотов  $n$ , изменяющемся от 4 200 до 100, имеем:

$$N_{max} = 1\,000 \div 42\,000 \text{ kW}.$$

Обычно  $Nn = 1,05 \cdot 10^6$ , так как напряжение между пластинами коллектора принимается в 10—14 V, линейная нагрузка якоря  $AS = 300 \div 500$ ,  $v = 50$  м/сек. Вышеуказанные формулы действительны для обычно применяемой петлевой обмотки, в которой отношение числа пар полюсов к числу параллельных ветвей  $\frac{P}{a} = 1$ .

Величина на напряжения на зажимах в Д. пост. тока ограничивается допустимыми напряжениями между смежными пластинами коллектора и м. б. вычислена по ф-ле:

$$U = \frac{v_k \cdot e_k}{2t_k \cdot f},$$

где  $v_k$ —окружная скорость коллектора в м/сек,  $t_k$ —коллекторное деление в м. Принимая  $f=50$  пер/сек.,  $t_k=0,005$  м,  $v_k=30$  м/сек,  $e_k=20$  V, получим  $U=1\,200$  V. Выбирая меньшее число оборотов при данном количестве полюсов  $2P$ , т. е. уменьшая частоту тока  $f$ , можно рассчитать Д. на большее напряжение. Так, напр., для двухполюсных машин ( $2P=2$ ), принимая вышеуказанные предельные данные, получим для различных значений частоты тока  $f$  и соответствующих им оборотов следующие максимальные напряжения на зажимах динамомашин:

$f = 50$	25	10	5	пер/сек.
$n = 3\,000$	1 500	600	300	об/м.
$U = 1\,200$	2 400	6 000	12 000	V

В настоящее время генераторы пост. тока

высокого напряжения для радиоустановок строятся в 10 000 V и выше. В свое время Тюрн (Thury) построил машину пост. тока с вращающимся индуктором и вращающимися, щетками напряжением в 25 000 V, поместив между пластинами коллектора конденсаторы, предназначенные для тушения образующихся вольтовых дуг. Для ж.-д. двигателей применяются пока напряжения до 1 500 и 2 000 V, рассчитанные на прочность изоляции при последовательном соединении двух двигателей на 3 000 и 4 000 V. Обычно такие двигатели, кроме дополнительных полюсов, снабжаются также компенсационной обмоткой.

Исходя из механич. прочности машины, можно было бы снимать с одной пары полюсов значительно большую мощность, нежели это позволяют максимально допустимые при настоящем состоянии техники электрич. напряжения материалов. Ограничение мощности, снимаемой с одной пары полюсов Д. пост. тока, по соображениям механич. прочности, м. б. вычислено по следующей ф-ле (на пару полюсов):

$$\frac{N}{P} = \frac{1}{10\pi^2 f} \cdot \frac{b_i}{\tau} \cdot B_l \cdot AS \cdot l \cdot v^3 \cdot 10^{-3} \text{ kW.}$$

Приняв  $\frac{b_i}{\tau} = 0,7$ ;  $B_l = 8 000$ ;  $AS = 500$ ,  $v = 80 \text{ м/сек}$ ,  $l = 1 \text{ м}$ , — получаем (на каждую пару полюсов, при  $f = 50$ ):

$$\frac{N}{P} \cong 4 000 \text{ kW.}$$

Наиболее мощные Д. постоянного тока были выполнены фирмами AEG, SSW, BBC и GEC. Примером могут служить двигатели для прокатных станов, мощностью 6 500 kW с  $n = 50 \div 150$ , допускающие мгновенные перегрузки до 24 000 kW. Эти двигатели снабжены двумя коллекторами и имеют напряжение на зажимах: 20-полюсные  $\pm 1 200 \text{ V}$  и 24-полюсные  $\pm 1 500 \text{ V}$ . Соответствующие пусковые генераторы имеют мощность 7 000 kW при напряжении 700 V и  $n = 600$ . Вертикальные генераторы, непосредственно соединенные с водяными турбинами, существуют мощностью 4 300 kW, напряжением от 170 до 350 V, при  $n = 500$ . Для электролитических целей построены генераторы на 20 000 А при 140 V. По предложению проф. Петерсена AEG строит мелкие генераторы постоянн. тока, мощностью 0,3—4 kW, соединенные с водяными турбинами без регулятора скорости, так что число оборотов генератора по мере падения нагрузки увеличивается примерно на 80%. Применением компаундной обмотки возбуждения достигается постоянно напряжение на зажимах при всяких числах оборотов.

**IX. Производство Д. постоянного тока в СССР.** Производство динамомашин постоянного тока в СССР сосредоточено на следующих заводах ГЭТ. На Харьковском электромеханическом заводе сосредоточено производство всех нормальных машин постоянного тока свыше 0,25 до 100 kW мощности, а равно изготовление индивидуальных машин постоянного тока для шахтных подъемников, прокатных станов, регулируемых двигателей и пусковых генераторов, вольтодобавочных агрегатов, уравнительных машин, прокатных двигателей по схеме Кремера, генераторов с

делителем напряжения по системе Доливо-Добровольского, двигателей - генераторов, генераторов низкого напряжения для электролитических целей и т. д. На з-де Динамо в Москве ведется производство тяговых трамвайных и ж.-д. двигателей, генераторов для освещения поездов типа Розенберга, маломощных турбогенераторов для освещения поездов, аккумуляторных тележек (электрокаров), а также производство электрооборудования для тяговых двигателей и подвесного трамвайного и ж.-д. материала. В ближайшее время на з-д Динамо будет перенесено с Харьковского з-да производство крановых двигателей постоянного тока и крановой аппаратуры, а с з-да Электрик — машин высокой частоты и высокого напряжения пост. тока. На заводе Электрик в Ленинграде сосредоточено производство сварочных агрегатов трех величин: на 200, 300 и 600 А. З-д Электросила в Ленинграде изготавливает те же Д., мощностью свыше 100 kW, что и Харьковский з-д, а нормальные моторы до 100 kW строит з-д Вольта в Баранче (Урал).

Заводами ГЭТ в последние годы построен ряд машин, в которых учтены все новейшие достижения западной техники в этой области. Путем применения добавочных полюсов, компенсационных обмоток, вентиляционных устройств и т. п. этим з-дам удалось построить ряд машин с максимальным использованием материалов в электрическом и механическом отношениях при высоких КПД и надежности в работе. Из мощных машин пост. тока, построенных Харьковским з-дом, можно отметить несколько генераторов длительной мощности 2 250 и пиковой — 4 500 kW, при 10 полюсах и 500 об/м. Двигатель типа DM-1а, изготовленный заводом Динамо для Московского трамвая, развивает часовую мощность 55 kW, при напряжении 550 V и 650 об/м. Для электрификации Северных ж. д. разработан тем же з-дом тип ж.-д. вентилированного двигателя с неразъемным корпусом, мощностью 150 kW для работы под напряжением 1 500 V (два двигателя в серию по 750 V). Первые выпущенные двигатели этого типа дали при испытании вполне удовлетворительные результаты.

Общий выпуск (вместе с предполагаемым на 1932/33 г.). Д. пост. тока на з-дах ГЭТ выражается следующими цифрами:

Г о д ы	Мощн. до 100 kW	Общ. мощн.	Мощн. свыше 100 kW	Общ. мощн.
1926/27 . . .	4 100 шт.	41 000 kW	24 шт.	4 600 kW
1927/28 . . .	2 900 »	32 000 »	47 »	10 000 »
1932/33 . . .	12 000 »	120 000 »	350 »	35 000 »

Все необходимые материалы для производства Д. пост. тока изготавливаются в СССР. Динамная сталь поставляется Верхне-Исетским заводом, обмоточный завод — набельными з-дами ГЭТ, угольные щетки — заводом Электроуголь ГЭТ.

Лит.: Шенфер К. И., Динамомашин пост. тока, ч. 1 и 2, М.—Л., 1927; Воронов А. А., Динамоэлектрич. машины пост. тока, Л., 1924; Толвинский В. А., Электрич. машины, ч. 1—Машины пост. тока, Л., 1925; Курбатов С. И., Электрич. машины пост. тока, М.—Л., 1928; Копняев П. П., Электрич. машины постоянного тока, Харьков, 1926; Кулебакин В. С., Испытание электрических машин и трансформаторов, М.—Л., 1928; Люст Г. А., Электрические машины постоянного тока, Ленинград, 1926; Arnold E.—La Cour J., Die Gleichstrommaschine, B. 1—2, Berlin, 1923—27; Richter R., Elektrische Maschinen, B. 1, B., 1924; Walker M., Specifications a. Design of Dynamo-Electrical Machinery, London, 1925.

И. Владос.



**ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМ**, дислокационный метаморфизм, изменение горных пород процессами горообразования, при которых преобладают механические воздействия на породу. Д. в верхних частях земной коры (до глубины 10—12 км) вызывает преимущественно раздробление пород и появление в них вторичной сланцеватости (клинаж). На больших глубинах, вследствие повышения  $t^\circ$ , происходит уже перекристаллизация осадочных пород и превращение их в кристаллич. сланцы и гнейсы. Разбитые Д. породы обладают незначительным сопротивлением на сжатие (если не были сцементированы последующими процессами) и для строительного дела не всегда пригодны. Наличие вторичной сланцеватости чрезвычайно облегчает обработку породы. Подземные выработки и тоннели в подобных породах требуют более тщательного крепления; проходжение буровых скважин в них затруднительно: бур трудно проходит сквозь недостаточно связанные слои и легко защемляется между ними.

Лит.: Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Успехи петрографии в России, гл. 10, П., 1923 (большой список литературы); v a n H e s e, A Treatise of Metamorphism, «U. S. Geol. Survey, Monographs», Wash., 1904, 47; H e i m A., Untersuchungen über d. Mechanismus d. Gebirgsbildung, B. 2, Basel, 1878; G r u b e n m a n n V., Die kristallinen Schiefer, 2 Aufl., B., 1910; H e i m A., Über Tunnelbau u. Gebirgsdruck, «Vierteljahresschrift d. Naturforsch. Ges. in Zürich», Zürich, 1908, B. 53.

Б. Топольницкий.

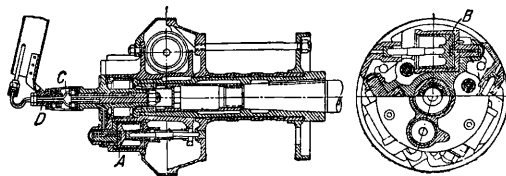
**ДИНАМОМЕТРИЧЕСКАЯ ВТУЛКА**, прибор для определения тяги и момента, развиваемых на гребном воздушном винте. Конструкция комбинированной Д. в., дающая одновременно тягу и момент, чрезвычайно громоздка; поэтому более распространенными являются Д. в., определяющие отдельно тягу и отдельно момент. Д. в. служит почти исключительно при исследовательских работах—для нахождения, главным образом в полете на аэроплане, характеристики винтов (см. *Воздушный винт*). Зная кроме элементов, даваемых Д. в., также и число оборотов по тахометру и скорость полета по указателю скорости, можно найти (имея тарировку Д. в.) и коэфф-ты тяги и мощности винта, т. е.

$$\alpha = \frac{\Phi}{en_0^2 D^4} \quad \text{и} \quad \beta = \frac{T}{en_0^2 D^4}$$

в зависимости от  $\lambda = \frac{V}{n_0 D}$ . Для определения характеристики винта приходится делать только два разновременных эксперимента с одним и тем же винтом, но разными втулками, получая в каждом случае зависимость соответствующего коэффициента характеристики от  $\lambda$ .

Идея Д. в. состоит в том, чтобы найти максимальные окружные силы, которые действуют на винт, путем измерения соответствующих малых перемещений винта по отношению к валу мотора. В стационарных установках при испытании винтов находят перемещения всей винтомоторной установки (см. *Автомобильный двигатель*, фиг. 39); на аэроплане же делать такую установку чрезвычайно сложно и громоздко. Д. в., давая полную картину работы винта на самолете, не дает представления о работе изолированного винта. В современных самолетах почти всегда винт надевается непосредственно на

вал мотора; т. о., мотор вместе с фюзеляжем находится или в потоке за винтом (при тянущем винте) или в потоке спереди винта (при толкающем); от их присутствия поток винта искажается, и поэтому винт, создавая тягу и потребляя известную мощность, своим потоком действует на находящиеся в нем тело и доставляет некоторые добавочные тягу и мощность; эти поправки будут находиться в зависимости от формы и размера тел, находящихся в потоке. Т. о., Д. в. дает некоторые данные о работе винтов, и поэтому она применяется многими исследовательскими институтами, ведающими исследованием самолетов в натуре. На фиг. представлена



конструкция Д. в. комбинированного типа немецкого Испытательного ин-та в Адлерсгофе. Эта втулка надевается обычным путем на конусную часть вала мотора; винт закрепляется на ней обычными фланцами (см. *Втулка винта*), при чем подвижной фланец находится со стороны мотора. Вся измерительная часть расположена спереди (в случае тянущего винта) и состоит из двух частей: части, заклиненной на валу мотора и заключающей в себе цилиндры *A* и *B*, и подвижной втулки, в которой закреплен винт; эта последняя передает аксиальную тягу и тангенциальную реакцию винта через посредство стержней поршням, ходящим в цилиндрах *A* и *B*. Пространство под поршнями при помощи трубок *C* и распределителя *D* связано с регистрирующим прибором, находящимся в кабине. Таким образом, те перемещения, которые имеет винт по отношению к валу, передаются посредством масляной канализации в кабину.

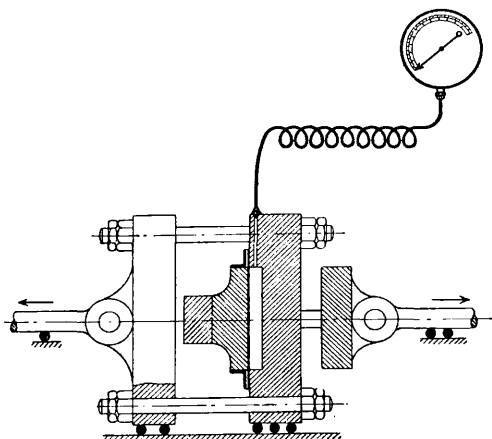
Давление масла, удерживающее в равновесии всю систему, измеряется манометрами, градуированными непосредственно в кгм и кг и отмечающими вращающий момент и осевое усилие винта.

В. Александров.

**ДИНАМОМЕТРИЧЕСКИЙ ВАГОН**, специальный ж.-д. вагон, оборудованный приборами для испытания локомотивов и изучения обстоятельств тяги поездов. Д. в. Научно-технического комитета НКПС (№ 400, Окт. ж. д.) был оборудован в России в 1913 году и работает до настоящего времени; с его помощью были сделаны все наиболее важные испытания локомотивов в СССР, единственные по полноте в мире. Кроме аппаратного зала, в Д. в. обычно имеются: небольшая мастерская для мелкого спешного ремонта приборов, 1—2 купе, помещение для проводника, котельное помещение и уборная. Важнейшими приборами Д. в. являются: динамометр, скоростемер, установка для анализа дымовых газов паровоза, установка для измерения температур.

Динамометры применяются в настоящее время преимущественно г и д р а в л и ч е с к и е, реже—пружинные. В существующих

Д. в. в СССР и в Западной Европе динамометры рассчитаны на предельную нагрузку в 20—35 т, в С. Ш. А.—на значительно большую. Гидравлич. динамометры существуют

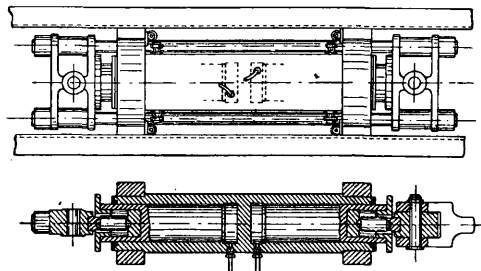


Фиг. 1.

двух типов: диафрагменные (фиг. 1), в которых поршень отделен от жидкости (глицерина с водой или масла) резиновой (СССР) или тонкой латунной диафрагмой (Германия), и плунжерные (фиг. 2) с непосредственным давлением поршня на жидкость. Первый тип проще и надежнее, но менее точен, чем второй; динамометр, изображенный на фиг. 2, измеряет не только тягу паровоза, но и давление поезда на паровоз. Кроме манометра, почти всегда имеется самопишущий прибор, записывающий измеряемую силу на ленте, приводимой в движение от оси вагона. В некоторых Д. в. имеются, кроме того, приборы, непосредственно измеряющие мощность и рабо-

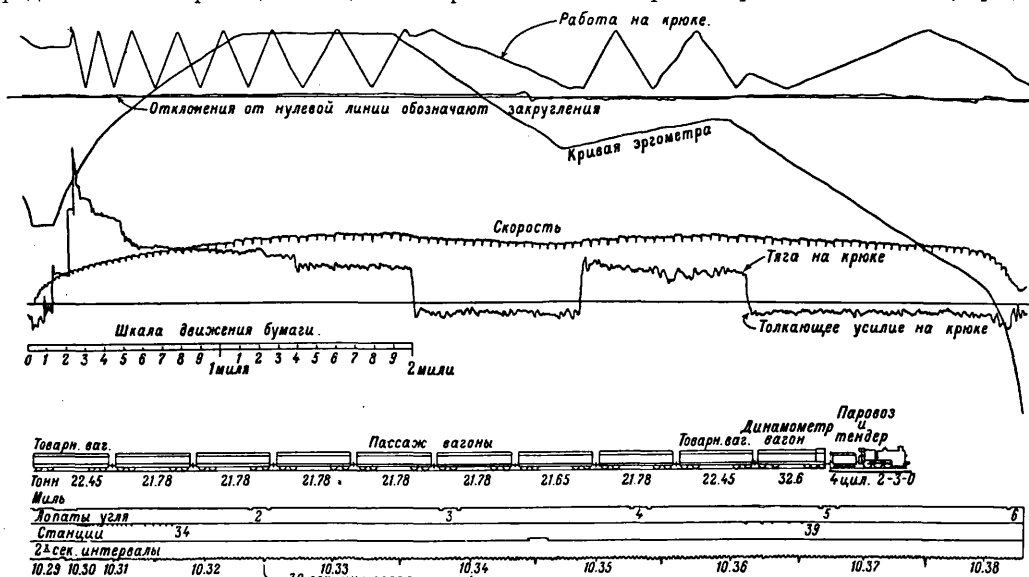
де локомотива или сопротивления поезда и не является характерной для локомотива, т. к. зависит не только от его работы и скорости, но и от профиля пути и ускорения поезда. Скоростемер в старых Д. в. механический, в настоящее время чаще ставится электрический.

Одним из наиболее интересных з.-европ. Д. в. является вагон об-ва Ланкаширской и Йоркширской ж. д. Главным измерительным инструментом служит пружинный динамометр, помещающийся в жесткой раме посредине вагона и связанный как с тяговым крюком, так и с передними буферами Д. в. Он измеряет, т. о., как тягу паровоза, так и давление на него поезда. Число включаемых в действие пружин динамометра меняется в зависимости от величины измеряемых усилий. Деформации пружин передаются непосредственно, без помощи каких-либо рычажных механизмов, на самопишущий прибор. Благодаря особой конструкции динамометр регистрирует лишь разность усилий тягового крюка и обоих буферов, чем



Фиг. 2.

исключается влияние натяжения стязки и неравномерного давления буферов на кривых. Скоростемер—жесткого типа, при чем



Фиг. 3.

ту на крюке. Сила, измеряемая динамометром, служит исходным материалом для вычисления действительной силы тяги на обо-

роту поезда. Скорость поезда измеряется пространством, пройденным в течение каждых 4 сек. Путь, проходимый Д. в., измеряется не от скатов,

а от специального колеса, помещающегося между колесами тележки и прижимаемого пружиной к рельсу. Движение измерительного колеса передается валикам, передвигающим бумажную ленту динамометрического стола помощью переменных передач, допускающих изменение скорости ленты в пределах от 0,1 до 6 м на 1 англ. милю пути поезда. Работа тяги на крюке динамометра регистрируется интегратором. Т. к. кривая работы непрерывно растет, то винт интегратора по окончании хода, представляющего собой работу, равную 50 НР мин. на каждую пару включенных пружин динамометра, идет в обратном направлении, пока опять не дойдет до нулевой линии. Эргометр состоит из комбинации маятникового инерционного динамометра Дедуи (Desdout) и интегратора Абданк-Абакановича; он вычерчивает инте-

гральную кривую  $y = \int_0^s \operatorname{tg} \alpha ds$ , где  $\alpha$ —угол

наклона маятника,  $s$ —путь поезда. Изменение ординаты кривой эргометра пропорционально изменению за тот же участок пути алгебраич. суммы потенциальной и кинетической энергии поезда. При свободн. движении поезда без тяги паровоза регистрируемое эргометром уменьшение энергии поезда вызывается сопротивлением последнего и служит для его определения. Эргометр автоматически учитывает влияние уклонов пути. Кроме того, специальный прибор отмечает на диаграмме кривизну пути, а особые перья отмечают каждую пройденную милю, станции, число сожженных лопат угля, остановки, двухсекундные и 30-секундные интервалы. Полная диаграмма этого прибора изображена на фиг. 3.

Лит.: Янушевский П. С., Динамометрич. вагон Управления ж. д., Ростов н/Д., 1913; Ломосов Ю. В., Опыты, производившиеся в 1912—1914 гг. на быв. Николаевской (ныне Октябрьской) жел. дороге, т. 1, Берлин, 1925; Car Builders' Encyclopedia, 12 ed., New York, 1928; Dictionary of Applied Physics, v. 1, London, 1922. В. Егорченко.

**ДИНАМОМЕТРЫ**, сил о м е р ы, приборы для измерения величин сил. Такое же название носят приборы, употребляемые для измерения работы или мощности машин. Выражение для мощности при поступательном движении:

$$N = Pv \text{ кгм/сек,}$$

где  $P$ —сила в кг, действующая в направлении движения,  $v$ —скорость в м/сек точки приложения силы  $P$ . Для вращательного движения, которое имеет преимущественное применение в машинах

$$N = M\omega = PR\omega,$$

где  $M = PR$ —вращающий момент. Измеряя силу  $P$ , точка приложения к-рой находится обыкновенно на постоянном расстоянии  $R$  от оси вращения, мы тем самым определяем момент  $M$ , вращающий машину. Замечая, что  $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ , где  $n$ —число оборотов машины в мин., и выражая мощность в НР или kW, получаем соответственно два выражения для мощности, которые являются основными:

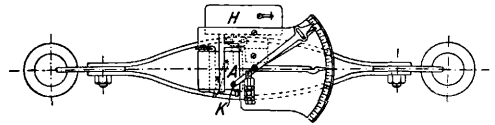
$$N = \frac{2\pi}{60 \cdot 75} M \cdot n \cong \frac{M \cdot n}{716} \text{ НР,}$$

$$N = \frac{M \cdot n}{716 \cdot 1,36} \cong \frac{M \cdot n}{973} \text{ kW.}$$

Т. о., измерение мощности сводится к двум

одновременным измерениям: 1) силы  $P$  или момента  $M$  и 2) скорости  $v$  точки приложения силы или же числа  $n$  оборотов в минуту. Д. осуществляется только первое измерение из указанных двух, т. е. силы  $P$  или момента  $M$ . Для измерения же скорости служат особые приборы (тахометры, счетчики числа оборотов и т. п.). В соответствии с этим Д. следует разделить на два класса: Д. для измерения сил и Д. для измерения моментов.

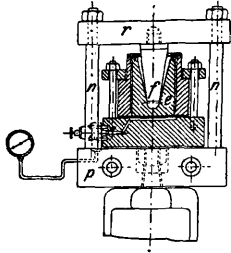
**Д. для измерения сил.** Простейшими Д. такого рода являются обыкновенные, или рычажные, весы, весьма часто применяемые в машинах для испытания материалов (металлов, пряжи, тканей и т. п.). Применение обыкновенных весов в качестве измерителя сил весьма ограничено вследствие того, что



Фиг. 1.

они требуют вертикального направления измеряемой силы и не годятся для измерения больших сил вследствие громоздкости. Гораздо чаще для измерения сил применяются пружинные Д. (фиг. 1). Деления шкалы дают в кг значения силы, растягивающей за ушки пружину Д. Для измерения переменных по величине сил (например, в с. х.—силы тяги лошади или трактора) Д. снабжается самозаписывающим прибором. Часовой механизм  $H$  дает движение барабану  $A$ , на который навивается бумажная лента. Карандаш, помещенный в точке  $K$ , записывает диаграмму сил, в которой ординаты пропорциональны измеряемым силам, а абсциссы—времени. Барабан  $A$  может получать движение также от колеса, к-рое катится по земле, или от шнура, прикрепленного к неподвижному кольцу. В этом случае абсциссы в диаграмме пропорциональны уже не времени, а пройденному пути, и площадь диаграммы в соответственном масштабе равна работе, совершенной на данном пути. Для измерения больших сил нашли себе широкое применение гидравлич. Д., или измерительные коробки. Принцип действия их заключается в следующем. В полом круглом цилиндре движется весьма точно пришлифованный к нему поршень. Другой конец цилиндра закрыт наглухо. Пространство между поршнем и дном цилиндра заполнено маслом. Измеряемая сила давит на поршень и сжимает масло, давление которого указывается манометром. Зная диаметр поршня и давление масла, определяем величину измеряемой силы. Манометр часто градуируется таким обр., что его деления показывают прямо величину измеряемой силы. Неустраняемый зазор между поршнем и стенками цилиндра влечет за собой потери масла и погрешности в показаниях прибора, но величина их весьма невелика. Чаще измерительная коробка устраивается по типу Мартенса (фиг. 2). Измеряемое усилие передается через шаровую пятю  $f$  на поршень  $e$ , к-рый опирается не на масло, а на тонкую мембрану, изображенную на чертеже толстой линией. Материал

мембраны — латунь или резина, толщиной 0,1–0,5 мм. Под мембраной находится масло, воспринимающее давление и передающее его манометру, который обычно показывает величину измеряемой силы в кг. При определении нулевого деления на шкале манометра принимается во внимание собственный вес частей:  $p$ ,  $r$ ,  $n$ ,  $e$  и  $f$ . Для отметки наивысшей нагрузки во время опыта манометр снабжают максимальной стрелкой. Ошибка в показаниях прибора меньше  $\pm 1\%$ . Измерительн.

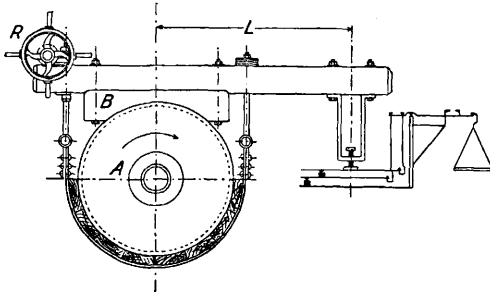


Фиг. 2.

коробка позволяет определять весьма большие усилия с достаточной точностью, поэтому она является в настоящее время обычной частью машин для испытания материалов. По тем же причинам гидравлич. Д. находят себе применение при определении силы тяги паровозов, а также паровых и мотор-

ных плугов. В последнем случае они снабжаются самопишущими приспособлениями [1, 2].  
**Д. для измерения моментов.** По принципу действия все эти Д. делятся на два рода: поглощающие, или тормозные, и трансмиссионные, или передающие.

1. Поглощающие Д. характеризуются тем, что развиваемая машиной работа полностью поглощается Д., превращаясь чаще всего в теплоту. Очевидно, что эти Д. могут применяться только для измерения



Фиг. 3.

мощности машин-двигателей. В зависимости от способа, которым производится поглощение работы, различают Д.: а) трения, б) гидравлические, в) аэродинамические и г) электромагнитные.

а) Д. трения представляют собой не что иное как обыкновенные тормоза колодочные, ленточные или комбинированные. Наиболее простым и старым из них является зажим Прони, две формы к-рого изображены на фиг. 3 и 4. На коренном валу машины (фиг. 3) закреплена тормозная шайба А. Давлением со стороны деревянной колодки В и ленты с деревян. прокладками на ободу вызывается трение. Момент трения  $M_f$  уравновешивается реакцией Р весов на рычаг тормоза, так что  $M_f = PL$ . Регулируя натяжение ленты маховичком R, от к-рого вращение передается через червячную передачу гайке, подтягивающей ленту, добиваются установившегося движения машины при

$n$  об/мин. При этом вращающий момент  $M$  будет, очевидно, равен моменту трения  $M_f$  на ободу шайбы, и значит:

$$N = \frac{Mfn}{716} = \frac{PLn}{716} \text{ IP.}$$

Величина  $\frac{L}{716} = C$  — постоянная Д. Удобно сделать  $L = 0,716$  м, тогда  $C = 0,001$  и

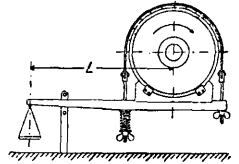
$$N = CPn = 0,001 Pn.$$

Для мощности в kW будем иметь:

$$N = C_1 Pn,$$

где  $C_1 = \frac{L}{973}$ .

Собственный вес рычага не должен входить в величину Р, поэтому его уравновешивают противовесом или же в начале опыта тарируют весы. В тормозе (фиг. 3) ц. т. рычага расположен выше оси вращения шайбы, вследствие чего рычаг при работе не может находиться в устойчивом равновесии. Передача давления на весы устраняет это неудобство, но ставит требование, чтобы были устойчивы сами весы и части, передающие на них давление. Для коренного устранения этого недо-



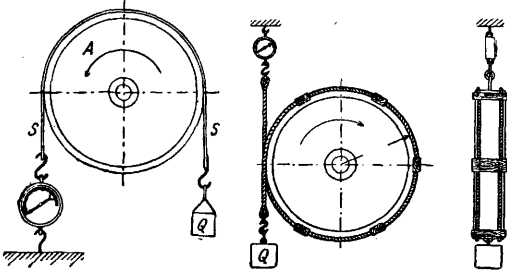
Фиг. 4.

статка следует, где это возможно, производить установку тормоза по фиг. 4, располагая рычаг под шайбой; чтобы грузы не могли перекинуться вместе с рычагом по направлению вращения, обязательно постановка ограничителей хода. Для получения установившегося движения машины необходимо иметь возможность достаточно тонкого регулирования натяжения ленты или нажатия колодок. Часто под одну из гаек или под обе подкладываются пружины (фиг. 4) или резиновые шайбы (фиг. 3); применяется также то и другое одновременно. Регулирование производится от руки и встречает большие затруднения вследствие того, что коэфф. трения между ободом и колодками часто меняется, и тогда равенство моментов  $M$  и  $M_f$  нарушается, вследствие чего нарушается равновесие рычага, и он начинает вращаться, плечо  $L$  изменяется, вызывая дальнейшее изменение величины  $M_f$ . Эти обстоятельства имеют особенное значение при работе с поршневыми двигателями, к-рые не дают постоянного вращающего момента. Колебания в величине коэфф. трения уменьшаются смазкой, к-рая, однако, не д. б. слишком обильной. В простейших случаях на смазку возлагается и роль охладителя. Вообще, в простом тормозе Прони отвод развивающейся от трения теплоты обеспечен весьма плохо. Лучше в этом отношении дело обстоит в ленточных и веревочных тормозах. Ленточный Д. типа Навье (фиг. 5) представляет собой простейшее устройство и является не более как разновидностью зажима Прони. Помимо лучшей теплоотдачи через стальную ленту он отличается от последнего весьма существенно тем, что обладает в известных пределах свойством саморегулируемости. На одном конце S ленты, обхватывающей шайбу А, подвешен груз Q, другой

конец прикреплен к пружинному Д., показания которого будем называть  $q$ . При направлении вращения шайбы  $A$ , указанном на фиг. 5, и при установившемся движении имеем:  $Q - q = P$ , откуда

$$N = \frac{PRn}{716} = \frac{(Q - q)Rn}{716} \text{ HP,}$$

где  $R$ —радиус шкива в м; постоянная Д.  $C = \frac{R}{716}$ . В веревочном Д. в качестве гибкого тела употребляется пеньковая веревка. Угол обхвата делается обычно  $360^\circ$ , как



Фиг. 5.

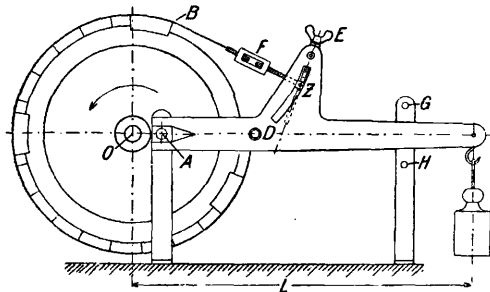
Фиг. 6.

это изображено на фиг. 6. Крайняя простота устройства, спокойная работа, хорошие условия охлаждения при смазке поверхности трения водой или маслом—причины весьма часто применения веревочного Д. при испытании двигателей небольшой мощности. Во избежание перекидывания груза  $Q$  при пуске машины в ход или при внезапном изменении ее нагрузки необходимо прикреплять груз к полу достаточно прочной нитью, к-рая при нормальной работе тормоза не имеет никакого натяжения. Основное ур-ие для веревочного Д.:

$$N = \frac{(Q - q) \cdot (R + r) n}{716} \text{ HP,}$$

где  $r$ —радиус веревки в м. Постоянная динамометра  $C = \frac{R + r}{716}$ .

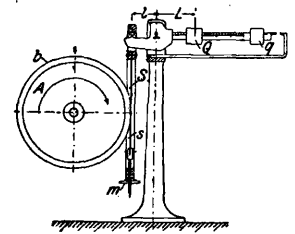
При возрастании мощности или скорости испытываемых двигателей приходится особенно заботиться об отводе развивающейся



Фиг. 7.

при трении теплоты, а также о саморегулируемости тормозов в обеспечение возможно спокойной и безопасной работы с ними. В позднейших конструкциях тормозных Д. поэтому стремились обеспечить: 1) саморегулируемость натяжения ленты или нажатия колодок и 2) надежное охлаждение тормозов. В саморегулирующемся Д. Сименса и Гальске (фиг. 7) для торможения служит

лента  $B$ , подшитая деревянными колодками. Один конец ленты закреплен в точке  $D$  грузового рычага, другой—к ползунку  $Z$ , который приводится в движение винтом  $E$  и может скользить в криволинейном прорезе того же рычага. С приближением ползунка  $Z$  к точке  $D$  натяжение ленты увеличивается, при обратном движении—уменьшается. При помощи винтовой стяжки  $F$  регулируется длина свободного конца ленты, чем достигается грубое регулирование натяжения ее. Для точного регулирования служит ползунки  $Z$ . В прорез левого конца грузового рычага входит с зазором болт  $A$ . При установившемся движении грузовой рычаг должен стоять горизонтально, не касаясь болта  $A$ . Если произойдет нарушение установившегося движения вследствие, напр., увеличения момента трения  $M$ , то лента и вся система рычага примут участие во вращении тормозной шайбы по направлению стрелки, нижняя кромка прореза упрется в болт  $A$ , и наступит ослабление ленты. В обратном случае—в касание с болтом  $A$  придет верхняя кромка, и натяжение ленты увеличится. Штифты  $G$  и  $H$  служат только для ограничения хода рычага и будут действовать лишь в ненормальных случаях, напр., при неправильной установке тормоза. Для правильности измерений необходимо, чтобы центр  $O$  тормозного диска, центр болта  $A$  и ось прореза лежали на одной горизонтальной прямой. Вместо спиц тормозная шайба имеет сплошной диск, примыкающий к ободу обод имеет ребро. Полученное пространство с внутренней стороны обода для охлаждения за-



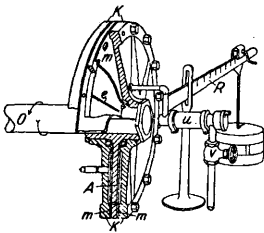
Фиг. 8.

полняется водой, к-рая при движении, вследствие центробежной силы, располагается сплошным кольцом, прижимаясь к ободу. В это водяное пространство вводится особый совок навстречу движению, к-рый забирает часть нагретой воды, и последняя затем попадает в отводную трубу. Свежая вода по другой трубе поступает в нижн. часть шкива по направлению вращения. Количество притекающей воды зависит от мощности испытываемого мотора (руководствуются при этом тем, чтобы не наступало сильн. испарения). Между колодками и ободом смазка не вводится. Д. построен для измерения мощности электромоторов. То обстоятельство, что правильное функционирование тормоза не зависит от числа оборотов тормозного диска, является в данном случае большим удобством. Тормоз может работать только в одном направлении [2]. Удобный саморегулирующийся ленточный, с деревянными колодками, тормоз Суходольского построен для испытаний паровой машины в 250 HP при 60 об/м. В Д. типа Ф. Кюне (фиг. 8) концы  $S$  и  $s$  стальной ленты  $b$ , обхватывающей шайбу  $A$ , прикреплены к поперечинам жесткой рамы, подвешенной к короткому плечу рычага десятич. весов. Груз  $q$  уравнивает

раму. Вдоль оси рамы действует разность натяжений  $S - s$ , которая уравнивается передвижным грузом  $Q$  на длинном плече рычага. При установившемся движении рычаг должен стоять горизонтально. Из условий равновесия его следует:  $QL = (S - s)l$ ; но  $S - s = P = \frac{M}{R}$ , откуда  $M = \frac{QL}{l} R$ , т. е.

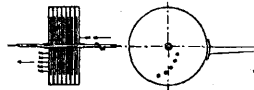
$$N = \frac{QL}{l \cdot 716} Rn \text{ HP.}$$

При помощи маховичка  $m$  можно регулировать натяжение и вместе с тем момент трения  $M_f$ . Охлаждение производится водою точно



Фиг. 9.

так же, как и в динамометре Сименса и Гальске[4]. Весьма своеобразен и удобен Д. Альдена (фиг. 9.) Тормозная шайба в виде чугунного цилиндрического диска  $A$  закреплена на валу  $O$ . Давлением воды из водопроводной сети с напором в 3—4 atm медные листы  $m, m$ , скрепленные с кожухом  $KK$ , прижимаются к диску  $A$ . Эта же вода служит и для охлаждения тормоза. Около втулки диска между ним и медными листами вводится масло для смазки поверхностей трения. Центробежной силой масло отбрасывается к периферии диска, канавки  $e$  служат для распределения масла и его отвода. Для одного из этих Д. указываются такие данные: давление воды  $1,06 \text{ кг/см}^2$ , диаметр диска  $142,2 \text{ см}$ , число оборотов в мин. 300. К кожуху  $KK$ , увлекаемому трением листов  $o$  диск, прикреплен грузовой рычаг  $R$ , назначение которого таково же, как и в обычном нажиме Прони. Величину момента трения  $M_f$  можно регулировать от руки, открывая или прикрывая вентиль  $V$ . Саморегулирование достигается постановкой особого самодействующего клапана  $u$ . При определении размеров Д., работа которых основана на трении твердых тел, следует применять те же основы расчета, как и для тормозов, но обращать внимание на тепловую сторону вопроса. Исходной величиной при этом является вращающий момент  $M$  и число оборотов  $n$ . Назначая радиус тормозной шайбы, определяем окружное усилие  $P$ ; по коэффициенту трения  $f$ , величина которого м. б. принята для расчетов равной 0,1, определяется давление на колодки или ленты на поверхности шайбы не должно превышать  $4 \text{ кг/см}^2$  [4].



Фиг. 10.

б) Гидравлические Д. находят себе применение при измерении мощности машин, совершающих очень большое число оборотов. На фиг. 10 приведена схема одного из гидравлических Д. Ряд дисков, закрепленных на валу машины, вращается вместе с ним, проходя между неподвижными дисками, прикрепленными к стенкам кожуха. Трение воды о диски и вихревое ее движение поглощают развиваемую машиной работу. Созда-

ние противодействующего вращению кожуха момента и измерение его производится при помощи грузового рычага, прикрепленного, как и в Д. Альдена, к кожуху. Степень наполнения водою кожуха зависит от измеряемой мощности. Регулирование производится при помощи вентилей. Всеобщая компания электричества (AEG) дает для мощности, поглощаемой одним диском, такие выражения:

1) гладкий диск:

$$N = 453 \left( \frac{v}{100} \right)^{2,73} \cdot D^2 \text{ HP}$$

или

$$N = 0,144 \left( \frac{n}{100} \right)^{2,73} \cdot D^{4,73} \text{ HP};$$

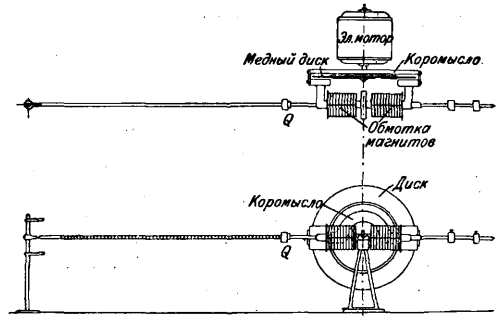
2) кожух гладкий, диск перфорированный (500 дыр, диам. 70 мм):

$$N = 1030 \left( \frac{v}{100} \right)^{2,73} \cdot D^2 \text{ HP}$$

или

$$N = 0,3 \left( \frac{n}{100} \right)^{2,73} \cdot D^{4,73} \text{ HP,}$$

где  $D$ —диам. диска в м,  $v$ —окружная скорость в м/сек. В гидравлич. Д. проф. Юнкера штифты, насаженные на внешней окружности дисков, проходят между штифтами, закрепленными на внутренней поверхности



Фиг. 11.

кожуха. При больших скоростях, соответствующих размерам дисков и их числе гидравлические тормоза могут поглощать огромные мощности и поэтому применяются при испытаниях паровых турбин. При малых скоростях они, однако, неудобны и громоздки. В этих случаях большое применение получил гидравлический тормоз Фруда (см. Автомобильный двигатель, фиг. 37).

в) Аэродинамические Д. (вертушки) по идее сходны с гидравлическими тормозами, с той разницей, что в них для торможения использовано сопротивление воздуха вращению особой крыльчатой вертушки (см. Автомобильный двигатель, фиг. 39).

г) В электромагнитных тормозах для торможения используется взаимодействие между магнитным полем и токами, возникающими в металлич. проводниках, пересекающих магнитный поток. Особенно удобен в работе при испытании электромоторов малых мощностей Д. сист. Сименса и Гальске (фиг. 11). Подковообразный электромагнит опирается на призмы так, что ось его качаний совпадает с осью испытуемого мотора. Магнит возбуждается насаженными на нем катушками. Магнитный поток замыкается через особую железную пластинку-ядро, которая при помощи латунных бугелей за-

крепляется на определенном, регулируемом расстоянии от полюсов электромагнита. Насаженный на ось электромотора медный тормозной диск вращается в зазоре между полюсами электромагнита и ярмом, пересекая магнитный поток. В диске индуцируются токи Фуко, взаимодействие к-рых с магнитным потоком создает противодействующий вращению момент  $M_f$ . Для уравнивания и измерения этого момента служит прикрепленный к электромагниту грузовой трубчатый латунный рычаг с делениями в см и с подвижным грузом  $Q$ ; колебания рычага ограничиваются упорами. С противоположной стороны к электромагниту прикреплен стержень с уравнивающими грузами. При установке груза  $Q$  на нулевом делении противовесы устанавливаются так, чтобы рычаг стоял в горизонтальном положении. При работе мотора тормозной диск увлекает за собой систему электромагнита с рычагом; отодвиганием груза  $Q$  на расстояние  $b$  от нуля рычаг приводят в горизонтальное положение. Мощность определяется по формуле:

$$N = \frac{Qnb}{716} \text{ HP.}$$

При пользовании одним и тем же грузом величина  $\frac{Q}{716} = C$  есть постоянная тормоза; тогда  $N = Cnb \text{ HP}$ . Подбирают  $Q$  так, чтобы  $C = \frac{Q}{716}$  выражалось круглым числом. К числу электромагнитных Д. следует отнести качающуюся динамомашину. Особенность ее устройства заключается в том, что станина не крепится к фундаменту, а укладывается наружи, поверхность коренных подшипников в особые подшпунники (обычно шариковые), стоящие на фундаменте. При таком устройстве весь корпус динамомашины может вращаться относительно якоря вокруг оси последнего. Для уравнивания момента, к-рый вращает корпус, служит прикрепленный к нему рычаг с подвешенным на нем грузом  $Q$ , как это делается и в нормальных тормозных Д. При установившемся движении динамомашинный рычаг должен стоять горизонтально. Момент, создаваемый грузом  $Q$  на плече  $L$ , будет, очевидно, равен вращающему моменту  $M$ . Мощность вычисляется по уравнению:

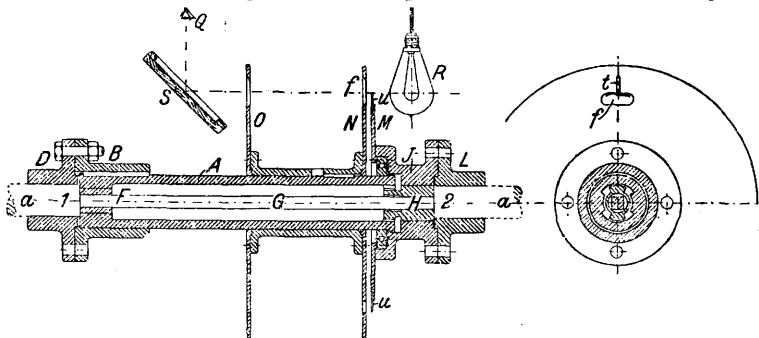
$$N = \frac{QLn}{716} \text{ HP.}$$

Аналогично вышеописанному устраивают и мотор, который служит тогда для измерения мощности приводимых им в движение машин-орудий. В последнем случае надо знать все механические потери в передаче от мотора к станку.

2. Трансмиссионные, или передающие, Д. отличаются от тормозных тем, что измеряемая работа ими не поглощается, а полностью передается дальше. Д. включается между двигателем и машиной-

орудием так, что через него происходит передача работы от первой ко второй; при этом производится измерение передаваемой через Д. работы. По существу вопроса здесь, как и в тормозных Д., измеряется только передаваемый момент  $M$ ; измерение скорости машины производится одновременно, но другими приборами, которые иногда входят в состав Д. Количество трансмиссионных Д., отличающихся друг от друга своим устройством, весьма велико. В каждом из них наиболее существенной частью является та, которая служит для измерения вращающего момента. В настоящее время большинство из них снабжается самопишущими приспособлениями, записывающими все изменения вращающего момента; по диаграммам, которые при этом получаются, можно судить о характере изменения момента, в то время как тормозные динамометры дают только среднее значение его. В некоторых трансмиссионных Д. измерительные приспособления приводятся в действие непосредственно измеряемым моментом, в других — косвенно, через промежуточные механизмы и передачи. В соответствии с этим первые можно назвать Д. прямого действия, а вторые — Д. непрямого действия.

а) Из Д. прямого действия наиболее простыми по принципу действия и в то же время наиболее часто употребляемыми на практике являются крутильные, или торсионные, Д. В качестве измерительного приспособления в них служит



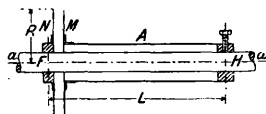
Фиг. 12.

участок круглого вала определенной длины  $l$ , скручиваемый измеряемым моментом  $M$ . По известной формуле

$$M = \frac{G}{l} \cdot \frac{d^4}{32} \varphi,$$

где  $d$  — диам. вала,  $G$  — модуль упругости при сдвиге и  $\varphi$  — угол скручивания вала на длине  $l$ . Измерение момента  $M$  сводится к измерению угла  $\varphi$  скручивания. Крутильные Д. системы Амслера (фиг. 12). Между двумя концами испытуемого вала  $a$ , ведущим 1 и ведомым 2, включается измеряющий валик  $G$ , изготовленный из пружинной стали. На концах этого валика надеты наглухо втулки  $F$  и  $H$ , из которых  $F$  жестко соединена с полым валом  $A$ , а  $H$  — с фланцем  $J$ . На левом конце трубы  $A$  заклинен фланец  $B$ , соединяемый болтами с муфтой  $D$ , насаженной на конце 1 вала  $a$ ; фланец же  $J$  присоединяется к концу 2 вала  $a$  через

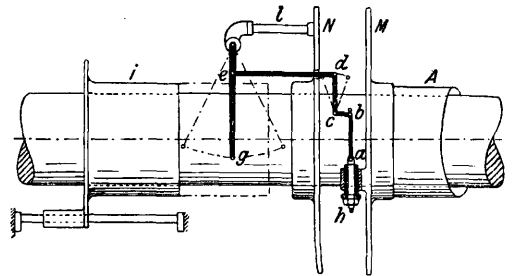
фланец  $L$ . Для измерения угла  $\varphi$  кручения служат диски  $O$ ,  $N$  и  $M$ . При работе  $D$  валик  $G$  скрутится, и диск  $M$  повернется на угол  $\varphi$  относительно дисков  $O$  и  $N$ , которые останутся неподвижными. При помощи зеркала  $S$  через узкую радиальную щель на диске  $O$  и прорез  $f$  со щелью  $t$  на диске  $N$  глаз  $Q$  увидит (в увеличенном виде) деления на окружности целлюлоидного кольца  $u$ , освещенного сзади лампой  $R$ , и определит угол  $\varphi$ . При числе оборотов, большем 250 в минуту и постоянной величине момента  $M$ , часто повторяющиеся изображения делений дают впечатление почти непрерывного изображения, так что отчет угла скручивания труда не представляет. Помимо описанного способа отсчета угла  $\varphi$ , существуют и другие [1]. К  $D$ , обыкновенно прилагается несколько измерительных стержней  $G$  с тем, чтобы получить для момента  $M$  возможно большие углы  $\varphi$ . Каждый стержень калибруется, и зависимость между углом  $\varphi$  и моментом  $M$  наносится на диаграмму, по которой по наблюдаемому  $\varphi$  сразу находится соответствующий  $M$ . Для проверки делений к фланцам динамометра прикрепляются болтами рычаги, и к ним подвешиваются грузы. Упоры  $H$  и  $A$ , изображенные на поперечном разрезе, служат для ограничения угла скручивания во избежание перенапряжения стержня  $G$ . Фирма Амслер строит описанные  $D$  для моментов от 10 до 1 000 кгм, что дает пределы для мощности от 4,2 HP при  $n = 300$  об/мин. для первого и до 4 200 HP при  $n = 3 000$  об/мин. для второго, при чем имеются модели, для которых не обязательно включение в промежуток между валами, а которые могут устанавливаться на особой станине. Главное неудобство описанного  $D$ . (необходимость работать при постоянном моменте) устраняется в других устройствах введением разнообразных самопишущих и регистрирующих приспособлений, число систем к-рых довольно велико [2]. В динамометре системы Фёттингера (фиг. 13) роль измерительного стержня  $G$  играет участок  $HF$  самого рабочего вала длиной  $L$  (1—2 м). В сечении  $H$  измерительная труба  $A$  наглухо соединена свалом  $aa$ , на левом конце ее закреплен диск  $M$ . В сечении  $F$  закреплен диск  $N$ . При работе вала сечение  $H$ , а вместе с ним труба



Фиг. 13.

$A$  и диск  $M$  повернуты относительно сечения  $F$  и диска  $N$  на угол  $\varphi$ , равный углу кручения вала на длине  $L$ . Для отсчета угла  $\varphi$  при переменном моменте Фёттингер ввел самопишущее приспособление (фиг. 14). Переменный вращающий момент обуславливает изменения угла  $\varphi$ , следствием чего являются колебания диска  $M$  относительно диска  $N$ . Эти колебания при посредстве шарнирного механизма  $abcd$ , вращающегося вместе с дисками, передаются перу  $g$ , записывающему соответствующую диаграмму на неподвижном барабане  $i$ , обтянутом бумагой. Другим пером, закрепленным на колонне  $l$ , записывается нулевая линия. Абсциссы в полученной диаграмме пропорциональны углу поворота, ординаты—соответствующей мгно-

венной величине вращающего момента. Площадь, к-рая заключена между линией моментов, двумя ординатами и осью абсцисс, пропорциональна работе, переданной валом при угле поворота, определяемом расстоянием между взятыми ординатами. Механизм  $abcd$  имеет целью не только передачу движения от ведущей точки  $a$  на окружности диска  $M$  перу  $g$ , но и увеличение этих перемещений. В одной из моделей Фёттингера это увеличение было равно 22, так что, при наибольшем перемещении точки  $a$  в 2 мм, соответствующая ордината на диаграмме равнялась 44 мм. Увеличение легко проверить в начале опыта путем перемещения точки  $a$  микрометрическим винтом  $h$  и сравнением его с соответствующим перемещением пера  $g$ . Барабан  $i$  может быть выведен из-под пера  $g$  в положение, изображенное на фиг. 14 сплошными линиями, для смены бумаги. Для уравнивания на дисках симметрично располагают два записывающие механизма, что одновременно дает и контроль записей. Крупным неудобством прибора в таком виде



Фиг. 14.

является слишком большая скорость, с которой карандаш  $g$  скользит по бумаге, что влечет порчу карандаша и бумаги, а также дает большую длину диаграммы. Для устранения этого барабану  $i$  сообщают вращение по направлению вращения вала с некоторым опережением или отставанием. Материал карандаша на основании опытов—твердая латунь; бумага—плотная индикаторная. Определение масштаба ординат на диаграмме производится по формуле:

$$M = \frac{G}{L} \cdot \frac{d^4}{32} \varphi,$$

где  $G$ —модуль упругости сдвига,  $L$ —длина вала,  $d$ —его диаметр и  $\varphi$ —угол кручения. Если  $R$ —радиус вращения точки  $a$ , то ее перемещение будет дуга  $s = R\varphi$ , т. е.

$$M = \frac{G}{LR} \cdot \frac{d^4}{32} \cdot s.$$

Обозначив через  $k$  увеличение, даваемое механизмом, и обозначая длину измеряемой ординаты через  $x$ , имеем  $x = k \cdot s$ , т. е.

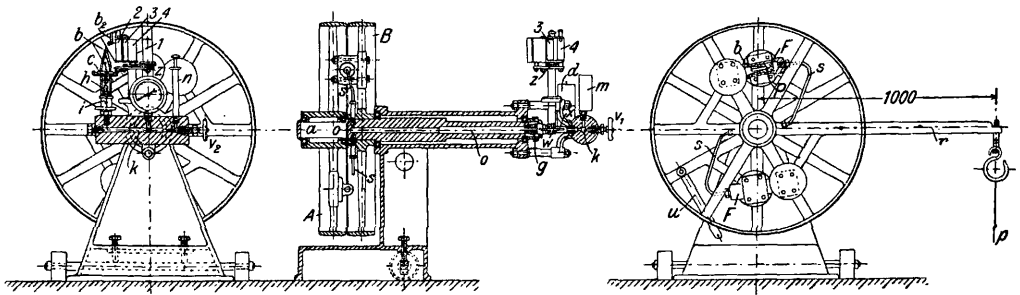
$$M = \frac{G}{L \cdot R \cdot k} \cdot \frac{d^4}{32} \cdot x = C \cdot x,$$

где  $C$ —постоянная, требующая предварительного определения модуля  $G$  для материала вала. На основании ряда опытов Фёттингер установил, что для стали с временным сопротивлением от 45 до 50 кг/мм<sup>2</sup> и удлинением не менее 20% можно брать в среднем  $G = 828 \cdot 800$  кг/см<sup>2</sup> с погрешностью менее 1/2%. При выборе измерительной длины  $L$  надо иметь в виду получение доста-



точного угла  $\varphi$  кручения и вместе с тем получение компактного устройства. Следует обращать внимание на то, что при переменном моменте измерительная труба  $A$  испытывает крутильные колебания. Недопустимо, чтобы период собственных ее колебаний совпал близко с периодом возмущающего момента. В одной из своих моделей Фэттингер принял  $L=2,2$  м,  $R=400$  мм при  $d=320$  мм [3, 9, 7].

б) Д. непрямого действия. Гидравлический Д. системы Амслера (фиг. 15) служит для измерения потребления мощности различными машинами-орудиями;

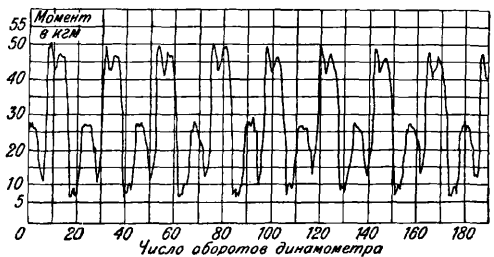


Фиг. 15.

он приводится во вращение от двигателя или трансмиссии ремнем, который набегаёт на шкив  $A$ , свободно насаженный на ось  $a$  Д. Со шкива  $B$ , закрепленного на оси Д., вторым ремнем вращение передается на шкив испытываемой машины. От шкива  $A$  вращение передается шкиву  $B$  через две измерительные коробки, цилиндры  $F, F$  которых наглухо скреплены со спицами шкива  $B$ , а поршни  $P, P$  воспринимают давление от спиц шкива  $A$  через стержни  $b, b$ . По трубкам  $s, s$  и осевому каналу  $oo$  масло, заключенное в цилиндрах, передает давление в камеру  $k$ , на которой закреплены манометр  $m$  и цилиндр индикатора  $i$ . Так как расстояние  $R$  цилиндров  $F, F$  от оси Д. неизменно, то отклонения стрелки манометра будут пропорциональны величине вращающего момента  $M = P \cdot R$ , где  $P$ —сила давления на поршни цилиндров. Шкала манометра градуирована так, что стрелка показывает прямо значение момента в кгм. Вентиль  $v_1$  позволяет регулировать величину отверстия, соединяющего канал  $oo$  с камерой  $k$ ; благодаря этому можно тушить колебания давления масла в камере  $k$ , вызываемые случайными причинами (сшивка ремней и т. п.), чем облегчается отсчет момента по манометру, и получается более спокойная линия моментов на самопишущем приборе. Цилиндрич. коробка  $d$  несет в себе запас масла для пополнения убыли, вызываемой просачиванием масла в сальнике  $g$  и цилиндрах  $F, F$  измерительных коробок. Подача масла из резервуара  $d$  в канал  $oo$  осуществляется насосом  $n$ , при открытом вентиле  $v_2$ , который обычно закрыт. Весьма ценным дополнением является прибор, регистрирующий изменения моментов. Устройство его таково: поршенок  $h$  индикатора через механизм  $c$  приводит в движение карандаш  $b$ , перемещения к-рого увеличены по сравнению с перемещениями поршенька. Под карандашом прохо-

дит бумага, навивающаяся на барабан. Движение барабан заимствует от винта  $w$  на оси Д., через червячное колесо  $x$  и зубчатые колеса  $z$ , которые рассчитаны так, что перемещение бумаги на 1 мм соответствует одному обороту оси Д. Барабаны 2, 3 и 4 служат для направления бумаги. Карандаш  $b_2$  вычерчивает нулевую линию; перемещения карандаша  $b$  пропорциональны вращающему моменту. По масштабу пружины и увеличению механизма определяется масштаб ординат. Фиг. 16 представляет диаграмму моментов, записанную Д. для селфактора на одной из суконных ленинградских

фабрик. На диаграмме ясно выражен полный цикл работы селфактора, продолжительность которого  $t = 15$  сек. Планиметрированием можно определить работу за цикл, а по  $t$ —среднюю мощность. Предварительная выверка динамометра осуществляется просто и надежно путем закрепления шкива  $B$  при помощи упора  $u$ , прикрепления к шкиву  $A$  рычага  $r$  длиной в 1 м и подвеской на крюке грузов  $p$ . Необходимым условием правильности показаний Д. является полное вытеснение воздуха из масла. Недостатком Д. является искажающее влияние центробежной силы. Путем предварительного

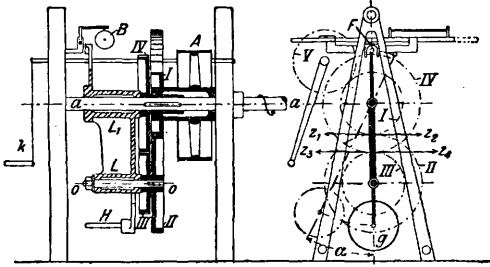


Фиг. 16.

опыта это влияние можно установить, но в известных пределах чисел оборотов погрешностью этой можно пренебречь. Собственное сопротивление Д. очень невелико. Точность измерений  $\pm 2\%$ . Описанный прибор построен для 50 кгм. Наибольшее допустимое число 250 об/мин. Наибольшая мощность, доступная измерению, — 17,5 лр. Диаметры шкивов 900 мм, ширина каждого из них 120 мм, вес Д.—430 кг.

Зубцовый Д. сист. Амслера (фиг. 17). Ремнем от двигателя или трансмиссии вращение передается шкиву  $A$ , на втулке к-рого закреплено зубчатое колесо  $I$ . Через зубчатые передачи  $I-II$  и  $III-IV$  вращение

передается валу  $aa$ , на к-ром заклинено колесо  $IV$ , а с вала  $aa$  ремнем от шкива, не показанного на чертеже, — испытываемой машине. Колеса  $II$  и  $III$  представляют одно целое и заклинены на оси  $oo$ , вращающейся в подшипнике  $L$ , входящем в состав чугунного маятника  $LL_1$ , с осью подвеса  $aa$ . На



Фиг. 17.

стержне  $H$  маятника помещается добавочный груз  $g$ . Обозначим радиусы колес соответственно через:  $r_1, r_2, r_3$  и  $r_4$ , давления на зубец  $I-II$  — через  $z_1$  и  $z_2$ , а в передаче  $III-IV$  через  $z_3$  и  $z_4$ . Рукоятка  $k$  и колесо  $V$  служат для ручной работы; при работе от двигателя или трансмиссии рукоятка снимается. При работе динамометра маятник под влиянием давления на зубцы отклонится на угол  $\alpha$  от вертикального положения в новое равновесное положение, изображенное на чертеже. Обозначая через  $l$  расстояние ц. т. маятника  $LL_1$  от оси подвеса, а через  $G$  — его полный вес, напишем условия равновесия:  $z_3 r_3 - z_4 r_4 = Gl \sin \alpha$ ; так как  $z_1 = z_2$ ;  $z_3 = z_4$ ;  $z_2 r_2 = z_3 r_3$  и  $z_4 r_4 = M$ , где  $M$  — измеряемый момент, то

$$z_3 r_4 \left(1 - \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4}\right) = Gl \sin \alpha,$$

или

$$M = \frac{Gl}{1 - \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4}} \cdot \sin \alpha.$$

Величина

$$\frac{Gl}{1 - \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4}} = C = \text{Const},$$

следовательно,  $M = C \cdot \sin \alpha$ .

Измерение момента  $M$  сводится к измерению  $\sin \alpha$ . Производится это так: при повороте на угол  $\alpha$  маятник  $LL_1$  концом  $F$  передвигает линейку со шкалой, проходящую под неподвижным указателем. Устройство в точке  $F$  ползуника, как указано на чертеже, обеспечивает пропорциональность отклонений линейки величине  $\sin \alpha$ . Для записи кривой моментов линейка снабжена карандашом, ведущим запись на барабане  $B$ , получающем вращение от одного из валов  $D$ . Вес добавочного груза  $g$  подбирается так, чтобы моменту вращения на валу  $M$  в 1, 2, ... кгм соответствовало круглое число на линейке. Масштаб шкалы на линейке, а следовательно, и ординат на диаграмме, устанавливается вычислением или путем предварительного опыта. Фирма строит эти  $D$ . на моменты в 15 и 60 кгм. Недостатки  $D$ .: большая инерция деталей измерительной части и вытекающая отсюда неприменимость  $D$ . при быстро меняющемся моменте; трение

в передачах, которое необходимо предварительно оценить и исключить; износ передач.

О приборах для определения тяги и момента, развиваемых воздушными гребными винтами, см. *Динамометрическая ступка*.

Лит.: <sup>1)</sup> Грамберг А., Технич. измерения при испытании машин и контроле их в производстве, М., 1927; <sup>2)</sup> «Engineering», L., 1928, May 4; <sup>3)</sup> «Вестник Общества технологов», П., 1914, стр. 621—627; <sup>4)</sup> «Z. d. VDI», 1917, p. 619; <sup>5)</sup> Nettman P., Der Torsionsindikator, В., 1923; <sup>6)</sup> Föttinger, Effekt. Maschinenleistung und effektives Drehmoment, «Mitt. Forsch.», В., 1905, Н. 25; <sup>7)</sup> «Z. d. VDI», 1924, p. 830; Amsler A., Some New Types of Dynamometers, «Engineering», London, 1911, July 28, p. 128; Handbuch d. physikalischen u. technischen Mechanik, hrsg. v. F. Auerbach u. W. Hort, В. 1, Lpz., 1927; Gramberg A., Maschinentechnisches Versuchswesen, В. 1, Berlin, 1923. **Х. Негов.**

**ДИНАС**, огнеупорный материал кислого характера, состоящий преимущественно из  $SiO_2$ . Кроме высокой огнеупорности (1 680—1 750°),  $D$ . обладает значительными теплопроводностью и механич. прочностью при высоких  $t^\circ$ . Лучшие сорта  $D$ . не размягчаются при длительном нагревании до 1 600—1 650°. Удельн. вес хорошего  $D$ . составляет 2,34—2,35, средних сортов—2,40; объемный вес 1,65—1,85; временное сопротивление на сжатие 150—300 кг/см<sup>2</sup>; пористость хороших английских и германских образцов 22,0—29,0%; коэфф. внутренней теплопроводности в интервале 200—1 000° (по Ван-Ринзуму) изменяется от 0,48 до 1,24.

Микроскопическое исследование  $D$ . показывает наличие в нем трех кристаллич. разновидностей  $SiO_2$  — кварца, кристобаллита и тридимита — и небольшого количества аморфного стекла; иногда наблюдаются также кристаллы силиката извести (воластонит). Огнестойкость  $D$ . определяется общим содержанием в нем  $SiO_2$  и количеством последнего, перешедшего при производственном обжиге в тридимит (тридимитизация). Высокосортный, или т. н. тридимитовый динас, содержащий сравнительно мало неизменившегося кварца, получается после длительного обжига при  $t^\circ$  около 1 450°. При нагревании готовых изделий в течение 2 часов при 1 350° д. б. лишь незначительное увеличение объема (линейное расширение 0,5—0,75%). Тридимитизация  $D$ . сопровождается уменьшением уд. в. с 2,65 до 2,34 и увеличением объема до 14,0%. При тридимитизации  $D$ . крупнокристаллич. сырье (кварц, песок, кристаллич. кварцит) требует более тонкого измельчения его и более длительного обжига при высоких  $t^\circ$ , чем мелкокристаллич., богатые аморфным цементом, т. н. кремнистые кварциты третичной эпохи.

По химич. составу и стойкости при высоких  $t^\circ$  различают три сорта  $D$ .; химич. состав их (в %) показан в следующей таблице:

Состав	Сорта		
	А	Б	В
SiO <sub>2</sub> . . . . .	94,0—96,0	90,0—94,0	80,0—90,0
CaO . . . . .	1,3—1,8	0,3—2,7	Не опред.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,5—1,9	3,4—7,0	1,2—2,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,6—1,1	0,3—0,6	1,2—2,3
MgO . . . . .	0,05—0,15	0,1—0,4	Не опред.
Щелочи . . . . .	0,3—0,7	0,6—1,3	0,4—1,2

Высший сорт А готовится из высококачественных кремнистых кварцитов с добавле-

нием известкового молока; он особенно применим для горелок и сводов стеклоплавильных и металлургич. печей. Сорт Б приготавливается из кварцитов с добавкой смешанной известково-глинистой связки или только огнеупорной глины и применяется в печах, работающих при менее высоких  $t^{\circ}$ , в особенности коксовых и газовых (реторты). Аналогичный по химическому составу огнеупор. материал, но из особого вида сырья, изготавливается в Англии под названием *газитер* (см.). Сорт В, приготавливаемый из кварца, кварцита или бывшего в употреблении Д. с добавкой 30—40% пластической огнеупорной глины, частично может содержать и *шамот* (см.). Этот сорт очень распространен за границей; на Урале под названием кварцево-глинистых кирпичей его применяют взамен более дорогого шамотного материала для футеровки мало ответственных частей обжигательных и плавильных печей.

Производство Д. Главными операциями при производстве Д. являются: измельчение сырой породы, тщательное смешение с известковым молоком, формование сырца, его сушка и обжиг. Сырце подвергают дроблению на камнедробилке системы Блека или, при большой производительности, на конусодробилке до кусков в 5 см в поперечнике. После этого обычно производится промывка дробленой породы для отделения загрязняющих—глинистых или земляных—примесей. Дальнейшее измельчение обычно производится на бегунах. Содержание частиц размером ниже 0,5 мм доводится до 50—60%. Смешивание измельченного сырья с известковым молоком производят на тех же бегунах, но чаще, в особенности в новых установках, измельчение производят на тяжелых бегунах, а смешивание—на бегунах более легкой конструкции или в *глиномятках* (см.). В настоящее время в целях рационализации производства процесс приготвления рабочей массы полностью механизмуется: передача материала производится транспортерами, загрузка—особыми питающими и дозирующими устройствами. Известковое молоко добавляют к порошку в количестве 8—10% веса готовой шихты. Иногда в шихту вводят коллоидные вещества для увеличения пластичности рабочей массы, а следовательно, и для придания большей механической прочности сырцу до и после сушки. Все большее значение приобретает введение в динасовую шихту неорганических соединений в качестве минерализаторов, т. е. ускорителей процесса тримитизации. В качестве коллоидов вводят так называем. с и л и к а н и т, мелассу, жидкое стекло и др. Минерализаторами могут служить сравнительно незначительные примеси вольфрамовой и молибденовой к-ты и в особенности соединения фосфорной кислоты, например, фосфорит. Так как подобные примеси понижают огнеупорность готового Д., то они должны применяться лишь в незначительных количествах.

Формование сырца (в виде кирпичей или фасонных изделий) происходит или вручную или механически. При ручном способе приготвления Д. шихта забрасывается, утряхивается и утрамбовывается в металличе-

ских пролетных формах. Нормальный кирпич формируется по три штуки одновременно в одной форме. Форму предварительно посыпают чистым кварцевым песком. Отформованный кирпич помещают на этажные вагонетки, направляющиеся в сушильные устройства. Крупные изделия формируются из менее влажной и более тонко измельченной шихты и хорошо утрамбовываются. Просушивание их должно производиться в возможно покойном месте: сотрясения, вызываемые работой машин и передвижением вагонеток, вредно отражаются на изделиях. Нек-рые з-ды применяют механич. подпрессовку сформованных вручную изделий после частичной их подсушки. При массовом производстве нормального кирпича или фасонных изделий применяется механич. формование, т. н. сухое прессование из маловлажных шихт. Для мелких фасонных изделий применяют фрикционные, винтовые, рычажные и другие типы прессовых устройств. Новейшие кирпичные прессовые устройства с вращающимся круглым столом и 16 коробками дают до 1 500 штук сырца в час при давлении 170—180 кг/см<sup>2</sup> и при влажности массы в 7—8%. Т. к. во время обжига динасовые изделия «растут», то формы и прессовые коробки изготовляют несколько меньшего размера, уменьшая каждый размер на 3—3,5%.

Сушилки для Д. не представляют каких-либо специфич. особенностей. Для массовой сушки одномерных изделий успешно применяют широко распространенные в настоящее время в керамич. деле камерные сушилки герм. систем Дудерштадта и Келера и америк. фирм Проктор и Шварц, Ричардсон и др. Более крупные изделия часто сушат над обжигательными печами, размещая в один, два, три ряда по высоте. Иногда устраивают специальные сушильные площадки, обогреваемые снизу дымовыми газами или газами из отдельных топок. В отличие от керамич. изделий динасовые легко переносят сравнительно быструю сушку. Как правило, Д. должен быть полностью высушен, прежде чем поступит в печь для обжига.

Обжиг Д. требует особого внимания. Установление наиболее благоприятного режима обжига и охлаждения Д. зависит от очень многих факторов. Из них важнейшими являются: свойство сырой кварцевой породы и отношение ее к нагреванию (скорость тримитизации), степень измельчения шихты, величина механич. воздействия при формовании изделий, размер, форма и массивность подлежащих обжигу изделий. Крупные изделия вообще требуют более длительного и осторожн. обжига и более медленно охлаждения. Необходимая осторожность увеличивается с применением в качестве сырья трудно тримитизирующихся кварцитов, кварцевого песка и других. Обжиг Д. в небольших производствах происходит в печах периодич. действия, прямоугольного или круглого сечения, с обратной тягой и полугазовыми топками. В крупных производствах нормального кирпича применяют многокамерные печи непрерывного действия, работающие на генераторном газе. В этом случае обжиг крупных фасон. изделий все же происходит в периодич. печах, дающих

возможность сравнительно легко изменять режим обжига и охлаждения, в зависимости от характера подлежащих термической обработке изделий. В настоящее время начинают применять для массового производства нормального динасового кирпича газовые тоннельные печи; этот тип печей весьма экономичен и удобен, однако устройство подходящих газовых горелок пока затруднительно, обычный же тип последних дает сосредоточенные факелообразные струи пламени, к-рые ударяют в отдельные изделия и группы их, а не омывают их плавно и равномерно, что особенно важно для Д. Расход топлива при обжиге Д. сравнительно высок. Для печей периодич. действия с обратной тягой он составляет ок. 35—50% веса готовой продукции; в газовых многокамерных печах он снижается до 18—20%, а в тоннельных печах до 15—16%.

Общее потребление Д. в СССР в 1926/27 г. составило около 100 000 т, в том числе ок. 17 000 т фасонных изделий и около 16 700 т кварцево-глинистого кирпича.

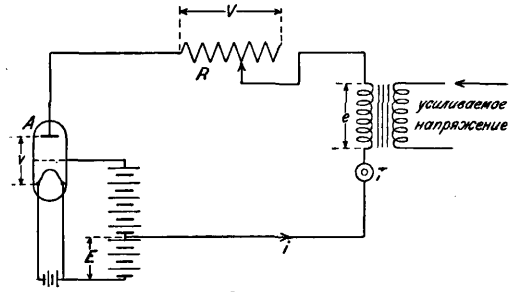
Испытания стандартного динасового кирпича производятся в отношении правильности формы, целости углов и ребер, степени точности размеров, химич. состава, чистоты звука, огнеупорности, временного сопротивления на сжатие и удельного веса.

Производство Д. в СССР в настоящее время сосредоточено пока на двух специальных заводах огнеупорных изделий—при ст. Красногорке Екатеринбургской ж. д. и при ст. Деконской Донецких ж. д.; кроме того, строится новый з-д при ст. Пантелеймоновке Донецких ж. д., где ставится тоннельная печь системы Ленгердорфа.

Лит.: Белянкин Д. С., К полиморфизму кремневой кислоты, «Изв. Геологич. н-та», Л., 1924, 9; Грум-Гржимайло В. Е., Пламенные печи, ч. 3, стр. 1—10, М., 1925; Юрганов В. В., Тримитовый динас и его приготовление, «Керамика и стекло», Л., 1926, 3, стр. 213—218 и 4, стр. 280—284; «Годовые обзоры минеральных ресурсов СССР», изд. Геологич. комитета, Л.; Ross D., Silica Refractories. Factors Affecting Their Quality, «Technol. Papers of the Bureau of Standards», Washington, 1919, 116; Inslay H. A., Klein A., Constitution and Microstructure of Silica Brick a. Changes Involved through Repeated Burnings at High Temperatures, ibid., 1919, 124; Seagle A. B., Refractory Materials, Their Manufacture and Uses, L., 1924; Losman R. B., The Properties of Silica, N. Y., 1927; Freyberg B., Die Tertiärquarzte Mitteldeutschlands und ihre Bedeutung für die feuerfeste Industrie, Stg., 1926; Litinsky L., Schamotte und Slika, ihre Eigenschaften, Verwendung, Prüfung, Lpz., 1925; Litinsky L., Feuerfeste Baustoffe für Kammern der Kokerel und Gaswerksöfen, Halle a/S., 1926; Bischoff C., Die feuerfesten Tone und Rohstoffe, sowie deren Verwendung in d. Industrie feuerfester Erzeugnisse, 4 Aufl., Leipzig, 1923. В. Юрганов.

**ДИНАТРОН**, специальный тип трехэлектродной электронной лампы с усиленным решетчатым электродом, предложенный Хеллом. Д. работает в специальных динатронных схемах (фиг. 1) на принципе испускания вторичных электронов, выбиваемых испускаемыми раскаленной нитью т. н. первичными электронами из пластинки А (соответствующей аноду обычной лампы). В динатронной схеме на решетчатый электрод накладывается значительное («анодное») напряжение, на пластинку же (являющуюся здесь управляющим электродом)—значительно меньшее. При изменении последнего ток на управляющую пластинку меняется по

своеобразной характеристике (фиг. 2) со средней падающей частью  $ab$ : в этой области напряжение на управляющей пластинке



Фиг. 1.

достаточно велико для того, чтобы ускоренные им первичные электроны могли выбить из пластинки большее число вторичных электронов, чем число падающих—первичных. Вторичные электроны увлекаются на решетчатый электрод, а результирующее число всех электронов, попадающих на пластинку, становится отрицательным; вследствие

этого и получается падающая часть характеристики. Однако при дальнейшем увеличении напряжения на пластинке вылет вторичных электронов все более затрудняется, и характеристика снова идет вверх. Подбором сопротивления  $R$  (фиг. 1) крутизна падающей части м. б. сделана очень большой. Т. к. падающая часть приблизительно прямолинейна, то

$$E = V + v + e = Ri + r(i_0 - i) + e,$$

откуда искомая крутизна  $\frac{di}{de} = \frac{1}{r-R}$ , так как  $E$  и  $i_0$ —величины постоянные. Включая тот или иной индикатор (наприм. телефон  $T$ ) в цепь пластинки, можно пользоваться динатронной схемой как усилительной. Точный подбор величины  $R$  в таких схемах гораздо более важен, чем подбор аналогичных параметров в обычных усилительных схемах. Т. к. характеристика должна всегда в своей средней (т. е. рабочей) части оставаться падающей ( $\frac{di}{de} < 0$ ), то  $r$  всегда должно быть

меньше  $R$ . Величина  $r = \frac{v}{i_0 - i}$ , или точнее

$r = -\frac{dv}{di}$ , представляет собой абсолютную величину отрицательного сопротивления  $\frac{dv}{di}$ , присущего всякой падающей

характеристике и обуславливающего возможность генерации колебаний. Колебательная динатронная схема составляет подобно схеме фиг. 3, при чем необходимое условие генерации есть  $R > r$ , где  $R$ —эквивалентное сопротивление колебательного контура в цепи пластинки А. Никаких определенных преимуществ перед обычными схемами динатронные



Фиг. 3.

схемы не имеют. Действие Д. может быть осуществлено и с обычными триодами (с обычной слабой сеткой), если ограничиваться малыми мощностями, т. е. не перегружать сетки. О динатронном эффекте подробнее см. *Лампа электротонная*.

*Лит.*: Zenneck J. u. Rukor H., Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie, Stg., 1925; Morecroft J. H., Principles of Radio Communication, N. Y., 1927; Hull A. W., «Phys. Rev.», Corning, 1916, 7, p. 141; «Proc. of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1918, 6, p. 535. **Б. Введенский.**

**ДИНИТРОПРОДУКТЫ**, полупродукты, являющиеся либо промежуточными для синтеза красящих и взрывчатых веществ (В.В.) либо ступенями к ним. Динитропродукты получают при действии азотной кислоты в присутствии различных растворителей и водоотнимающих средств на ароматические углеводороды и их фенолы, хиноны, галоидопроизводные и т. д.

В бензольн. ряду следует отметить *м-динитробензол*, который при восстановлении в щелочной среде, гл. образом сернистыми щелочами, переходит в *м-нитранлин*, ценную диазосоставляющую для ряда азокрасителей, а при восстановлении в кислой среде переходит в *м-фенилендиамин*. Аналогично ему *2,4-динитротолуол* при восстановлении в кислой среде переходит в *м-толуилендиамин*. При дальнейшем нитровании динитротолуол переходит в обладающий взрывчатыми свойствами тринитропродукт, применяемый в военном деле под названием *тротила*. Получаются как *м-динитробензол*, так и динитротолуол либо непосредственным нитрованием углеводородов смесью азотной и серной кислот, либо дополнительным донитрованием мононитропродуктов.

Наибольшее применение из Д. бензольного ряда имеет *2,4-динитрохлорбензол*, получаемый нитрованием хлорбензола или предварительно приготовленных *о* и *п*-мононитрохлорбензолов. Благодаря исключительной подвижности атома хлора, этот Д. служит для целого ряда конденсаций и гл. обр. для получения *динитрофенола*, являющегося исходным продуктом для синтеза весьма распространенного красителя—черного сернистого. С другой стороны, при дальнейшем нитровании динитрофенол переходит в тринитропродукт—*пикриновую к-ту*, являющаяся и желтым красителем и В. В. Динитрофенол может быть получен и непосредственно нитрованием фенола, но способ его получения через динитрохлорбензол является более рентабельным.

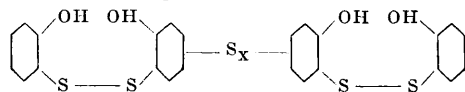
Из производных нафталинового ряда необходимо отметить *1,5-* и *1,8-*динитронафталины, получаемые непосредственным нитрованием нафталина или дополнительным нитрованием *α*-нитронафталина. Отличительным свойством нитрационного процесса в нафталиновом ряду является способность нитро-группы вступать лишь в *α*-положение, тогда как *β*-изомеры получают окольным путем через диазониновые соли (по Зандмейеру). *1,5-* и *1,8-*динитронафталин является ценным исходным продуктом для синтеза протравного красителя—*нафтаза* и *на*, выпускаемого в продажу под назва-

нием ализаринового черного, получаемого действием  $SO_3$  на *1,5-*динитронафталин в дымящей серной к-те. *1,8-*динитронафталин, который получается совместно с *1,5-*изомером в количестве вдвое больше, чем последний, и *к-рый м. б.* отделен от него, благодаря их различной растворимости в серной к-те и органич. растворителях, нашел себе применение в качестве исходного продукта для синтеза коричневого сернистого красителя—*криогенового коричневого*. Кроме того, при восстановлении этот Д. переходит в *1,8-пифендиамин*, служащий для получения сульфокислот нафтилендиамина и аминаофтола и для синтеза *пиримидино*. В смеси с нитратом аммония *1,8-*динитронафталин является также В. В., называемым *аммонитом*.

Динитропроизводные антрахинонного ряда, гл. обр. *1,5-* и *1,8-*, находят применение для синтеза протравных красителей—полиоксиантрахинонов, гл. образом *1,2,4,5,6,8-*гексоксиантрахинона, выпускаемого в продажу под названием *ализаринового синего WR*. Эти Д. получают при нитровании антрахинона в различных растворителях или в состоянии взвеси.

*Лит.*: Ворожцов Н. Н., Ступени в синтезе красителей, Л., 1926; Bucherer H. Th., Lehrbuch der Farbenchemie, 2 Aufl., Lpz., 1921; Reverd in F. u. Fuida H., Tabellarische Übersicht über Naphthalinderivate, Basel, 1894; Tauber E. u. Normann R., Die Derivate des Naphthalins, B., 1896; Ristenpart E., Chem. Technologie d. org. Farbstoffe, Lpz., 1925; de-Barry-Barnett E., Anthracene a. Anthrachinone, N. Y., 1921; Fierz-David H. E., Grundlegende Operationen d. Farbenchemie, B., 1924; Fierz-David H. E., Künstliche organ. Farbstoffe, B., 1926; Cain J. C., The Manufacture of Intermediate Products for Dyes, N. Y., 1919; Rowe, Colour Index, N. Y., 1924. **И. Иоффе.**

**ДИОКСИДИФЕНИЛСУЛЬФИД**, продукт конденсации фенола с серой, уплотненную ф-лу к-рого придают веществу, заменяющему таннин в качестве протравы для основных красителей—*закрепителю Т* (полученному инж. Н. В. Филипповым и Б. С. Воронковым при долгом нагревании водного раствора фенолята с серой), представляющему по их мнению тело следующего схематического строения:



Это тело не является химич. индивидуумом. Возможно, что нек-рые сорта *катанола*, также заменяющие собой таннин для закрепления основных красителей, получаемые не кипячением водного раствора фенолята, а сплавлением фенола с серой, представляют тела, имеющие в основе своего строения Д.

*Лит.*: Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; «Известия текстильной промышленности и торговли», М., 1926. **И. Иоффе.**

**ДИОПТРИЯ**, мера оптич. силы линзы, равная обратной величине ее фокусного расстояния, выраженного в *м*. Одна Д.—преломляющая способность линзы с фокусным расстоянием в *1 м*, а менее преломляющие стекла будут выражаться долями Д., напр., *0,50 Д.*, *0,25 Д.* и т. д.; стекла же более преломляющие—числами: *1,5 Д.*, *2 Д.* и т. д. (большими *1*). В случае собирательных линз

соответствующие им  $D$ . обозначаются со знаком плюс; в случае рассеивающих линз—со знаком минус. Чтобы выразить фокусное расстояние данной линзы в см, надо число 100 разделить на число соответствующих ей  $D$ . В настоящее время измерение  $D$ . становится общепринятым и вытесняет прежнее обозначение оптич. силы стекол номерами, показывающими фокусное расстояние их, выраженное в дм. (№ 32, например, обозначает, что фокусное расстояние равно 32 дм., и т. д.). Для перечисления обозначений дюймовой системы на метрическую исходят из равенства  $1 D. = № 40$ ; тогда, например, № 10 =  $\frac{40}{10} = 4 D.$

С. Кравков.

**ДИОПТРЫ**, простейший визирный прибор, применяемый в геодезич. инструментах небольшой точности (эккер, высотомер, астролябия) или в качестве искателя на трубах более точных приборов.  $D$ . состоят из прорези для глаза, в виде узкой щели (0,5—0,75 мм), круглого отверстия (диам. до 0,75—1 мм) или ряда таких отверстий (глазной  $D.$ ), и рамки с натянутыми крестообразно волосками или одним волоском (предметный  $D.$ ). Оба  $D$ . прикрепляются к вращающейся около вертикальной или горизонтальной оси алидадной части прибора в расстоянии ясного зрения. Диоптры с двумя волосками применяются в высотомерах (измерение углов наклона линий) и в гелиотропах;  $D$ . с одним волоском—в буссоли, астролябии, эккере, алидаде и других приборах (для измерения горизонтальных углов или графич. занесения проекции данных направлений на горизонтальную плоскость мензульного планшета). Иногда, для возможного визирования по двум противоположным направлениям без изменения положения алидады, в обоих диоптрах делаются и отверстия (или узкая прорезь) для глаза и широкая щель с волоском для наведения на цель. В таком случае можно каждым из  $D$ . пользоваться и как глазами и как предметным (двойные  $D.$ ). При визировании через отверстие или прорезь глазного  $D.$ , вращением подвижной части прибора совмещают точку пересечения нитей предметного  $D$ . с определенной точкой сигнала или волосок предметного  $D$ . с вертикально поставлен. вехой. Точность визирования  $D$ . этих приборов не превышает 1—2'. Диоптры проверяются: 1) на перпендикулярность коллимационной плоскости к горизонтальной плоскости лимба, 2) на перпендикулярность оси щели к плоскости лимба, 3) на совпадение коллимационных плоскостей обеих пар в двойных диоптрах. О  $D$ . неподвижных и подвижных—см. *Астролябия*.

**ДИОРИТ**, глубинная порода, состоящая из кислых известково-натровых полевых шпатов (плагиоклазов) с одним или несколькими представителями окрашенных минералов—магнезиальной слюды, роговой обманки или авгита. Второстепенными составными частями диорита являются: окислы железа, апатит, циркон, реже—пирит, титанит, гранат. Некоторые разновидности  $D$ . содержат кварц (кварцевые  $D$ .) и представляют, т. о., переход к гранитам, отличаясь от последних содержанием б. или м. основных плагиоклазов. В зависимости от состава,  $D$ . делят на

роговообманковые (или просто  $D$ .—наиболее распространенные разновидности), авгитовые, слюдяные и др. Нормальный диорит, по своему составу, принадлежит к породам средней кислотности: количество  $SiO_2$  от 55 до 60%, у кварцевых—доходит до 65%, у богатых плагиоклазом бескварцевых—до 50%. Кроме  $SiO_2$ , в состав  $D$ . входят: 15—22%  $Al_2O_3$ , 4—16%  $FeO + Fe_2O_3$ , 5—12%  $CaO$ , 4—8%  $MgO$ , 0,5—2%  $K_2O$ , 2—4%  $Na_2O$ , 0,8—2%  $H_2O$ . Удельн. в. 2,75—2,95. Окраска  $D$ .—от темнозеленой до черно-зеленой или же зеленая с белыми вкрапленностями. Структура  $D$ .—от мелкозернистой до крупнозернистой; крупность зерна может меняться в одном и том же залегании: краевая зона штоков и жил обыкновенно мелкозернистая, а центральная часть—крупнозернистая. Своеобразной структурой  $D$ . является шаровая, образованная на большой глубине из концентрич. скопленный попеременно темных и светлых минералов.  $D$ . принадлежит к породам, наименее снашиваемым и наиболее сопротивляющимся раздавливанию (1 800—2 400 кг/см<sup>2</sup>). Благодаря своей чрезвычайной вязкости  $D$ . раскалывается и разбивается с трудом, почему обработка его затруднительна.  $D$ . встречается в виде штоков, жил и лакколитов. Месторождения его встречаются в вост. и зап. Альпах, Карпатах, Вогезах, южной Венгрии, Корсике, Аргентине, Чили, в С. Америке (Иеллоустон); в СССР—на Урале, в Карелии и других местах.  $D$ ., благодаря своим свойствам, представляет ценный строительный материал; в частности, он с успехом применяется в качестве подкладок для двигателей и подпорок камней под мостовые фермы; в дорожном деле  $D$ . применяется в виде щебня. Красивые разновидности диорита (шаровой  $D$ . с острова Корсика) употребляют для декоративных изделий и сооружения художественных зданий.

Лит.: см. *Горные породы*.

И. Мушенко.

**ДИПОЛЬ** электрический, система, образованная двумя равнопротивоположными электрич. зарядами, находящимися в некотором расстоянии друг от друга. Произведение абсолютной величины зарядов  $q$  на вектор  $l$ , идущий от отрицательного к положительному заряду, называют электрич. моментом диполя:

$$M = q \cdot l. \quad (I)$$

Этот момент обычно является периодическ. функцией времени.  $D$ . является простейшим элементом, рассматриваемым при излучении электромагнитной волны. Для определения излучения обращаемся к ур-ням Максвелла:

$$\varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} = \text{rot } H; \quad (I) \quad -\mu \cdot \frac{\partial H}{\partial t} = \text{rot } E; \quad (II)$$

$$\text{div } E = 0; \quad (III) \quad \text{div } H = 0; \quad (IV)$$

В координатах эти ур-ня имеют следующий вид ( $H_z$ , совпадающая по направлению с  $M$ , равна нулю):

$$\left. \begin{aligned} \frac{\varepsilon}{c} \cdot \frac{\partial E_x}{\partial t} &= -\frac{\partial H_y}{\partial z} \\ \frac{\varepsilon}{c} \cdot \frac{\partial E_y}{\partial t} &= \frac{\partial H_x}{\partial z} \\ \frac{\varepsilon}{c} \cdot \frac{\partial E_z}{\partial t} &= \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (I')$$

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\mu}{c} \cdot \frac{\partial H_x}{\partial t} &= \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \\ -\frac{\mu}{c} \cdot \frac{\partial H_y}{\partial t} &= \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \\ 0 &= \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (II')$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0; \quad (III')$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} = 0. \quad (IV')$$

Здесь  $\epsilon$ —диэлектрический коэфф. среды,  $\mu$ —проницаемость,  $c$ —скорость света в пустоте. Как показал Герц, эти ур-ия можно интегрировать при помощи вектора Герца  $P$ , удовлетворяющего дифференциальному ур-ию:

$$\frac{\mu\epsilon}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = \nabla^2 P, \quad (2)$$

или в координатах:

$$\frac{\mu\epsilon}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 \Pi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Pi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Pi}{\partial z^2}. \quad (2')$$

Тогда

$$\sqrt{\epsilon} \mathbf{E} = \text{rot rot } P, \quad (3)$$

$$\sqrt{\mu} \mathbf{H} = \frac{1}{v} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \text{rot } P, \quad (4)$$

где

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad (5)$$

скорость распространения света в данной среде. Если электромагнитное поле создается Д., заряд которого колеблется по какому-либо закону, то вектор Герца будет иметь постоянное направление, параллельное оси момента Д. Модуль этого вектора  $\Pi$  м. б. выражен в этом случае при помощи ф-лы

$$\Pi = \frac{f\left(t - \frac{r}{v}\right)}{r}, \quad (6)$$

в которой  $f$ —произвольная функция, непрерывная вместе с первыми двумя производными по координатам и по времени, а  $r$ —расстояние от центра диполя. Получаемый таким образом интеграл дает сферическую волну, распространяющуюся из начала координат со скоростью  $v$ .

Вид функции  $f$  очевидно будет определяться характером движения зарядов в колеблющемся Д. Временно оставляя вид функции  $f$  неопределенным, находят составляющие магнитного и электрич. векторов. Если момент Д. параллелен  $OZ$ , то уравнения (3), (4) и (6) дают для проекций  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  выражения:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon E_x &= \frac{3xz}{r^5} f + \frac{3xz}{vr^4} f' + \frac{xz}{v^2 r^3} f'' \\ \epsilon E_y &= \frac{3yz}{r^5} f + \frac{3yz}{vr^4} f' + \frac{yz}{v^2 r^3} f'' \\ \epsilon E_z &= \frac{3z^2 - r^2}{r^5} f + \frac{3z^2 - r^2}{vr^4} f' + \frac{z^2 - r^2}{v^2 r^3} f'' \\ H_x &= -\frac{1}{c} \left( \frac{y}{r^3} f' + \frac{y}{vr^2} f'' \right) \\ H_y &= \frac{1}{c} \left( \frac{x}{r^3} f' + \frac{x}{vr^2} f'' \right) \\ H_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Выражения (7), так же как и (6), обращаются в бесконечность в начале координат. Следовательно, найденные решения не дают физически верной картины поля в непосредственной близости к Д.

Выделив эту часть, рассмотрим ур-ия (7) во всем остальном пространстве. Слагаемые

выражений (7)—величины разного порядка относительно переменной  $r$ . На малых расстояниях все члены ничтожно малы по сравнению с первыми, зависящими от минимальной степени расстояния. Кроме того, при малом  $r$  можно считать, что

$$t - \frac{r}{v} \approx t. \quad (8)$$

В виду этого в части, близкой к Д., ур-ия (7) принимают такой вид:

$$\left. \begin{aligned} \epsilon E_x &= \frac{3xz}{r^5} f(t) & H_x &= -\frac{y}{cr^3} f'(t) \\ \epsilon E_y &= \frac{3yz}{r^5} f(t) & H_y &= \frac{x}{cr^3} f'(t) \\ \epsilon E_z &= \frac{3z^2 - r^2}{r^5} f(t) & H_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7')$$

Чтобы определить вид функции  $f$ , сравним электрич. поле, определяемое выражениями (7), со статич. полем Д. Это сравнение приводит к необходимости выбрать ф-ию  $f$  таким обр., чтобы вблизи начала координат она переходила в переменный момент Д.:

$$f\left(t - \frac{r}{v}\right) = M\left(t - \frac{r}{v}\right). \quad (9)$$

Рассмотрим теперь поле вдали от Д. в волновой зоне (см.). При достаточно большом  $r$ , в выражениях (7) можно пренебречь всеми членами за исключением последних, содержащих  $r$  в максимальной степени. Введем сферич. координаты:

$$\frac{x}{r} = \sin \vartheta \cos \varphi, \quad \frac{y}{r} = \sin \vartheta \sin \varphi, \quad \frac{z}{r} = \cos \vartheta, \quad (10)$$

где  $\vartheta$ —зенитное расстояние, а  $\varphi$ —долгота сферической системы координат; тогда

$$\left. \begin{aligned} \epsilon E_x &= \frac{1}{v^2 r} f'' \left(t - \frac{r}{v}\right) \cos \varphi \sin \vartheta \cos \vartheta \\ \epsilon E_y &= \frac{1}{v^2 r} f'' \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin \varphi \sin \vartheta \cos \vartheta \\ \epsilon E_z &= -\frac{1}{v^2 r} f'' \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin^2 \vartheta \\ H_x &= -\frac{1}{cvr} f' \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin \varphi \sin \vartheta \\ H_y &= \frac{1}{cvr} f' \left(t - \frac{r}{v}\right) \cos \varphi \sin \vartheta \\ H_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7'')$$

Из этих ф-л видно, что  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  совпадают по фазе. Обычным образом можно найти, что

$$\mathbf{E} \perp \mathbf{H}, \quad \mathbf{E} \perp \mathbf{r} \quad \text{и} \quad \mathbf{H} \perp \mathbf{r}. \quad (11)$$

Следовательно, в волновой зоне, на поверхности сферич. волны, линии магнитного поля совпадают с параллелями, а линии электрического поля—с меридианами. Абсолютная величина векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  определяется уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} |\mathbf{E}| &= \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} = \frac{1}{\epsilon v^2 r} f'' \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin \vartheta \\ |\mathbf{H}| &= \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} = \frac{1}{cvr} f' \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin \vartheta \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Из ур-ия (12) видно, что вектор Пойнтинга  $S$  (плотности энергии) направлен по радиусу сферы; по абсолютной величине он равен:

$$|S| = \frac{c}{4\pi} |\mathbf{E}| \cdot |\mathbf{H}| = \frac{1}{4\pi\epsilon v^2 r^2} f''^2 \left(t - \frac{r}{v}\right) \sin^2 \vartheta. \quad (13)$$

Энергия, которая излучается колеблющимся диполем за время  $t$ , определяется как

поток вектора энергии через всю поверхность сферы за время  $t$ :

$$S_t = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \int_0^t |S| r^2 \sin \theta dt = \frac{2}{3\epsilon_0 v^2} \int_0^t f'^2 \left( t - \frac{r}{v} \right) dt. \quad (14)$$

В случае гармонически колеблющегося Д.

$$M = ql \sin \frac{2\pi}{T} t; \quad (15)$$

излучаемая им за период  $T$  энергия, на основании ур-ия (14),

$$S_T = \frac{16}{3} \cdot \frac{\pi^4 q^2 l^2}{\epsilon \lambda^2}, \quad (16)$$

где  $\lambda = vT$  — длина излучаемой Д. электромагнитной волны.

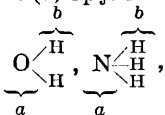
*Лит.:* Хвольсон О. Д., Курс физики, 2 изд., т. 5, стр. 339—405, Берлин, 1923; Эйхенвальд А. А., Теоретич. физика, ч. 1—Теория поля, М.—Л., 1927; Hertz H., Untersuchungen über die Ausbreitung der elektr. Kraft, Lpz., 1914; Abraham M., Theorie der Elektrizität, B. 1, 7 Aufl., Lpz., 1923; Cohn E., Das elektromagnetische Feld, 2 Auflage, Berlin, 1927.

**К. Теодоричи.**

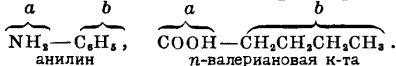
**Диполь молекулярный.** Всякая частица вещества всегда состоит из некоего числа разноименных электрич. зарядов. Если в сумме эти заряды дают либо положительный либо отрицательный заряд, то имеется наэлектризованная частица, называемая и о. н. о. м. Если же частица, напр., молекула, электронейтральна, то центры масс всех положительных и всех отрицательных зарядов могут не совпадать. Если расстояние между этими центрами равно  $d$  (п л е ч о Д.), а сумма положительных зарядов (равная сумме отрицательных) равна  $e$ , то

$$\mu = ed$$

будет величиной электрич. дипольного момента. Дебай и Дж. Дж. Томсон предложили разделять молекулы на дипольные, или полярные, обладающие б. или м. значительным готовым дипольным моментом, т. е. Д. в отсутствии внешнего электрич. поля, и на неполярные (для них  $\mu=0$ ). К полярным относятся молекулы, построенные несимметрично из химически активных (а) и неактивных (б) групп по схеме [а—б]:



органич. вещества, содержащие углеводородную цепь или ядро, к одной стороне которых присоединены «полярные группы» —NH<sub>2</sub>, —CO·OH, —OH, —NO<sub>2</sub> и др., напр.:



Такие вещества имеют весьма высокую диэлектрическую постоянную ( $\epsilon$ ), напр.:

$$\epsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 81, \quad \epsilon_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 22,$$

резко убывающую с температурой ( $T$ ): «молярная поляризация»

$$P_0 = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{D} = a + \frac{b}{T},$$

где  $M$  — молекулярный вес,  $D$  — плотность,  $a$  и  $b$  — постоянные, при чем

$$b = \frac{4\pi N}{9kT} \cdot \mu^2$$

( $N$  — число Авогадро,  $k = \frac{R}{N}$  — постоянная Больцмана и  $\mu$  — момент Д.); при этом  $a$  за-

висит от возможного смещения зарядов в молекуле под действием внешнего электрич. поля. Очевидно, что величине момента Д. можно определить из экспериментальных данных для изменения диэлектрич. постоянной с  $T$ . Т. о., получены значения:

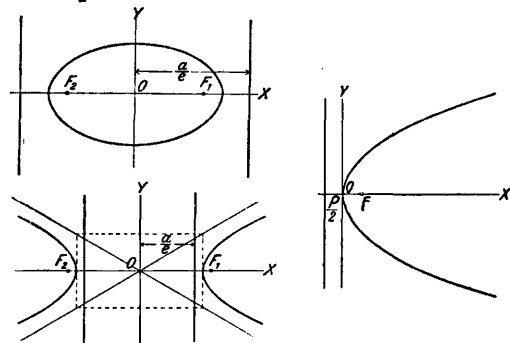
$$\mu_{\text{NH}_3} = 1,53 \cdot 10^{-18}, \quad \mu_{\text{CH}_3\text{OH}} = 1,64 \cdot 10^{-18}, \\ \mu_{\text{HCl}} = 2,15 \cdot 10^{-18}.$$

Порядок этих величин совпадает с вычисленными значениями: если принять заряд электрона  $e = 4,77 \cdot 10^{-10}$  (в электростатических абсолютных единицах), а диаметр молекулы  $d \approx 10^{-8}$  см, то  $\mu \approx 5 \cdot 10^{-18}$ . У неполярных веществ  $\mu = 0$  или близко к 0. Их диэлектрич. постоянная практически не изменяется с  $T$  ( $b = 0$ ). В молекулах таких веществ или нет вовсе полярных групп (углеводороды) или полярные группы расположены симметрично и не образуют Д. Так, для окиси углерода  $\mu_{\text{CO}} = 0,12 \cdot 10^{-18}$ ; для CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub> (полярно)  $\epsilon = 56$ , для симметричного же тетранитрометана C(NO<sub>2</sub>)<sub>4</sub>  $\epsilon = 2,1$ , т. е. имеет то же значение, что для всех неполярных углеводородов ( $\epsilon \approx 2$ ). Внешние электрич. поля, смещая заряды в молекуле («поляризуя» молекулу), увеличивают момент Д. или создают его, когда он ранее отсутствовал. В первом приближении Д. иногда можно считать жесткими, недеформируемыми под действием внешнего поля.

*Лит.:* Debye P., «Physikalische Ztschr.», Lpz., 1912, B. 13, p. 97; Jona M., ibid., 1919, B. 20, p. 19; Handb. d. Radiologie, hrsg. v. Er. Marx, B. 6, p. 605—668, Lpz., 1925; Thomson J., «Philosoph. Mag.», L., 1914, 28, p. 757; Pauli W., «Ztschr. f. Physik», B., 1921, B. 6, p. 319.

**П. Ребиндер.**

**ДИРЕКТРИСА** кривой 2-го порядка определяется как поляр фокуса (см. *Конические сечения*). Для эллипса, с канонич. ур-ием  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ , Д. — прямые, выражающиеся уравнениями:  $x = \pm \frac{a}{e}$  (где  $e$  — эксцентриситет эллипса =  $\sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} < 1$ ). Для гиперболы, с ур-ием  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ , Д. суть прямые  $x = \pm \frac{a}{e}$  ( $e$  — эксцентриситет гиперболы =  $\sqrt{\frac{a^2 + b^2}{a^2}} > 1$ ). Для параболы, с уравнением  $y^2 = 2px$ , Д. есть прямая  $x = -\frac{p}{2}$  (см. фиг.). Д. круга есть бесконечно



удаленная прямая. Д. обладает следующим свойством: для всякого конич. сечения отношение расстояния любой его точки до фокуса к расстоянию ее до соответствующей Д. есть величина постоянная (равная эксцентриситету кривой).

**В. Степанов.**

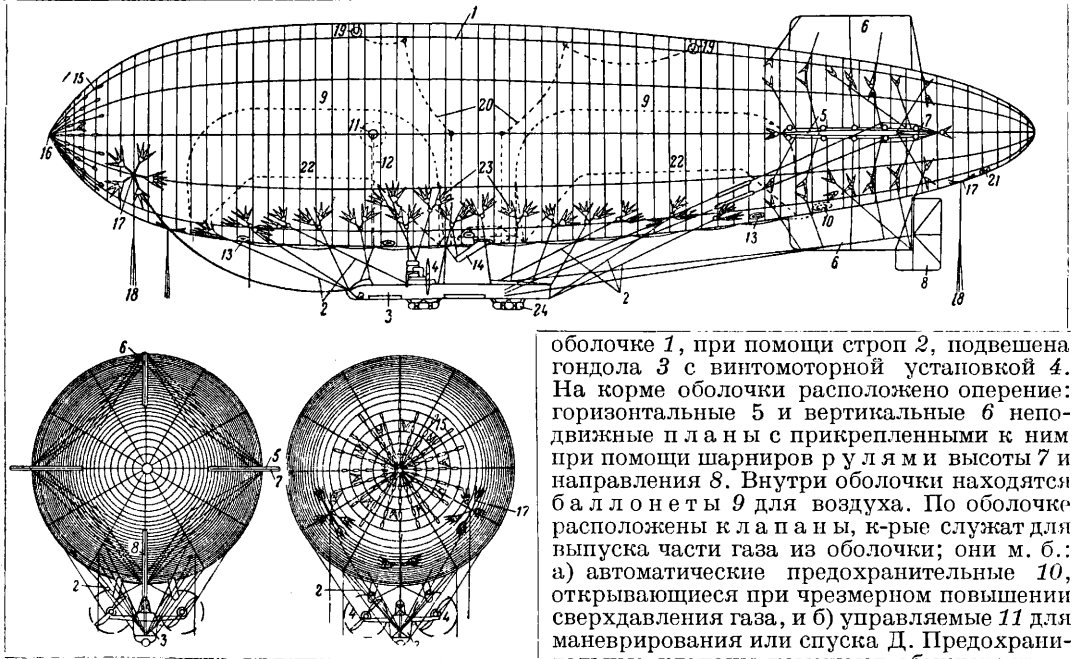


**ДИРИЖАБЛЬ**, управляемый аэростат (воздушный корабль, воздушное судно) — воздухоплавательный аппарат легче воздуха, поддерживаемый в нем подъемною силою газа, заключенного в корпусе Д. Газами для наполнения дирижабля служат обычно: водород и гелий (см. *Газ для воздухоплавания и Гелий*).

**Общее описание.** Основная часть всякого Д., корпус, имеет удлинен. форму, тупую на носу и более заостренную к корме, что делается для лучшего обтекания Д. воздухом и уменьшения лобового сопротивления. На кормовой части корпуса располагается оперение, горизонтальное и вертикальное, состоящее из неподвижно расположенных, обычно крест-на-крест, горизонтальных и вертикальных поверхностей — стабилизаторов и килей, заканчивающихся (ближе к корме) подвижными рулевыми поверхностями: горизонтальными рулями высоты и ли-

служащую ходом сообщения, а также помещением для горючего, балласта и снаряжения. Эта балка своею жесткостью препятствует деформации оболочки и воспринимает горизонтальные составляющие напряжений в подвеске. Неизменяемость внешней формы в мягком и полужестком Д. во время полета, несмотря на сопротивление воздуха, достигается тем, что газ находится в оболочке под некоторым избыточным давлением (сверхдавление), которое постоянно поддерживается находящимися внутри оболочки баллонетами для воздуха (см. *Баллонет*). В жестком дирижабле нет надобности поддерживать сверхдавление, так как неизменяемость внешней формы обеспечивается жестким каркасом. По кубатуре дирижабли бывают от 1 000 до 170 000 м<sup>3</sup> и выше.

**Д. мягкой системы.** Эти Д. обычно имеют небольшой объем: 1 000—10 000 м<sup>3</sup>. На фиг. 1 изображен Д. мягкой системы: к корпусу-



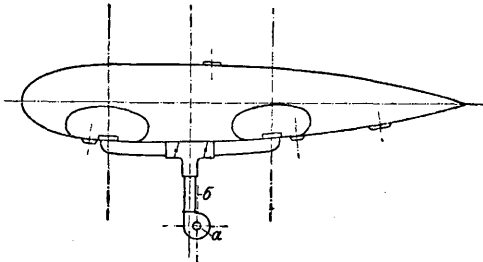
Фиг. 1.

глубины и вертикальными рулями направления. К нижней части корпуса (непосредственно или при помощи строп) прикрепляют одну или несколько гондол, в к-рых располагаются команда и пассажиры, моторы, снаряжение и пр. В настоящее время строят три системы Д.: 1) мягкую, 2) полужесткую и 3) жесткую. В мягкой системе корпус, изготовленный из материи, служит вместе с тем и оболочкой для газа; в жесткой — корпус образует жесткое сооружение из дуралюминиевых, стальных или деревянных балок, обтянутых снаружи материей, а газ помещается внутри корпуса в особых газовых мешках, обычно из бодрюшированной ткани (см. *Бодрюш*); полужесткая система отличается от мягкой лишь тем, что в нижней, килевой части оболочка имеет шарнирную балку из стальных или дуралюминиевых труб, проходящую вдоль всего корпуса и

оболочке 1, при помощи строп 2, подвешена гондola 3 с винтомоторной установкой 4. На корме оболочки расположено оперение: горизонтальные 5 и вертикальные 6 неподвижные планы с прикрепленными к ним при помощи шарниров рулями и высоты 7 и направления 8. Внутри оболочки находятся баллонеты 9 для воздуха. По оболочке расположены клапаны, к-рые служат для выпуска части газа из оболочки; они м. б.: а) автоматические предохранительные 10, открывающиеся при чрезмерном повышении сверхдавления газа, и б) управляемые 11 для маневрирования или спуска Д. Предохранительные клапаны помещают обыкновенно в нижней части оболочки, ближе к корме, во избежание соприкосновения выходящего газа с выхлопными трубами моторов; управляемые же клапаны располагаются наверху или сбоку в передней части Д. и открываются при помощи клапанной веревки 12, проходящей внутри оболочки. Клапаны 13 служат для выпуска воздуха из баллонетов. Воздух поступает из вентилятора а (фиг. 2) в баллонет по шлангу б. На случай отказа в работе вентиляторного мотора, устраивается иногда матерчатый каркасированный открытый снизу шланг — улавливатель 14 (фиг. 1), помещаемый сзади винта, при вращении которого в него попадает струя воздуха. В Д. системы Парсевала наличие двух баллонетов и специальных клапанов для распределения между ними подаваемого воздуха позволяет пользоваться баллонетами и для управления Д. в вертикальной плоскости: для подъема задний баллонет наполняется

воздухом больше переднего, для спуска, наоборот, передний наполняют более заднего.

На носу дирижабля устраивается и носовое усиление из 15 из деревянных реек по форме раскроя носовой части оболочки (по меридианам), вдетых в матерчатые карманы, пришитые и приклеенные внутри оболочки.



Фиг. 2.

На фиг. 3 представлена диаграмма распределения давления внешнего воздуха вдоль меридиана модели Д. (ось модели служит нулевой линией, так что лежащие выше нее ординаты означают избыток давления, а лежащие ниже — отрицательное давление). Из диаграммы видно, что наибольшее давление на оболочку Д. во время его полета существует в носовой части. Для избежания образования ложек на носу необходимо было бы поддерживать сверхдавление газа внутри всей оболочки. Назначение носового усиления и заключается в принятии на себя этого давления внешнего воздуха, чем устраняется необходимость поддерживать высокое сверхдавление газа внутри оболочки. Носовое усиление в



Фиг. 3.

крайней точке 16 (фиг. 1) служит также для причаливания дирижабля к мачте.

На кормовой и носовой частях оболочки нашиваются матерчатые пояски или лапы 17, от которых свободно свисают поясные веревки 18, служащие для удержания Д. обслуживающей его на земле командой. В верхней части оболочки помещают разрывное матерчатое полотнище 19, вклеенное в сделанную в оболочке прорезь; от разрывного через всю оболочку идет в гондолу разрывная вожжа 20 — для разрыва оболочки и быстрого выпуска газа на случай аварии при спуске. На корме обычно помещается аппендикс 21 — короткий матерчатый шланг, через к-рый происходит наполнение Д. газом.

Детали конструкции и расчет. Оболочка Д. мягкой системы сшивается из прорезиненной материи, обычно двух-, трех- или четырехслойной, обладающей легкостью, прочностью и малой газопроницаемостью. Примерный вес  $1 \text{ м}^2$  материи —  $300 \div 550 \text{ г}$ , прочность —  $1\,200 \div 3\,000 \text{ кг}$  по основе и по утку на  $1 \text{ н. м}$ , газопроницаемость достигает у новых материй всего  $5 \div 3$  и менее л на  $1 \text{ м}^2$  в сутки. Для предохранения резиновых слоев материи от влияния солнечных лучей и изменений  $t^\circ$  ее покрывают сверху

хромовокислой солью свинца, а в последнее время применяют алюминиевый порошок. Вся оболочка разбивается на элементы, имеющие форму трапеций и (на цилиндрической части) прямоугольников. Все трапеции между любыми двумя параллелями равны и выкраиваются по одному шаблону; полотнища склеиваются раствором каучука в бензине или газолине и прошиваются шелковыми нитками. Швы закрываются с обеих сторон лентами, наклеенными по меридианам и параллелям. Места скрепления швов усиливаются иногда круглыми матерчатыми накладками диаметром  $\sim 100 \text{ мм}$ .

Площадь поверхности оболочки и ее центр тяжести, объем и центр объема, радиусы кривизны элементов поверхности (наибольшие) определяют по обычным формулам, причем для большей точности и простоты вычисления оболочку разбивают рядом параллелей на поверхности, принимаемые за усеченные конусы (кроме крайних). Приближенно поверхность оболочки определяют по ф-ле Уорнера (американ.):

$$S = \frac{3}{4} C' \sqrt{U \cdot L} + \frac{1}{4} C'' \frac{U}{d},$$

где  $S$  — поверхность,  $U$  — объем оболочки,  $L$  — длина,  $d$  — максимальный диаметр,  $C'$  и  $C''$  — величины, являющиеся ф-ями коэфф. полноты, т. е. отношения объема оболочки к объему описанного около нее прямоугольного параллелепипеда.  $C'$  изменяется от 3,22 до 3,54, а  $C''$  — от 5,17 до 4,73. Принятая  $C' = 3,4$  и  $C'' = 4,9$ , получаем:

$$S = 2,55 \sqrt{U \cdot L} + 1,23 \frac{U}{d}.$$

Средняя ошибка при вычислении для современных форм оболочек  $\sim 1-2\%$ .

Поверхностное натяжение материи оболочки, т. е. усилие, которому подвергается оболочка на единицу длины, определяют по формулам (в  $\text{кг/н. м}$ ): продольное натяжение (вдоль меридиана)

$$T_{\text{пр.}} = \frac{p \cdot R}{2},$$

поперечное (вдоль параллели)

$$T_{\text{поп.}} = p \cdot R,$$

где  $R$  — радиус сечения миделя в  $\text{м}$ , а  $p$  — сверхдавление в оболочке в  $\text{мм}$  водяного столба. Величина необходимого р м. б. определена

как  $p = p_1 + p_2$ , где  $p_1 = \frac{v^2}{2g} \gamma$  ( $v$  — максимальная скорость Д. в  $\text{м/сек}$ ,  $\gamma$  — вес  $1 \text{ м}^3$  воздуха в  $\text{кг}$ ) зависит от собственной скорости Д., а  $p_2 = aR$  ( $a$  — подъемная сила  $1 \text{ м}^3$  газа) и дает разницу в сверхдавлении в верхней части оболочки и на уровне ее продольной оси. Величина сверхдавления зависит также от наибольшего изгибающего момента в каком-либо сечении оболочки и может быть несколько более полученной по приведенной формуле; поэтому при предварительном определении  $p_{\text{расч.}}$  следует полученную величину  $p$  увеличить (взять  $p_2 = ad$ ). Коэффициент прочности ткани определяется по формуле  $\delta_2 = \frac{P}{T_{\text{поп.}}}$ , где  $P$  — прочность ткани на разрыв в  $\text{кг/н. м}$ ; во всяком случае  $\delta_2$  д. б. не менее  $6-7$ .

Баллоны помещают внутри оболочки так, чтобы ц. т. воздушной массы находился ниже центра давления газа и на одной

вертикали с ним и прикрепляют или путем пришивки к оболочке (линия пришивки—22, фиг. 1) или же подвешиванием к ее верхней части (см. *Баллонет*).

Подача вентилятором воздуха в баллонет рассчитывается так, чтобы при заданной скорости спуска  $D$ . (3—4 м/сек) в оболочке поддерживалось минимальное полетное сверхдавление. Падение  $D$ . может происходить в первое время в форме равномерно ускоренного движения, пока возрастающее сопротивление воздуха не уравновесит силы ускорения; дальнейшее падение происходит с равномерной скоростью (которая и принимается во внимание при расчете вентиляторов). Обозначая через  $v_{над.}$ —скорость падения,  $H$ —потолок,  $t$ —время падения,  $Q$ —количество воздуха (в м<sup>3</sup>/сек),  $k$ -кое должен доставить вентилятор,  $u$ —объем баллонета, имеем:

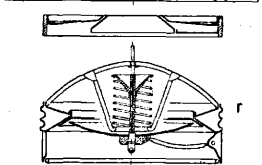
$$t = \frac{H}{v_{над.}}; u = Qt = Q \frac{H}{v_{над.}}.$$

Можно  $u$  выразить через объем оболочки  $U$ ; тогда максимальная производительность вентилятора:

$$Q = u \frac{v_{над.}}{H} = U \frac{v_{над.}}{H} \left(1 - \frac{P}{P_0}\right).$$

Вентилятор и мотор к нему подбирают в соответствии с  $Q$ .

Управляемые клапаны *a*, *b* (фиг. 4) обычно состоят из тарелки, сделанной из никелированной листовой стали или из чистого никеля и прижимаемой к гнезду пружинами. Гнездо из каучукового обтюра поддерживается алюминиевым кольцом. Для открывания клапана служит шпур; при отпускании шнура клапан закрывается сам. Для избежания самопроизвольного открытия тарелки клапана вследствие силы инерции при тангаже (изменении угла наклона продольной оси  $D$ . в вертикальн. плоскости) тарелка *d*, *b* настолько легковесна, чтобы возможное инерционное усилие во всех случаях было меньше силы сопротивления



Фиг. 4.

пружины; или же тарелку соединяют при помощи вращающихся на шарнирах стержней с массами, статически ее уравновешивающими и перемещающимися в сторону, обратную перемещению тарелки.

Автоматич. клапаны *e*, *z* состоят обычно из матерчатого конич. гнезда, отштампованной дуралюминиевой тарелки и пружины, к-рая прикрепляется к неподвижной точке, образованной встречей четырех поперечин, жестко соединенных с арматурой матерчатого конуса. Пружины автоматич. клапанов рассчитываются так, чтобы тарелка отходила от гнезда при сверхдавлении, несколько боль-

шем расчетного для оболочки; при понижении же сверхдавления клапан закрывается сам.

Расчет необходимого количества клапанов и внутреннего диаметра гнезда производится по выпускной способности клапана:

$$Q_{кл.} = kFv_{истеч.},$$

где  $k$ —коэфф. (меньше 1),  $F$ —площадь гнезда клапана,  $v_{истеч.}$ —скорость истечения газа (выражение  $kF$  называется сжатым сечением

газовой струи). По Бернулли,  $v_{истеч.} = \sqrt{\frac{2gP}{\gamma}}$ , где  $P$ —сверхдавление в кг/м<sup>2</sup>,  $\gamma$ —вес 1 м<sup>3</sup> газа, равный 0,15 кг. Расширение объема  $U$  газа в оболочке при подъеме на  $h$  м/сек, по формуле стандартной атмосферы равно  $U \frac{h}{8000}$  (в ск.), определяет выпускную способность клапана при сверхдавлении  $P$ , т. е.

$$Q = kF \sqrt{\frac{2gP}{\gamma}} = U \frac{h}{8000};$$

отсюда находят  $F$  и, в зависимости от количества клапанов, их диаметр.

Подвеска, служащая для соединения гондолы с оболочкой, д. б. такова, чтобы: 1) при тангаже  $D$ ., боковой качке или при вильянии положение гондолы относительно оболочки не изменялось; 2) натяжение по отдельным стропам подвески было равномерным и не превышало допускаемого запаса прочности. Подвески бывают: а) пояс с гусиными лапками, б) мостовой пояс, в) система лапок. Запас прочности пояса и подвески 15÷20. Пояса прикрепляются к оболочке т. о., чтобы стропы, идущие к гондоле, были касательными к оболочке; следовательно, место расположения пояса зависит от расстояния между оболочкой и гондолой. Подвеска по типу пояса с гусиными лапками, в виду значительного лобового сопротивления, в настоящее время вышла из употребления. Мостовой пояс, основанный на теории подвесных мостов, состоит из пояса, наклеенного и нашитого на оболочку, и из его продолжения книзу, выкроенного по дугам параболы; вдоль краев дуг вклеивают и вшивают веревки (или металлический трос, обмотанный матерчатой лептой), образующие в месте соединения двух соседних дуг петлю. Подвесная стропа прикрепляется к петле и идет от нее к гондоле. При такой системе натяжение получается наибольшее в точках соединения дуг (крепления строп) и уменьшается по мере приближения к месту пришивки пояса к оболочке. В  $D$ ., построенных за последние годы, часто применяется система прикрепления подвесных строп к оболочке при помощи лап (23, фиг. 1), наклеенных и нашитых на оболочку. При всех системах подвесок боковые перемещения гондолы относительно оболочки устраняются дополнительными веревками—боковыми перекрещивающимися стропами, не несущими (при расчете подвески) никакой нагрузки; эти стропы прикрепляются к поясам, расположенным на оболочке ниже поясов подвески, или же к лапам.

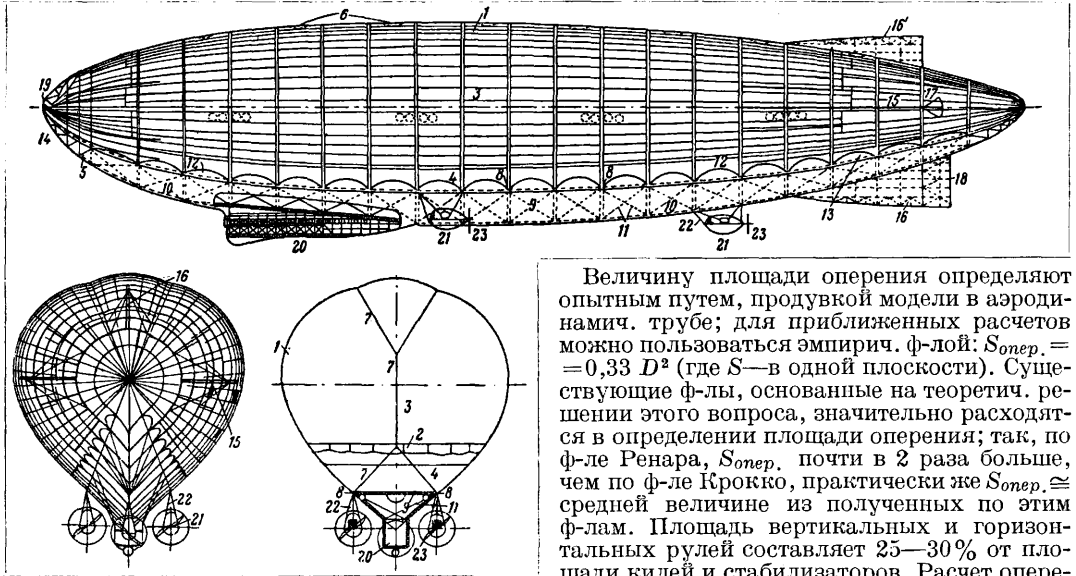
Стропы подвески—веревки или металлические тросы. Веревки, применяемые для строп, обычно пеньковые, высокого качества, из анжуйской или итальянской пеньки, с

длинными волокнами. Коэфф. сопротивления веревки, определяемый по способу Ренара как  $\frac{R}{q}$  (где  $R$ —разрывное усилие, а  $q$ —вес 1 п. м), для наиболее употребительных веревок приблизительно равен 12 000—18 000; он увеличивается (до 30 000) с уменьшением диаметра веревки (шнур и шпагат).

Гондола, обычно шириной ~ 1,4—1,8 м, высотой 1,5—2,2 м и длиной—в зависимости от объема Д. и его назначения, состоит из дуралюминиевого остова, обшитого листовым или гофрированным дуралюминием или материей; применяют и деревянные гондолы, обшитые фанерой или полотном. Иногда внизу гондолы помещают амортизаторы (24, фиг. 1). Форма гондолы—хорошо обтекаемая. Винтомоторная группа обычно устанавливается на корме гондолы, или же винты (если их два) выносятся по обеим сторонам гондолы. В гондоле размещаются, кроме двигателей, вентилятор (с мотором для него,

стропы, 2) действию приложенного к нему груза и 3) реакциям соседних узлов.

Оперение у Д. придает всегда симметричную форму и плоский или дугобразный профиль. Остов оперения строился раньше из дерева или из легких стальных труб, образующих контур оперения, и обтягивался простым полотном. В настоящее время, в связи с увеличением скорости Д., оперение делают из металлических лонжеронов и нервюр (обычно из профильного дуралюминия), скрепленных заклепками; для лонжеронов употребляют стальные трубы. Остов покрывают лакированной тканью. Крепление неподвижных планов оперения (стабилизаторов и килей) к оболочке осуществляется при помощи нашитых на оболочку поясков, карманов и тросовых расчалок, идущих сверху и снизу от неподвижных планов к оболочке. Соединение неподвижных частей оперения с рулями—шарнирное. Управляют рулями при помощи тросов, идущих в гондолу.



Фиг. 5.

если вентилятор работает не от главного мотора), баки для горючего и водяного балласта, балласт в мешках, гайдроп, приборы и прочее снаряжение и вооружение, в зависимости от назначения Д. Различают грузы постоянные (сама гондола с винтомоторной установкой, пассажиры, пулеметы, радио и пр.) и переменные, расходуемые в полете (горючее, балласт, бомбы). Переменные грузы сосредоточивают ближе к ц. т. гондолы, к-рый должен находиться на одной вертикали с центром свободной подъемной силы; центры тяжести как переменных, так и постоянных грузов должны находиться на одной и той же вертикали.

Расчет гондолы по методам графич. статики производится в предположениях: 1) нагруженная гондола подвешена, винты остановлены, 2) при том же положении, но винты работают, 3) нагруженная гондола стоит на своих опорах. Каждый узел гондолы Д. подвергается: 1) натяжению соответствующей

Величину площади оперения определяют опытным путем, продувкой модели в аэродинамич. трубе; для приближенных расчетов можно пользоваться эмпирич. ф-лой:  $S_{опер.} = 0,33 D^2$  (где  $S$ —в одной плоскости). Существующие ф-лы, основанные на теоретич. решении этого вопроса, значительно расходятся в определении площади оперения; так, по ф-ле Ренара,  $S_{опер.}$  почти в 2 раза больше, чем по ф-ле Крокко, практически же  $S_{опер.} \cong$  средней величине из полученных по этим ф-лам. Площадь вертикальных и горизонтальных рулей составляет 25—30% от площади килей и стабилизаторов. Расчет оперения на прочность—как у самолета. Запас прочности—не менее 5. По корме оперение располагается так, чтобы его вес поддерживался подъемной силой газа той части оболочки, к которой оперение прикреплено. В табл. 1 приведены характеристики, данные для некоторых построенных Д. мягкой системы.

**Д. полужесткой системы.** Характерный тип полужесткого Д.—«N-1» (констр. Нобиле). Оболочка 1 (фиг. 5), в поперечном сечении грушевидной формы, изготовлена из трехслойной прорезиненной хлопчатобумажной материи и делится продольной матерчатой диафрагмой 2, идущей почти от носа до кормы, на две части: верхнюю 3—газовместилище и нижнюю 4, служащую баллонометом для воздуха. Газовместилище и баллонеты делятся на 10 отсеков вертикальными матерчатыми же диафрагмами, при чем диафрагмы баллонета являются продолжением диафрагм газовместилища. Воздух в баллонет поступает автоматически через специальное отверстие в автоматической части Д. Каждый отсек газовместилища имеет отдельный, уп-

Табл. 1.—Мягкие дирижабли.

Страна и название дирижабля	Год постройки	Объем $U$ в м <sup>3</sup>	Длина $L$ в м	Наибольший диаметр $d_{max}$ в м	Полная подъемная сила в кг Полезная нагрузка в кг.	Полезная нагрузка в % от полной подъемной силы	Скорость км/ч максимальная крейсерская	Продолжительность полета в часах при максим. скорости при крейсерской скорости	Число моторов Мощность каждого мотора в лс	Потолок в м
С. Ш. А.										
Pony Blimp A	1917—18	1 000	29,15	8,54	1 083 422	39,0	74 —	10 20	1 40	1 830
U.S.M. B	1921	1 400	33,25	9,09	1 515 542	35,7	102 74	17 34	2 60	1 830
Navy B	1917	2 380	49,7	9,61	2 575 943	36,6	87 65	10,9 26,5	1 100	2 600
Navy C	1918	5 125	60	12,8	5 540 2 100	37,9	111 74	14,8 31,2	2 150	2 620
O. B.-1	1922	1 220	28,9	9,4	1 320 519	39,3	83,5 67	7 —	1 50	1 830
T. C.-1-2-3*	1922	5 700	59,8	13,58	5 250 1 865	35,6	96 74	15 21	2 150	2 440
T. A.-1-2*	1923	3 680	49,4	12,0	3 385 818	25,0	83,5 66,7	8,7 14,5	2 80	—
T. E.-1*	1926	2 252	41,5	10,375	2 075 605	29,2	85 65	7 9	2 40	—
T. F.-1*	1926	1 480	32,34	9,42	1 360 423	31,1	74 63	8 10	2 40	—
Англия										
S.S.	1916	1 840	43,9	8,54	1 990 560	28,1	84 75	18 26	1 80	—
S.S. Twin	1918	2 830	53,3	—	3 060 766	25,0	106 79	12 30	2 75	—
Франция										
A.T.-19	1918	9 600	80,2	16,5	10 380 4 065	39,2	93 —	10 —	2 250	—
C.M.-6-8	1918	9 095	87,5	14,025	9 835 2 240	22,8	91 74	10 35	2 250	—
Zodiac	1915—16	14 200	92,5	16,1	15 350 6 000	41,1	80 59,5	15 —	2 220	—
Zodiac (Vedette)	1917	2 745	—	—	2 970	—	93	—	2 60	—
Германия										
P.L.-16 (Parseval)	1913	10 000	94,15	15,49	10 800 2 760	25,6	78,5 —	—	2 180	2 000
P.L.-22	1914	22 000	160	16,5	23 800	—	86	—	3 200	2 400
P.L.-1	1921	2 300	47,5	9,79	2 490 817	32,8	120 —	5 —	1 160	2 300
P.L.-2	1921	5 980	70,0	13,0	6 470 2 450	37,8	120 —	10 —	2 160	3 200

\* Дирижабль наполнялся гелием.

руляемый пилотом, клапан 6. С помощью системы внутренних расчалок 7 из стальных тросов, вся подъемная сила оболочки сосредоточивается в ее нижней части в двух рядах узлов 8 металлической арматуры. Продольная диафрагма снизу заканчивается по арочным дугам 12. Нижняя арматура «усиления» 9 оболочки, треугольного сечения, связана с окончанием расчалок и образует продольный киль корабля, внутри которого имеется сквозной коридор 10, предназначенный для размещения в нем грузов и для сообщения вдоль всего Д. и между гондолами. Арматура усиления — шарнирная балка, составленная из отдельных звень-

ев. Все элементы составлены из балочек, состоящих из трех стальных труб каждая, расположенных в виде треугольной призмы; балочки соединены с узлами при помощи шарниров; узлы связаны между собой по диагоналям стальными тросами 11. Вся система, допуская небольшие деформации, придает арматуре эластичность, достаточную для сопротивления значительным динамич. усилиям и, по расчету конструктора Нобиле, может выдержать аномальные напряжения, возникающие в случае выхода газа из какого-либо отсека, напр. при его пробитии. Нижняя арматура на кормовой 13 и носовой 14 частях получает значительное развитие

в виде сети стальных труб, расположенных вдоль параллелей и меридианов, жестко соединенных между собой и надежно связанных с прочей арматурой таким образом, что кормовой и носовой концы оболочки становятся жесткими и не меняют своей формы даже при понижении сверхдавления в оболочке до нуля. К кормовой части арматуры жестко присоединяются стабилизаторы 15 и киль 16, продолжение к-рых образуют рули высоты

проектируют полужесткий Д. в 120 000 м<sup>3</sup>; они вообще считают, что полужесткой системе доступна вся гамма кубатур, вплоть до самых больших. Расчет деталей полужесткого дирижабля производится по формулам, приведенным выше; расчет ферм—по формулам и методам, принятым в строительной механике. В табл. 2 приведены перечень и характеристика итальянских дирижаблей, построенных за последние десять лет.

Табл. 2. — Итальянские полужесткие дирижабли, построенные после 1918 г.

Название	Объем в м <sup>3</sup>	Длина в м	Высота в м	Ширина в м	Тип и число моторов	Общая мощн. в HP	Полез. нагр. в кг*	Макс. скор. в км/ч
Т.-34 (Roma) . . . . .	34 000	125	30,1	25,0	6 Ансальдо . . . . .	2 400	16 000	108
S. C. A. . . . .	1 520	39,5	14	8	2 Анзани . . . . .	80	650	82,5
O. S. . . . .	4 970	67,7	20,7	13,6	2 Коломбо . . . . .	240	2 500	85
P. M. . . . .	5 270	67,1	20,2	13,6	2 Опа . . . . .	380	2 150	94,4
N-1 . . . . .	18 500	106,0	24,3	18,39	3 Майбах . . . . .	720	7 350	105
Mг . . . . .	1 014	32,3	12,6	7,78	1 Анзани . . . . .	40	465	72
N-2 . . . . .	7 000	82,28	17,10	12,6	2 Майбах . . . . .	470	3 250	110
N-50 000 (проект) . . . . .	50 000	173,6	27,4	24,28	6 Майбах . . . . .	1 410	28 650	110

\* Включая все запасы и экипаж при подъемной силе 1 м<sup>3</sup> газа равной 1 150 г.

17 и направления 18, соединенные с ними при помощи шарниров. Верхняя неподвижная вертикальная плоскость оперения 16' крепится к оболочке при помощи тросовых расчалок. На носу оболочки имеется приспособление 19 для пришвартовывания Д. к причальной мачте.

Гондол у Д.—4: одна гондола управления и 3—моторных. Остов гондолы управления 20 (она же—пассажи́рская) представляет собою составную часть арматуры, принимающей здесь трапецеоидальное сечение. В передней части гондолы (капитанской рубке) сосредоточено все необходимое для управления Д., в задней части гондолы—помещение для 20 пассажиров. Моторные гондолы 21, сделанные из дуралюминия, подвешены к арматуре на стальных тросах 22, две по бокам оболочки и одна—сзади. В каждой гондоле—двигатель в 250 HP, вращающий, при помощи фрикционной передачи, винт 23, направление вращения к-рого может изменяться. Впоследствии Нобиле внес в конструкцию «N-1» некоторые небольшие изменения, касающиеся каркасирования кормы. По типу «N-1» построен и «N-2», объемом 7 000 м<sup>3</sup>. В 1924 г. Нобиле построил «Mг» объемом всего 1 014 м<sup>3</sup>—самый маленький полужесткий Д. В «Mг» еще больше развита арматура усиления, вес оболочки с гондолой всего 650 кг. Его арматура усиления—также треугольного сечения—имеет только два шарнирных соединения, что придает Д. большую жесткость. В настоящее время строится Д., объемом 50 000 м<sup>3</sup>, по типу «N-1», но с более развитой нижней арматурой усиления, представляющей собою пятигранную ферму. В местах прикрепления горизонтального оперения вся нижняя часть Д. совершенно жесткая. Гондола управления, из решетчатых ферм, как и в «N-1», составляет одно целое с арматурой усиления. Моторных гондол—пять: четыре по бокам, одна с двумя моторами—сзади. «Mг» и «N-50 000» до некоторой степени приближаются по своему типу к кораблям жесткой системы. Итальянцы

**Д. жесткой системы.** Творцом жесткой системы считается Цеппелин. Однако в России еще в 1873 г. был спроектирован и начат постройкой Костовичем жесткий Д. с деревянным каркасом; постройка не была закончена. В 1893 г. Чернушенко, также в России, разработал проект жесткого Д. с алюминиевым каркасом. Первый цеппелин (1900 год) имел сигарообразную форму корпуса со средней цилиндрич. частью, длиной 96 м, диаметром 11,6 м, и с одинаковыми передним и задним концами, длиной по 16 м. Его каркас состоял из ряда решетчатых алюминиевых балок—стрингеров, расположенных в плоскости продольной оси Д., и шангоутов (колец) перпендикулярных к ней, делавших весь Д. на отсеки, внутри которых помещались газовые камеры—«мешки»—сферической формы. Для приведения дирижабля в наклонное положение служил подвижной груз в форме сигары, отлитый из свинца, весом 100 кг; груз мог передвигаться на 7 м в каждую сторону, считая от вертикальной оси, проходящей через центр среднего отсека.

Большое значение для Д. имеет вопрос о газопроницаемости тканей, служащих для изготовления газовых мешков, т. к. она связана с потерей подъемной силы и с «загрязнением» газа. В позднейших типах цеппелинов уменьшение газопроницаемости было достигнуто применением бодрюшированных тканей. Из сопоставления профилей цеппелинов (см. *Воздухоплавание*, фиг. 2) и из табл. 3 видно, что переход к обтекаемым формам оболочки и уменьшение относительного удлинения ( $\lambda = \frac{L}{D}$ ) наметились лишь с 1915 г.

В кораблях, построенных до 1912 г.,  $\lambda > 10$ , в последующих  $\lambda$  уменьшается и в типах «Bodensee» и «Nordstern» доходит до 6,85 и 7,4, а у «L.Z.-127»—7,7. Цилиндрическая форма каркаса прежних цеппелинов давала значительное лобовое сопротивление, но зато допускала массовое изготовление деталей, т. к. почти все отсеки были одинаковы. Табл. 3 дает представление о постепенном

Табл. 3.—Дирижабли, построенные цепелиновскими верфями.

№	Наименование дирижабля	Год выпуска	Количество построенных кораблей данного типа				Длина $L$ в м	Объем $U$ в м <sup>3</sup>	Максимальный диаметр $d_{\max}$ в м	Относительное удлинение $\lambda = \frac{L}{d_{\max}}$	Число отсеков	Статич. потолок в м	Моторы			Полная подъемн. сила в т (считая 1 м <sup>3</sup> = 1,16 кг)	Полезная нагрузка в т	Полезная нагрузка в % от полной
			воздуш. сооб.	сухопутных	морских	общее коллич.							Число моторов	Мощность каждого мотора в л.с.	Вес на 1 л.с.			
LZ 1		1900	1	—	—	1	128	11 300	11,7	10,9	17	950	$\frac{2}{15}$	25,7	28	$\frac{13,1}{1,4}$	10,7	
» 3	Z-I . . . . .	1905	1	1	—	2	128	11 300	11,7	10,9	17	1 100	$\frac{2}{85}$	4,0	44	$\frac{13,1}{2,8}$	21,85	
» 5	Z-II . . . . .	1908	1	1	—	2	136	15 000	13,0	10,5	17	1 250	$\frac{2}{105}$	4,0	48	$\frac{17,4}{4,6}$	26,4	
» 6	—	1909	1	—	—	1	144	16 000	13,0	11,1	17	1 300	$\frac{2}{115}$	3,65	48	$\frac{18,56}{4,2}$	22,6	
» 8	Deutschland	1910	2	—	—	2	148	19 300	14,0	10,6	18	—	$\frac{3}{120}$	3,75	60	$\frac{22,4}{6,8}$	30,3	
» 10	Schwaben . .	1911	1	2	—	3	140	17 800	14,0	10,0	17	—	$\frac{3}{150}$	3,1	75	$\frac{20,63}{7,0}$	33,8	
» 13	Hansa . . . . .	1912	2	—	—	2	148	18 700	14,0	10,6	18	—	$\frac{3}{170}$	2,8	80	$\frac{21,70}{6,5}$	30,0	
» 14	L-1 . . . . .	1912	—	—	1	1	158	22 470	14,9	10,6	18	3 200	$\frac{3}{170}$	2,8	47	$\frac{26,08}{9,4}$	36,0	
» 17	Sachsen . . .	1912	1	4	—	5	140	19 550	14,9	9,4	17	—	$\frac{3}{180}$	2,56	78	$\frac{22,70}{8,2}$	36,0	
» 18	L-2 . . . . .	1913	—	—	1	1	158	27 000	16,6	9,5	—	2 900	$\frac{4}{180}$	2,56	75	$\frac{31,35}{11,1}$	35,5	
» 21	Z-VI . . . . .	1913	—	1	—	1	148	20 870	14,9	9,9	17	2 800	$\frac{3}{180}$	2,56	74	$\frac{24,2}{8,8}$	36,3	
» 23	Z-VIII . . . .	1914	—	2	—	2	156	22 140	14,9	10,5	18	2 800	$\frac{3}{180}$	2,56	72	$\frac{25,65}{8,9}$	34,7	
» 25	Z-IX . . . . .	1914	—	6	6	12	158	22 470	14,9	10,6	18	2 850	$\frac{3}{210}$	1,97	85	$\frac{26,08}{9,2}$	35,2	
» 26	Z-XII . . . . .	1914	—	1	—	1	161,2	25 000	16,0	10,1	15	3 000	$\frac{3}{210}$	1,97	81	$\frac{29,00}{12,2}$	42,15	
» 36	L-9 . . . . .	1915	—	1	1	2	161,4	24 900	16,0	10,1	15	3 100	$\frac{3}{210}$	1,97	58	$\frac{28,90}{11,1}$	38,5	
» 40	L-10 . . . . .	1915	—	12	10	22	163,5	31 900	18,7	8,7	16	3 900	$\frac{4}{240}$	1,52	98	$\frac{37,10}{16,2}$	43,7	
» 59	L-20 . . . . .	1915	—	7	5	12	178,5	35 800	18,7	9,5	18	4 200	$\frac{4}{240}$	1,52	95	$\frac{41,55}{17,9}$	42,1	
» 62	L-30 . . . . .	1916	—	2	15	17	198,0	55 200	23,9	8,3	19	5 400	$\frac{6}{240}$	1,52	103	$\frac{64,10}{32,5}$	50,8	
» 91	L-42 . . . . .	1917	—	—	2	2	196,5	55 500	23,9	8,2	18	6 400	$\frac{5}{240}$	1,52	100	$\frac{64,50}{36,4}$	56,5	
» 94	L-46 . . . . .	1917	—	—	2	2	196,5	55 800	23,9	8,2	—	6 700	$\frac{5}{240}$	1,52	104	$\frac{64,80}{37,8}$	58,5	
» 95	L-48 . . . . .	1917	—	—	5	5	196,5	55 800	23,9	8,2	—	7 000	$\frac{5}{240}$	1,52	108	$\frac{65,00}{39,0}$	60,3	
» 100	L-51 . . . . .	1917	—	—	10	10	196,5	56 000	23,9	8,2	14	7 300	$\frac{5}{290}$	1,54	114	$\frac{65,00}{40,0}$	61,6	
» 104	L-59 . . . . .	1917	—	—	2	2	226,5	68 500	23,9	9,4	16	8 200	$\frac{5}{240}$	1,52	108	$\frac{79,50}{52,1}$	65,5	
» 112	L-70 . . . . .	1918	—	—	3	3	211,5	62 200	23,9	8,8	15	7 000	$\frac{7}{290}$	1,50	131	$\frac{72,20}{44,5}$	61,6	
» 120	Bodensee . . .	1919	2	—	—	2	120,8	20 000	18,7	6,8	13	—	$\frac{4}{240}$	1,52	132	$\frac{23,20}{10,0}$	43,5	
	Nordstern . .	1920	—	—	—	—	130,8	22 550	18,7	7,4	13	—	$\frac{4}{240}$	1,52	128	$\frac{26,10}{11,5}$	44,1	
» 126	Los Angeles (Z.R.-III)	1924	1	—	—	1	200,0	70 000	27,6	7,3	—	—	$\frac{5}{400}$	1,45	126	$\frac{81,35}{41,0}$	50,4	
» 127	Graf Zeppelin	1928	1	—	—	1	236,0	105 000	30,6	7,7	—	—	$\frac{5}{530}$	—	128	121,90	—	

совершенствовании дирижабля Цеппелина.

Одновременно возрастала и прочность Д. С 1910 г. в Германии начали строиться также жесткие Д. Шютте-Ланц (табл. 4). Главное их отличие от цеппелинов заключалось в том, что они имели в первых моделях не металлический, а деревянный каркас; в последующих типах фирма Шютте-Ланц перешла к комбинированному типу постройки, а впоследствии—к дуралюминиевому каркасу. Фирма Шютте-Ланц считает, что ею впервые в мире совмещены в одном Д. («S. L.-2»—1914 г.) хорошо обтекаемая форма оболочки Д. и ряд конструктивных особенностей, примененных впоследствии во всех жестких Д., а именно: однопланное оперение, внутренний коридор (см. вкладной лист), отвод газа из оболочки в атмосферу через специальные газовые шахты внутри каркаса, подвеска моторных гондол по обеим сторонам каркаса и расположение винтов непосредственно за гондолой с прямой передачей к ним от вала мотора (табл. 4).

расчалка, назначение к-рой уменьшать натяжение в поперечных радиальных расчалках главных шпангоутов путем уничтожения перемещения их центра (радиальные расчалки присоединяются к осевой). Промежуточные шпангоуты не имеют расчалок; их назначение—поддерживать стрингеры, создавая лишние опоры для них и уменьшая этим прогиб Д. в продольном направлении. Стрингеры соединяют все шпангоуты и сходятся в узловых точках на носу и корме. Прямоугольники (панели), образованные пересечением стрингеров и шпангоутов, расчлениваются по внешней поверхности каркаса двойными диагоналями тросов, образующих главную диагональную расчалку 6, и рядом более тонких тросов, имеющих одинаковое с главными направление и покрывающих весь каркас целой сетью—вспомогательной расчалкой 7, образующей ромбы со сторонами ~ 0,5 м. Для ослабления давления газовых мешков на внешнюю оболочку служат «окружные» проволоки, прикрепленные

Табл. 4. — Дирижабли Шютте-Ланц.

Наименование	Год постройки	Объем в м <sup>3</sup>	Длина L в м	Максимальный диаметр d в м	Отношение удл. $\lambda = \frac{L}{d}$	Число моторов		Максимальная скор. в км/ч	Полная подъемная сила (считая 1 м <sup>3</sup> = 1,16 кг) в т	Полезная нагрузка в % от полной
						Мощность каждого мотора в HP				
S. L.-1 . . . .	1911	20 800	131,6	18,4	7,1	$\frac{2}{250}$	Мерседес	68,5	$\frac{24,15}{5,0}$	20,65
S. L.-2 . . . .	1914	24 500	144	18,2	7,9	$\frac{4}{180}$	Майбах	88,5	$\frac{28,40}{7,87}$	27,7
S. L.-3 . . . .	1915	32 500	153	20	7,65	$\frac{4}{210}$	Майбах	—	$\frac{37,7}{14,0}$	37,2
S. L.-6 . . . .	1915	35 100	163	20	8,15	$\frac{4}{210}$	Майбах	93,5	$\frac{40,8}{15,7}$	38,5
S. L.-8 . . . .	1916	38 800	174	20	8,7	$\frac{4}{210}$	Майбах	90,5	$\frac{45,1}{19,3}$	42,8
S. L.-10 . . . .	1916	38 800	174	20	8,7	$\frac{4}{240}$	Майбах	90,5	$\frac{45,1}{21,47}$	47,6
S. L.-20 . . . .	1917	56 350	198	23	8,6	$\frac{5}{240}$	Майбах	103,0	$\frac{65,4}{35,5}$	54,5
S. L.-22 . . . .	1918	56 350	198	23	8,6	$\frac{5}{240}$	Майбах	103,0	$\frac{65,4}{37,5}$	57,3

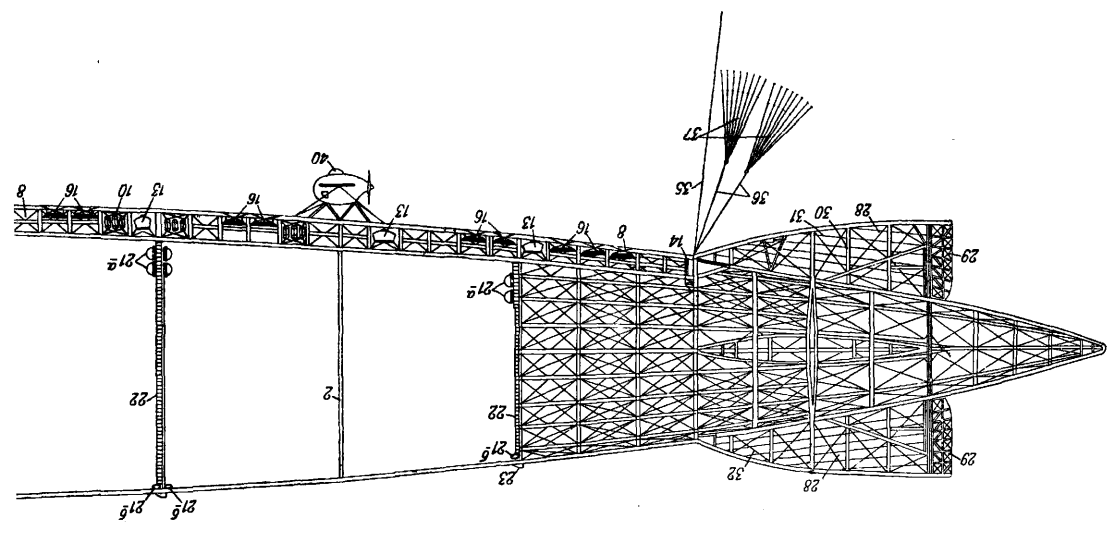
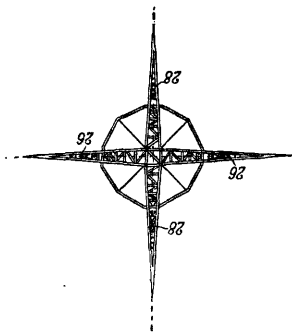
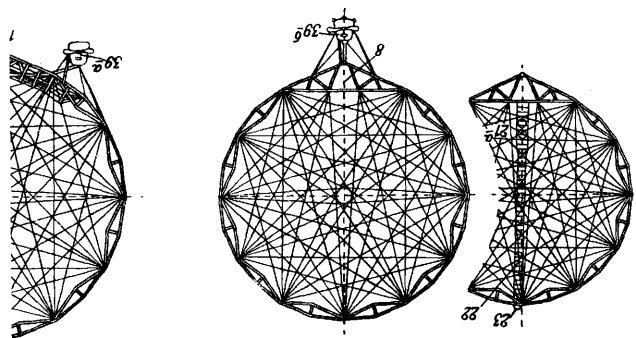
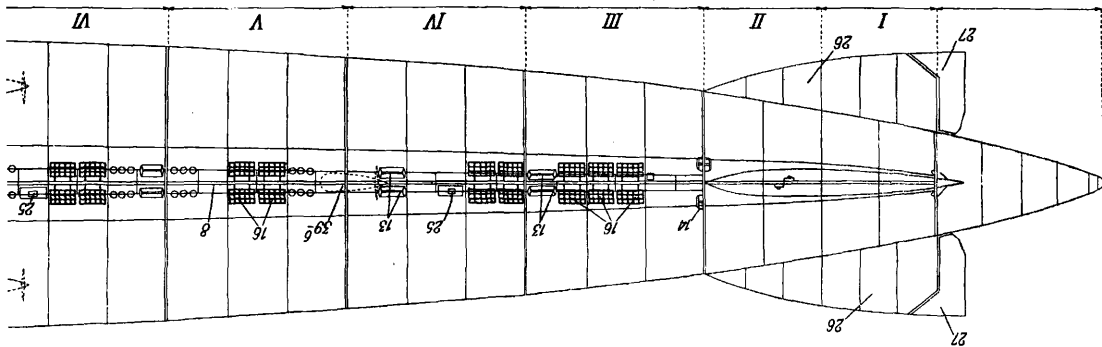
Современные жесткие Д. представляют собою дальнейшее развитие типов Цеппелина и Шютте-Ланц и имеют хорошо обтекаемую форму. Каркас (фиг. 6) представляет собой ажурное сооружение, состоящее из ряда стрингеров 1 и шпангоутов 2 и 3, связанных в точках их пересечения жесткими узлами, и из целой системы расчалок. Шпангоуты имеют форму правильных мн-ков (у «Z. R.-III»—24-угольник) и делятся на главные 2, расположенные в 10—15 м друг от друга, и дополнительные, более легкие 3, расположенные между главными на расстоянии 5 м от них. Главные шпангоуты, воспринимающие на себя вес всех внешних грузов, приложенных к корпусу корабля, расчлениваются тросами (поперечная расчалка), расположенными в плоскости шпангоутов: хордовыми 4, связывающими все углы шпангоута между собой, и радиальными 5, сходящимися в центре шпангоута. Через центры всех шпангоутов тянется осевая

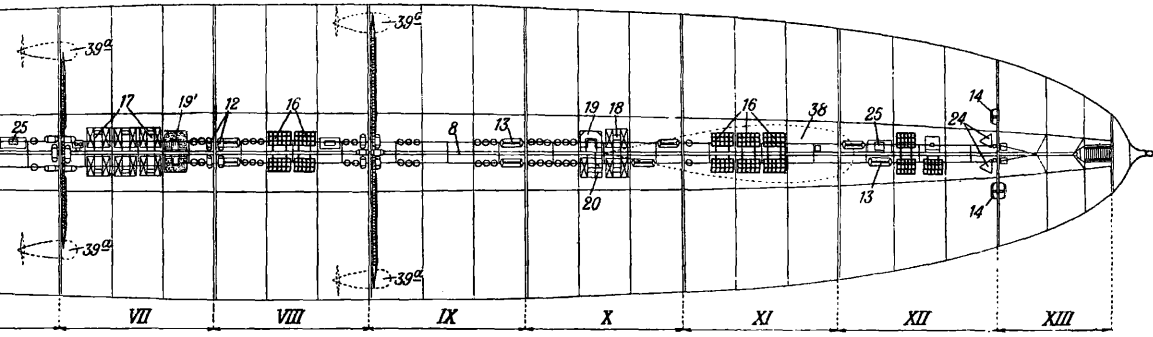
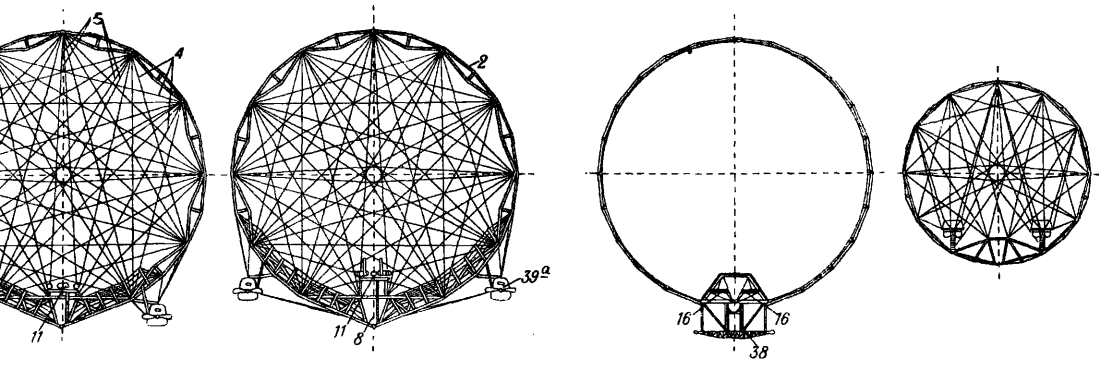
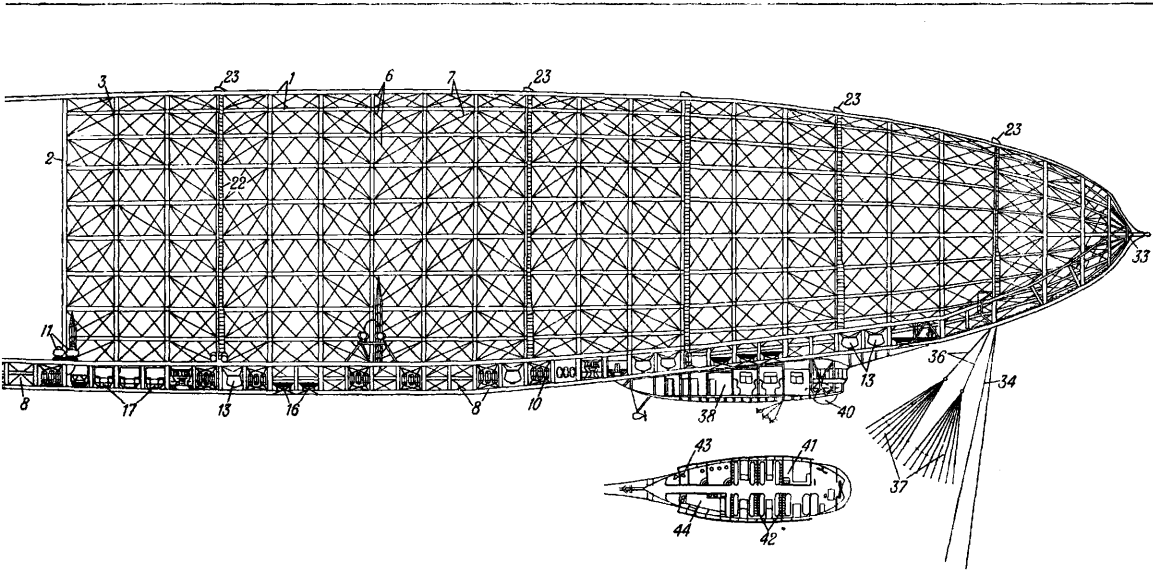
к внутреннему поясу стрингеров. Поперечным и диагональным расчалкам также дается при сборке Д. первоначальное натяжение, для чего они снабжаются тендерами. Внутри каркаса, вдоль всей его нижней части, тянется коридор 8, к-рый служит для сообщения между гондолами и прохода ко всем частям корабля, находящимся внизу каркаса от носа до кормы, а также для размещения в нем и над ним ряда грузов, как то: баков с бензином—запасным 10 и расходным 11, баков со смазкой 12, балласта в мешках 13 и в т. н. «балластных штанах» 14, баков с питьевой водой 15 и пр. По обеим сторонам коридора расположены: помещения для запасных частей, продовольствия, багажа и почты 16, помещения для команды 17, каюты: офицерские 18, кают-компании 19 и 19' и командирская—20.

Внутри отсеков каркаса, образованных главными шпангоутами (у «Z. R.-III»—13, вообще же от 13 до 20), помещаются газо-



Фиг. 6. Диржабыл жет





ь жестной системы «Z. R. III».

вые мешки из бодрюшированной ткани, имеющие, за вычетом трехгранного выреза для коридора, цилиндрическую форму. Для избежания увеличения сверхдавления внутри мешков выше расчетного каждый из них снабжен внизу автоматич. предохранительным клапаном 21а, открывающимся под давлением  $\sim 10$  мм вод. ст.; сверху находится управляемый пилотом из гондолы маневренный клапан 21б. Для отвода газа, выпускаемого автоматическими клапанами, служат газовые шахты 22, наружное отверстие которых в оболочке снабжено крышкой 23. Для вентиляции каркаса служат особые клапаны 24. В коридоре имеются люки, закрываемые задвижками 25.

Каркас обтянут хлопчатобумажной тканью, покрытой целлоном с примесью алюминиевого порошка. Газонепроницаемости от этой материи не требуется; нужна лишь водонепроницаемость и по возможности несгораемость. Вес ткани 130—170 г/м<sup>2</sup>; временное сопротивление—до 2 000 кг/н. м.

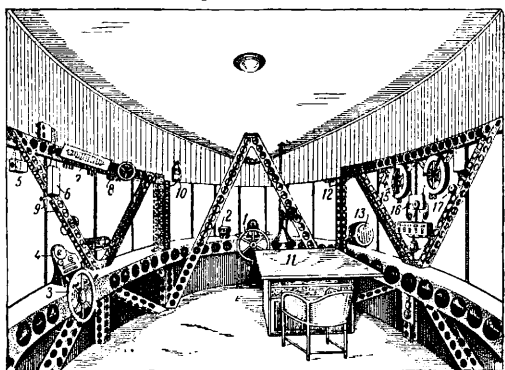
Иногда (у военных кораблей) наверху Д., ближе к носовой части, устраивается платформа, служащая наблюдательн. пунктом и местом установки легкой пушки. Платформа соединяется с коридором посредством лестницы, расположенной между двумя шпангоутами. Иногда устраивается платформа-башенка для той же цели и на корме.

Оперение Д. состоит из двух пар неподвижных горизонтальных 26 (стабилизаторы) и вертикальных 28 плоскостей, жестко прикрепленных к кормовой части каркаса и оганчивающихся подвижными плоскостями—рулями высоты 27 и направления 29, соединенными с неподвижными планами при помощи шарниров. Профиль оперения—симметричные, хорошо обтекаемые дужки; оперение изготовлено из дуралюминиевых лонжеронов 30 и нервюр 31, расчаленных внутри тросами 32 и обтянутых снаружи материей. Для уменьшения площади оперения стремятся расположить его возможно ближе к корме (чтобы увеличить плечо момента оперения); для достижения же большего эффекта действия оперения, при данном расположении его и площади, стараются дать рулям возможно больший вылет (укоротить по длине Д. и удлинить в стороны) с тем, чтобы возможно большая часть оперения находилась вне «аэродинамической тени». Вес оперения обычно 7—8% от веса всего каркаса.

В носовой части каркаса имеется специальное усиление 33 для пришвартовывания Д. к причальной мачте. Для этой же цели служат управляемые из пилотской гондолы большие канаты, прикрепленные в носовой 34 и в кормовой 35 частях; в тех же местах укреплены и канаты 36 с рядом веревок 37 для удержания Д. руками обслуживающей на земле команды.

Гондолы делятся на гондолы управления (они же обычно и пассажирские) и моторные. Гондола управления 38 располагается под носовой частью каркаса и либо жестко присоединяется к нему (как у «Z.R.-II» и «L.Z.-127») либо подвешивается к каркасу при помощи тросов и шарнирных связей, идущих к узловым точкам главных шпангоутов. Иногда гондола управления

имеет в своей кормовой части и моторную установку с винтом. Моторные гондолы 39 всегда подвешиваются к каркасу; они делаются на подвешенные по килевой линии (обычно одна задняя) 39б и на боковые 39а—по обеим сторонам каркаса. По количеству моторов эти гондолы бывают одно- и двухмоторные. Гондолы—металлические, имеют хорошо обтекаемую форму и строятся по принципам, применяемым при постройке лодок. Для посадки на воду гондолы имеют лодкообразное днище в виде глухого алюминиевого кожуха; при посадке на землю гондолы первые воспринимают усилия от толчка и поэтому снизу к ним приделываются амортизаторы 40 в виде резиновых мешков, наполняемых воздухом. Моторные гондолы имеют сообщение с другими частями дирижабля при помощи люка и лестницы. Пилотская гондола разделена на две части: впереди находится капитанская рубка, а сзади—пассажирское помещение.



Фиг. 7.

Примерное оборудование капитанской рубки показано на фиг. 7: штурвал 1 для управления рулями направления и компас 2; штурвал 3 для управления рулями высоты—с левого борта; доска 4 с анероидом, часами и двумя уклономерами, барограф 5, вариометр 6, распределительная доска для управления балластом 7, то же для газа 8, термометры для воздуха 9 и газа 10. У правого борта помещается стол для карт 11; на борту—приборы для управления причаливанием 12, прожектор 13, сигнальный колокол 14, телеграф 15 и телефон 16 для передачи распоряжений в моторные гондолы и во внутренний коридор каркаса, прибор для измерения скорости полета 17.

Штурвалы соединяются с рулями посредством цепей и тросов. Изменение угла наклона рулей высоты и направления может производиться каждой пары одновременно или порознь; на случай поломки рулевых тяг, в нижней неподвижной части оперения устроены мостик и вспомогательный штурвал, мостик соединен телефоном с пилотской и с задней моторной гондолами. Предел отклонения рулей обычно 30° в каждую сторону. Для маневрирования в вертикальной плоскости пользуются статической (сбрасывание балласта, выпуск газа) и динамической (подъемной силой корабля). Последнее достигается путем изменения угла атаки направляющих рулевых плоскостей или путем различных комбинаций для изменения статического положения дирижабля, приводящих к наклону продольной оси корабля по отношению к встречному ветру; путем динамического подъема возможно несколько превысить максимальную статическую высоту.

Радиооборудование Д. «L.Z-127» («Граф Цепелин») составляет: 1) главный передатчик, мощностью 140 W, комбинированный—телефон и телеграф, имеющий нормальную дальность действия: 1 500 км телеграфом и 400 км телефоном; 2) аварийный ламповый передатчик, мощностью в 70 W; нормальные дальности его: 750 км телеграфом и 180 км телефоном. Оба передатчика на телеграф могут работать как незатухающими колебаниями, так и тональными колебаниями. Источником энергии служат две динамомшины, приводимые во вращение ветрянками (одна для главного, другая для аварийного передатчика). При аварийной работе эти динамомшины получают первичную энергию от батареи аккумуляторов; 3) три приемника супергетеродинного типа, соответственно на волны: 150—500 м, 400—4 000 м



Фиг. 8.

и 3 000—25 000 м; 4) радиокомпас на волны 300—4 000 м, рамочного типа; сама рамка под радиорубкой, но управление ею происходит из общей кабины (радиорубки), где размещены все названные приборы; 5) в качестве антенны применены два свисающих провода, длиной по 200 м каждый; 6) кроме того, установлены коротковолновые передатчик и приемник для экспериментальной работы. Позывной Д. «DENNE»; распределение волн при работе следующее:

Длина волны в м	
1 875	} Волны для связи только с судовыми радиостанциями, к-рые могут транслировать телеграммы Д. на континенты.
1 887	
1 911	
1 935	
1 961	
1 987	} Волна связи для обмена с судовыми радиостанциями
2 098	
2 479	} Волна для сигналов об аварии, передаваемых дирижаблем европейским береговым станциям.
2 521	

При совершенном перелете Европа—Америка радиосвязь поддерживалась непрерывно то с одним, то с другим континентом.

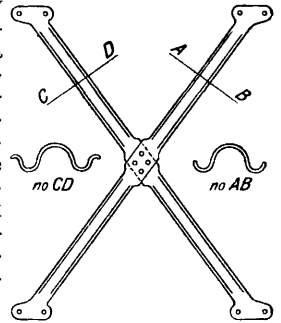
Освещение Д.—электрическое; арматура—из 64 лампочек со всеми проводами и соединениями—тщательно изолирована от воды и газа, снабжена всеми приспособлениями, а равно регуляторами тока при включении на ток от генератора (фиг. 6, 41). Пассажирские помещения состоят из пяти отделений—купе 42 с 50 местами; далее следуют: умывальные и уборные 43, а с правого борта—кухня и столовая 44. Кухня оборудована электрической плитой, энергия для которой берется от особой динамомшины в 4,5 V со специальной обмоткой для равномерного напряжения; вблизи плиты, в целях предохранения от пожара, пол, стены и потолок обшиты алюминиевыми листами.

Применяемые материалы. Материалом для каркаса служит, главным образом, дуралюминий; сталь применяется для расчалок. Характеристика материалов, употребляемых англичанами для постройки жестких Д., дана в табл. 5.

Табл. 5.—Материалы, употребляемые для постройки жестких дирижаблей.

Материал	Временное сопротивление в кг/см <sup>2</sup>			Модуль упругости E в кг/см <sup>2</sup>	Удельный вес
	растяжн.	сжат.	связ.		
Мягкая сталь . . .	5 600	4 900	3 500	2 110 000	7,85
Стальная проволока . . .	12 600	—	—	2 110 000	7,85
Дуралюминий . . .	4 080	3 500	2 450	752 200	2,88
Алюминий . . . . .	1 550	735	915	703 000	2,70

Стрингеры и шпангоуты состоят обычно из клепаных решетчатых ферм с треугольным поперечным сечением, длина их обычно не выше 6 м, высота в среднем 1/25 длины и вес 500—600 г/п.м. Типичная балочка состоит из трех уголков (фиг. 8), соединенных штампованными раскосами из листового дуралюминия, прикрепленными к полкам уголков; заклепки—обычно алюминиевые, 3-мм. Раскосы, с целью лучшего сопротивления продольному изгибу, имеют сечение, показанное на фиг. 9, при чем в местах соприкосновения балочек с материей один из раскосов имеет сечение CD, и оба располагаются так, что их острые края обращены в сторону, противоположную от материи (внутри балочки); в местах пересечения раскосы склепываются друг с другом. В табл. 6 приведены размеры некоторых стандартных типов раскосов цепелина.



Фиг. 9.

Табл. 6.—Размеры раскосов цепелина.

Тип раскоса	Вид в плане	Высота h в мм	b в мм	Толщина в мм
2		350	247	0,43
9		252	247	0,43
11		182	148	0,43
16		350	247	0,76
18		182	148	0,51
20		140	118	0,43
26		135	148	0,43
28		140	118	0,61
29		135	148	0,61

В табл. 7 даны сечения применяющихся для балочек уголков и корытных профилей и приведены размеры стандартных типов. Некоторые из профилей имеют загнутые края для избежания местной деформации.

В последнее время заменяют профили трубами и даже целые балочки одной трубой, что дает значительные удобства в случае применения шарнирных соединений. Трубочатое сечение выгодно при продольной нагрузке, а для ферм, сопротивляющихся поперечным нагрузкам, напр. для стрингеров, выгоднее треугольные балочки. Корытные профили и уголки соединяются между собой посредством дуралюминиевых накладок и заклепок. На вкладном листе показаны типичные узлы и соединения стрингеров и шпангоутов.

Расчалки изготавливаются из высококачественной стали с сопротивлением на разрыв 12 000—15 500 кг/см<sup>2</sup>; применяется проволока 7—21 калибров SWG (стандартный проволочный калибр) согласно табл. 8.

Табл. 7.—Стандартные уголки.



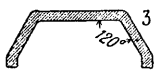
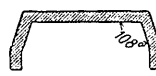
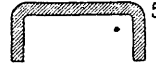
Тип	Поперечное сечение	Размеры в мм	Толщ. в мм	Вес в кг/п.м
a b p q		18×18 21×21 » »	1,22 1,42 1,57 1,22	0,126 0,169 0,189 0,145
x y z ob od		20×20 » » » 14×14	1,22 1,42 1,83 2,03 1,03	0,139 0,164 0,210 0,232 0,083
e h f g		25×12,5×5 25×15×5 »	1,03 1,22 1,42 1,57	0,173 0,2065 0,262 0,290
c d i y k l n m o		16×11×5 » » » » 14×10×4 13×7×4 9×5×2,5	1,22 1,57 0,84 1,03 1,42 1,83 0,84 1,03 0,84	0,173 0,325 0,119 0,145 0,202 0,255 0,0995 0,102 0,0578
r s t u v w oa oc oe of og oh oi		20×15 » 30×15 25×20 » » 25×15 25×20 35×15 » » 25×20 20×15	1,22 1,42 1,22 1,22 1,57 2,03 1,03 1,03 1,22 1,57 1,83 1,42 1,03	0,173 0,202 0,206 0,222 0,292 0,374 0,158 0,188 0,2225 0,290 0,336 0,262 0,145

Табл. 8.—Стандартные проволоки.

Калибр по Standard Wire Gauge (SWG)	Диаметр в мм	Площадь поперечн. сечения в см²	Вес в кг/п. м	Разрывающее усилие в кг*
1	7,6	0,456	0,345	7 080
2	7,0	0,386	0,292	5 990
3	6,4	0,322	0,244	5 000
4	5,9	0,273	0,2065	4 230
5	5,4	0,227	0,1725	3 520
6	4,9	0,187	0,141	2 900
7	4,5	0,157	0,1185	2 435
8	4,1	0,130	0,0985	2 015
9	3,7	0,105	0,0847	1 625
10	3,3	0,0832	0,063	1 290
11	3,0	0,0683	0,0514	1 055
12	2,6	0,0548	0,0407	855
13	2,3	0,0426	0,0323	660
14	2,0	0,0322	0,0248	500
15	1,8	0,0264	0,01975	405
16	1,6	0,0206	0,0159	320
17	1,4	0,0161	0,01185	250
18	1,2	0,0116	0,0089	180
19	1,0	0,0084	0,00598	130
20	0,9	0,00645	0,0049	100
21	0,81	0,00516	0,00394	80
22	0,71	0,00394	0,00302	60

\* В случае если проволока изготовлена из стали с сопротивлением 15 500 кг/см².

При больших нагрузках в качестве расчалок применяют стальные «ленты» эллиптич. сечения; наиболее употребительны «ленты» сечения 7×5 мм с разрывающ. усилием 2 700 кг, и 4×3 мм, с усилием 1 420 кг. При установке расчалок им дают (в целях неизменяемости форм каркаса) первоначальное натя-

жение, равное ~1/30 от разрывной нагрузки данной расчалки. Расчалки крепятся петлями к ушкам, имеющимся в узловых соединениях; петли обматывают тонкой проволокой и запаивают.

Нормы и метод расчета каркаса. В Англии в 1925 г. Комиссией по выработке технических требований к воздушным кораблям были предложены следующие случаи расчета и соответствующие им необходимые коэффициенты запаса прочности:

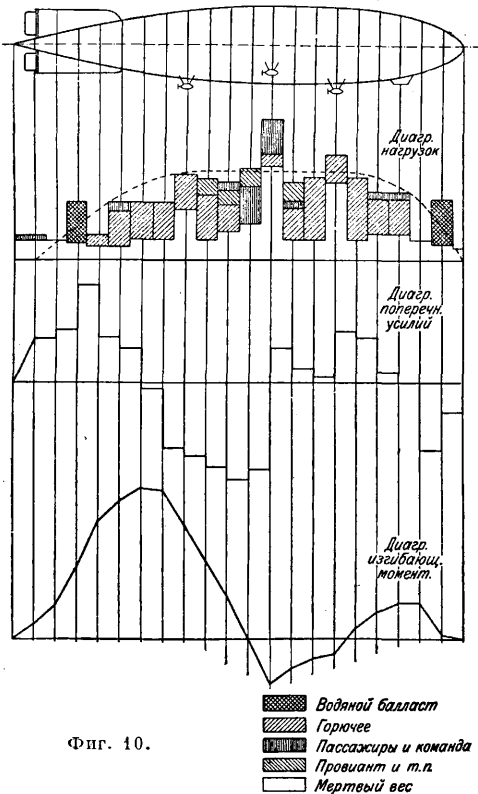
1. Д. уравновешен в горизонтальном положении близ земли; газовые мешки заполнены газом на 100%; подъемная сила водорода, плотность воздуха и пр.—нормальны. Коэфф-т прочности—4.
2. Д. уравновешен в нормальных условиях, весь расходный груз истрачен. Коэфф-т прочности—4.
3. Те же условия, что и в пп. 1 и 2, но один из газовых мешков пустой. Горизонтальная балансировка при этом может стать невозможной по условиям п. 2. Коэфф-т прочности—3.
4. Как в случае 1 и 2, но Д. уравновешен при танго угле наклона, к-рый на полной мощности моторов даст максимальный аэродинамический изгибающий момент. Коэфф-т прочности—2,5.
5. То же, что и в п. 4, но один газовый мешок пустой. Коэфф-т прочности—2,0.
6. Как в случае 1, но Д., при горизонтальном полете со скоростью 75% от максимальной расчетной, делает поворот: а) при максимальном отклонении рулей направления или б) по кругу диаметром, равным шестикратной длине Д. Коэфф-т прочности—3,0.
7. Как в случаях 2 и 3, но Д. совершает поворот, как в случае 6. Коэфф-т прочности—2,0.
8. Как в случаях 2 и 3, но Д. пришвартован к причальной мачте; угол наклона продольной оси—3°; ветер 100 км/ч. Коэфф-т прочности—3,0.

Все построенные до 1928 г. Д. этим коэфф. не удовлетворяли; в ближайшем же будущем, в связи с возможным повышением скорости и другими условиями, приведенные коэфф-ты могут оказаться недостаточными, и потребуются их увеличение. В прежних Д. недостаточно учитывалось значение аэродинамическ. нагрузки, учитывались, главным образом, нагрузки статические; недостатком прочности и объясняется значительная часть катастроф с Д., в частности катастрофы с «R.-38» (в 1924 г.) и с «Шенандоа» (в 1925 г.).

Силы, действующие на Д.: 1) статические и 2) динамические. К первым относятся: вес самого Д. и грузов, на нем находящихся, и подъемная сила газа, вызывающая давление на каркас; ко вторым—силы сопротивления и влечения воздуха при различных режимах полета, сила тяги винтов, силы инерции при каждом изменении состояния движения и пр. Статическ. силы м. б. легко определены для различных вариантов загрузки Д.; динамич. силы м. б. учтены только с известной приближенностью. Все действующие на Д. силы, вызываемые статич. и динамич. нагрузками, в любом отсеке Д. сводятся к: 1) осевым силам (растяжение или сжатие), 2) поперечным силам в вертикальной плоскости, 3) то же в горизонтальной плоскости, 4) и 5) изгибающим м.ментам, действующим в тех же двух плоскостях, и 6) крутящему моменту, ось которого параллельна оси дирижабля. Действие осевой нагрузки имеет практическое значение главным образом при расчете носовой части; крутящий момент может иметь значение при несимметричном положении рулей. Основное значение при расчете имеют поперечные усилия и изгибающие моменты.

Каркас представляет собою пространственную решетчатую ферму подобного рода

статическ. неопределимости, что расчет его представляет значительные трудности и требует введения целого ряда последовательных предположений, часто основанных на эмпирических данных. Весь каркас разбирается при расчете на ряд составных частей (отсеки, коридор, нос, корма, шпангоуты, стрингеры и пр.), рассчитываемых каждая в



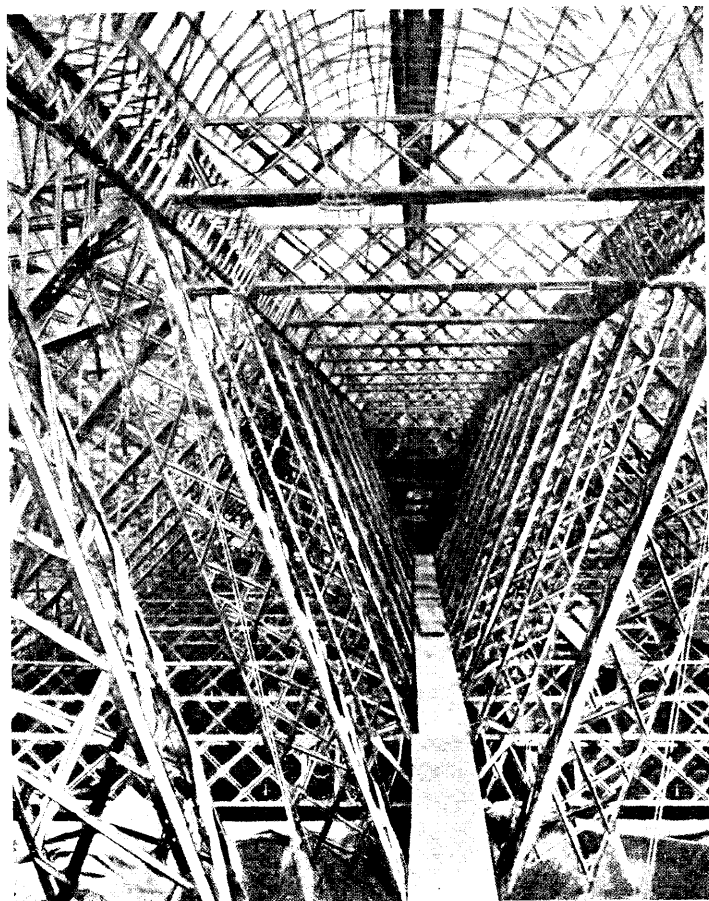
Фиг. 10.

отдельности, а затем, на основании проведенных на опыте предположений, рассматривается взаимное влияние этих частей. Обычно предполагается, что: 1) соединение стержней каркаса между собой шарнирное, 2) наружные силы приложены только в узловых точках. Подъемная сила газа воспринимается окружными расчалками, проходящими по краям внутреннего пояса стрингеров; стрингерами, как балками, она передается главным шпангоутам. Вес грузов, находящихся на корабле, передается, посредством коридора или непосредственно (например, моторные гондолы), на главные шпангоуты; вес каркаса Д. также считается переданным на них. Т. о., и подъемная сила и все веса сосредоточены на главных шпангоутах (предположение, аналогичное тому, которым пользуются при проектировании мостов и сквозных конструкций); при таком предположении перерезывающая сила между двумя шпангоутами остается постоянной. Перерезывающая сила и изгибающий момент (статические) возникают в каркасе вследствие неодинакового распределения подъемной силы и нагрузки по длине корабля. С целью нахождения максимума перерезывающих сил и изгибающих моментов, точно определяют

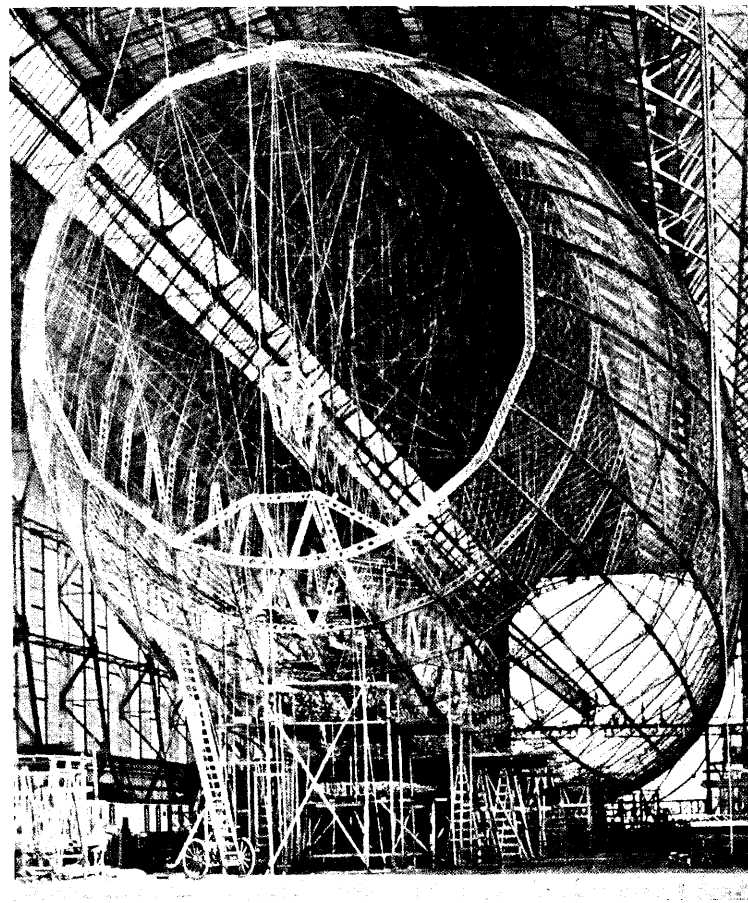
подъемную силу газа, действующую в данном отсеке Д. и распределяемую между двумя соседними главными шпангоутами, а также и все нагрузки на каркас и его вес. Затем строят диаграммы перерезывающих сил и изгибающих моментов от подъемной силы и грузов мертвых и полезных в отдельности, затем—суммарную диаграмму всех нагрузок и свободной подъемной силы, при чем эти диаграммы строят для всех случаев, предусмотренных нормами расчета; при расчете на случай 3 (один из газовых мешков—пустой) пустым принимают последовательно каждый из газовых мешков и берут для расчета наибольшие для данного пролета значения перерезывающих сил и изгибающих моментов, получающиеся в различных вариантах. На фиг. 10 дана диаграмма для случая полной нагрузки на Д.; различные виды грузов показаны разной штриховкой; здесь же показаны поперечные усилия и изгибающие моменты для данной нагрузки. Чтобы представить при построении диаграммы нагрузку в виде площади, считают, что она распределяется равномерно от половины одного пролета до половины другого. Сумма всех грузов д. б. равна полной подъемной силе, т. е. грузов должен находиться на одной вертикали с центром подъемной силы. Построение диаграмм нагрузок при проектировании дирижабля крайне важно и в том отношении, что оно дает возможность правильного распределения всех нагрузок и наилучшего уравнивания дирижабля в различных случаях, предусматриваемых нормами расчета.

После определения сил и моментов от статической нагрузки определяют, путем продувок соответствующих моделей дирижабля в аэродинамической трубе, динамич. усилия, возникающие в каркасе во время полета. Сопротивление движению складывается из сопротивления давления или формы (гидродинамического давления), определяемого из диаграммы распределения давления по корпусу Д. (фиг. 3), и из сопротивления трения (при чем сопротивление от трения по опытам, произведенным в аэродинамической лаборатории ЦАГИ, достигает 50—60% от общего сопротивления). Полное лобовое сопротивление  $Q = C_x \rho S V^2$ , где  $C_x$ —коэффициент лобового сопротивления,  $\rho$ —плотность, принимаемая  $= 1_s$  (у земли),  $S$ —площадь сечения миделя и  $V$ —максимальная скорость дирижабля. Зная  $C_x$  из продувки модели, найдем  $Q$  для всего дирижабля.

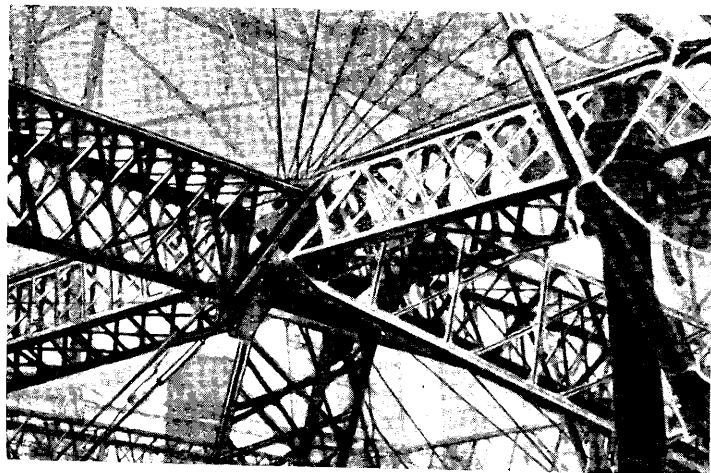
Изгибающий момент, действующий на каркас и происходящий от давления воздуха на рули, стабилизаторы и корпус во время поворота, имеет наибольш. значение при повороте Д. с максим. отклонением рулей и при наибольшей скорости. Он действует в той же плоскости, в какой происходит поворот Д.; поэтому при повороте в вертикальной плоскости общий результирующий момент  $M_p$  в каждом данном сечении каркаса равен сумме моментов от статической  $M_c$  и динамической  $M_d$  нагрузок;  $M_p = M_c + M_d$ , а при повороте в горизонтальной плоскости  $M_p = \sqrt{M_c^2 + M_d^2}$ , так как в этом случае плоскости обоих моментов взаимно перпендикулярны.



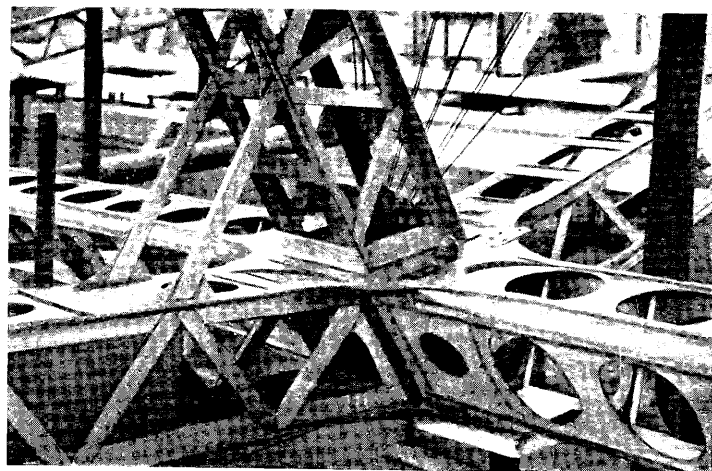
Коридор дирижабля Л. З. 127—„Граф Цешелин“.



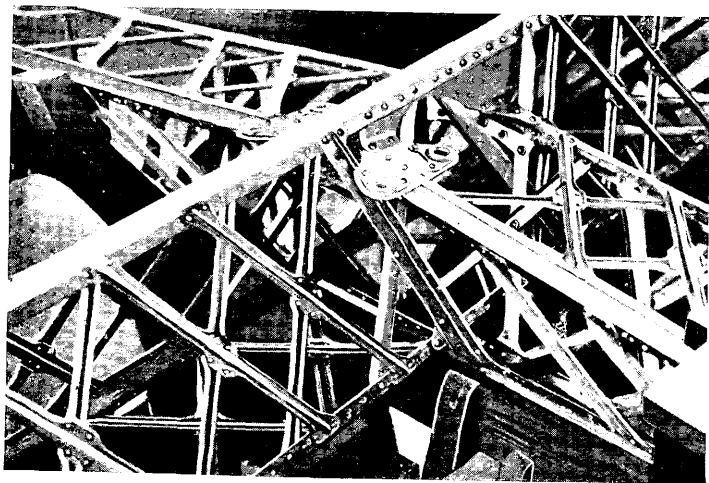
Постройка и сборка корпуса дирижабля Л. З. 127—„Граф Цешелин“.



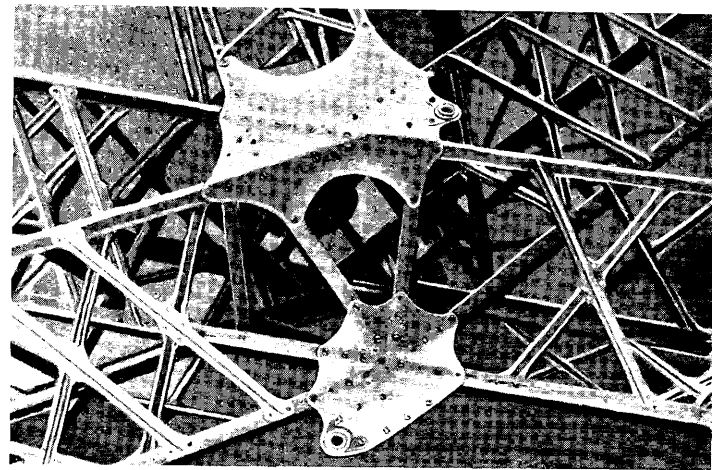
Узел соединения в дирижабле „Цепелин“.



Узел соединения коридора в дирижабле „Шютте-Ланц“.



Узел соединения в дирижабле „Цепелин“.



Узел соединения шпангоута и стрингера в дирижабле „Цепелин“.



Возникающие при повороте перерезывающие усилия в каркасе  $F_{\partial}$ , при определении результирующих перерезывающих сил  $F_p$  в данном его сечении, алгебраически складываются с перерезывающими усилиями от статической нагрузки  $F_c$ :

$$F_p = F_{\partial} + F_c,$$

в случае поворота в вертикальной плоскости; при повороте в горизонтальной плоскости

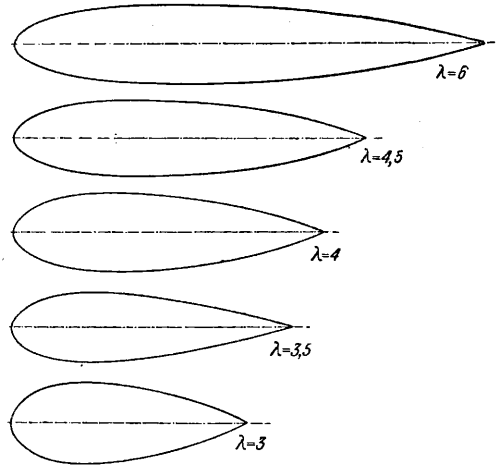
$$F_p = \sqrt{F_{\partial}^2 + F_c^2}.$$

Отдельному рассмотрению подлежат также усилия, возникающие в каркасе Д. при его стоянке на причальной мачте, так как в этом случае усилие, приложенное к носовой части корабля и стремящееся оторвать Д. от мачты, зависит от скорости ветра. При расчете каркаса следует также учитывать и т. н. температурные напряжения, возникающие в его частях при изменении  $t^\circ$  окружающей среды вследствие того, что уплотняемые для постройки Д. материалы (дуралюминий и сталь) имеют различные коэф-ты расширения; напряжения в некоторых частях каркаса (например, в шпангоутах) могут по этой причине возрасти на  $\sim 10-20\%$ .

Стрингеры каркаса рассчитываются как балки, лежащие на нескольких опорах (в предположении, что главные шпангоуты являются жесткими опорами). При расчете главных шпангоутов предполагается, обычно, шарнирное соединение во всех узловых точках. Шпангоуты рассчитываются на силы, действующие в их плоскости и перпендикулярно к ней; последние возникают от давления газа на поперечную расчалку, особенно когда один из газовых мешков пуст. Силы, действующие в плоскости шпангоута (от нагрузок, подъемной силы и от аэродинамич. усилий), следует точно установить по величине и направлению.

**Проектирование Д.** В основную характеристику всякого дирижабля входят: 1) тип (система) и назначение, 2) габаритные размеры, 3) объем газоместностица  $U_2$ , (а для нежестких Д. и объем баллонетов  $u$ ), 4) количество моторов и общая мощность их в HP, 5) мертвый вес  $G$ , 6) полезн. нагрузка  $G_{пол.}$ , 7) максимальная  $V_{max}$  и крейсерская  $V_{крейс.}$  скорости, 8) радиус действия  $R$  (радиусом действия называется тот путь, к-рый Д. может пройти в безветрие и по прямому курсу при известной собственной скорости, израсходовав все горючее; радиус действия, как и продолжительность полета,—величины переменные, зависящие от выбран. скорости  $V$ ), 9) потолок  $H$ . Перед проектирующим ставятся определенные технические требования в отношении пункта 1,  $G_{пол.}$ ,  $V_{max}$ ,  $R$  и  $H$ , иногда с указанием, что данное требование должно быть выполнено в пределах определенной величины  $U_2$ , а если стоянка дирижабля предполагается в имеющемся уже эллинг, то, в зависимости от размеров его, в задание входит и п. 2. Все величины, входящие в основную характеристику дирижабля, тесно связаны между собой; конструктор должен выбрать наилучшее соотношение их в пределах данного задания; при предварительном проектировании широко используются статистические данные.

При выборе, на основании данных испытания моделей Д. в аэродинамич. трубе, наилучших формы и относительного удлинения  $\lambda = \frac{L}{d_{max}}$ , основную роль играет сравнительная величина не коэфф.  $C_x$  (как в самолетах),

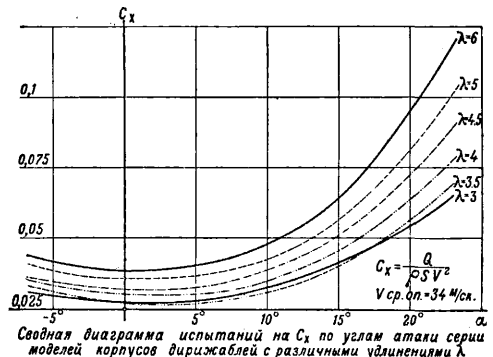


Фиг. 11.

отнесенного к площади сечения  $S$  миделя  $C_x = \frac{Q}{\rho S V^2}$ , а так называемого объемного коэффциента  $C_u$ , отнесенного к грани куба, равновеликого по объему данному Д. (или его модели) и получаемого по ф-ле:

$$C_u = \frac{Q}{\rho U^{2/3} V^2},$$

где  $Q$ —лобовое сопротивление в кг,  $\rho = 1/8$  (у земли),  $U$ —объем вытесняемого оболочкой воздуха в  $m^3$  и  $V$ —скорость в  $m/сек$ . Величины  $C_u$  непосредственно показывают, как относятся между собой в смысле сопротивления различные формы Д. при равных объемах. Коэфф.  $C_u$  для всего Д. (с поправками



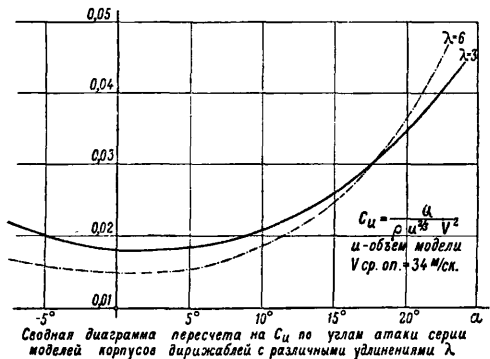
Фиг. 12.

на гондолы, расчалки и проч.) должен получиться не более 0,03—для мягких Д., 0,023—для полужестких и 0,018—для жестких Д. На фиг. 11—изображена серия моделей оболочек с одинаковым  $d_{max} = 200$  мм, но с различной  $L$ , испытанных в аэродинамич. лаборатории ЦАГИ; на фиг. 12—диаграмма испытаний этих моделей на  $C_x$  по углам атаки  $\alpha$ ; на фиг. 13—диаграмма  $C_u$  по углам

атаки  $\alpha$  для моделей с  $\lambda = 3$  и  $\lambda = 6$ . Испытанные модели — тела вращения с эллипсоидальной передней частью и с  $d_{max}$  на  $1/3$  длины модели, считая от носа.

Если обозначить (принимая немецкую терминологию) через  $A$  — полную подъемную силу в кг,  $U_2$  — объем газа в  $m^3$ ,  $N_e$  — эффективную мощность моторов,  $G$  — вес несущего корпуса,  $M$  — вес моторных установок,  $B$  — вес горючего, взятого на  $t$  часов полета и  $G_{пол.}$  — полезную нагрузку (по немецкой терминологии горючее не входит в  $G_{пол.}$ ), то  $G_{пол.} = A - (G + M + B)$ .

Принимая за  $k_m$  — вес на единицу мощности



Фиг. 13.

моторной установки и  $k_2$  — потребление горючего на силочас, имеем  $M = k_m \cdot N_e$  и  $B = k_2 \cdot N_e t$ ; тогда

$$G_{пол.} = A - G - N_e (k_m + k_2 t).$$

Из уравнения:

$$\eta \cdot N_e \cdot 75 = Q \cdot V,$$

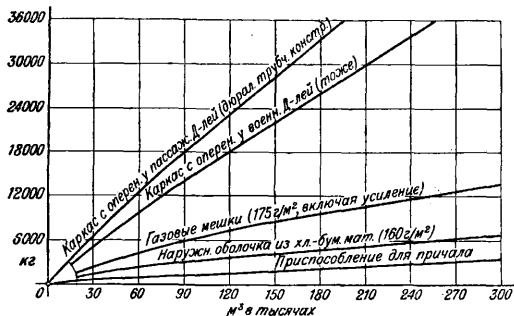
где  $\eta$  — КПД винта, находим:

$$N_e = \frac{QV}{\eta \cdot 75} = \frac{c \cdot V^3}{\eta \cdot 75},$$

где  $c = C_u \rho U^{2/3} = \text{Const}$  — для данной формы и объема и

$$G_{пол.} = A - G - \frac{c \cdot V^3}{\eta \cdot 75} (k_m + k_2 t).$$

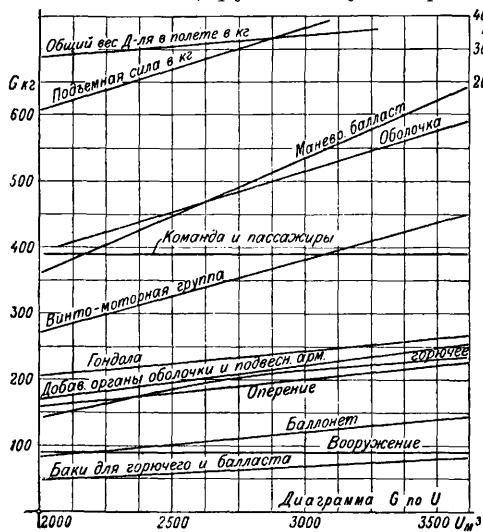
КПД  $\eta$  колеблется в пределах  $0,65 \div 0,78$ ; при предварительном проектировании следует брать  $\eta$  не более 0,7. На основании данных об уже имеющихся Д. можно вывести зависимость увеличения тех или иных весов от



Фиг. 14.

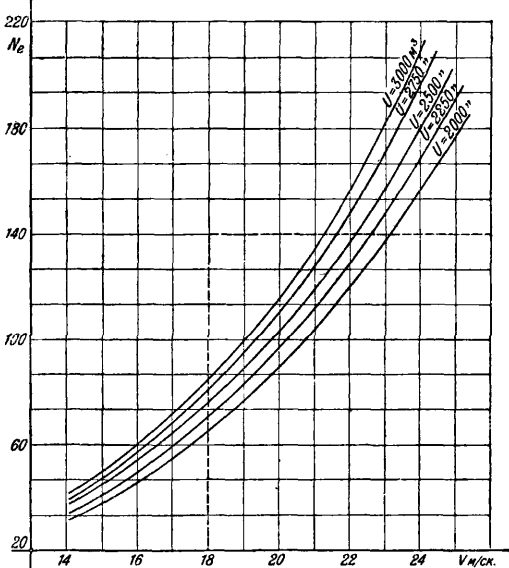
увеличения объема Д., построить соответствующую диаграмму сначала для больших колебаний объема, а затем, разбив все грузы на более детальные подразделения, построить

те же диаграммы в пределах небольших колебаний объема, руководствуясь при этом



Фиг. 15.

поставленными требованиями. На фиг. 14 приведена примерная диаграмма весов в зависимости от объема, для жестких Д., на фиг. 15 — те же данные, но с более мелким

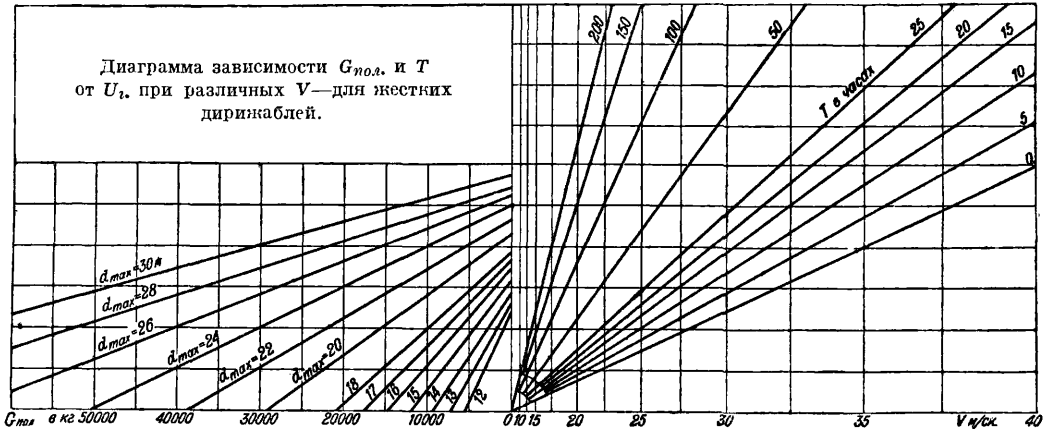


Фиг. 16.

подразделением весов, для мягких Д. небольшого объема. Веса винтомоторной группы взяты при построении последней диаграммы в зависимости от мощности, необходимой для достижения одной и той же скорости при данных колебаниях объема и при одинаковой форме оболочки. Точка пересечения (в верхней части диаграммы) двух кривых — подъемной силы и общего веса дирижабля в полете (масштаб справа) — дает по оси абсцисс минимальный объем, необходимый для выполнения данного задания. На основании статистических данных и путем

подставления различных значений величин в приведенные выше ф-лы, можно проследить ряд зависимостей для выбора наиболее рациональных соотношений. На фиг. 16 дана диаграмма  $N_e$  по  $V$  для  $U$  от 2 000 до 3 000 м<sup>3</sup>;

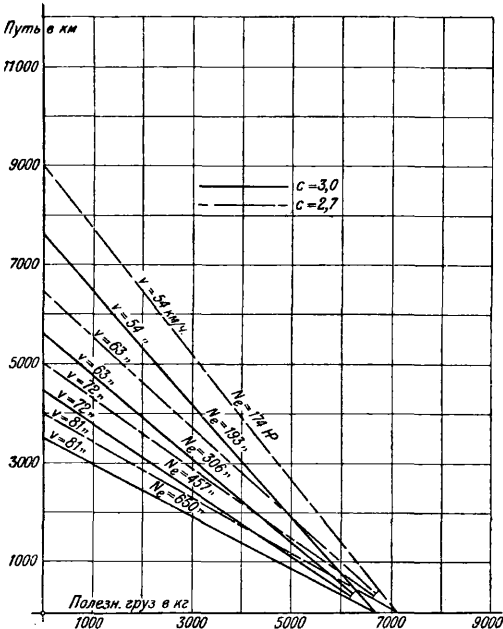
ния, по линии, параллельной оси абсцисс, переходим на левую сторону диаграммы; точки пересечения этой линии с прямыми для разных  $d_{max}$  дадут по оси абсцисс соответствующую полезную нагрузку; так, при



Фиг. 17.

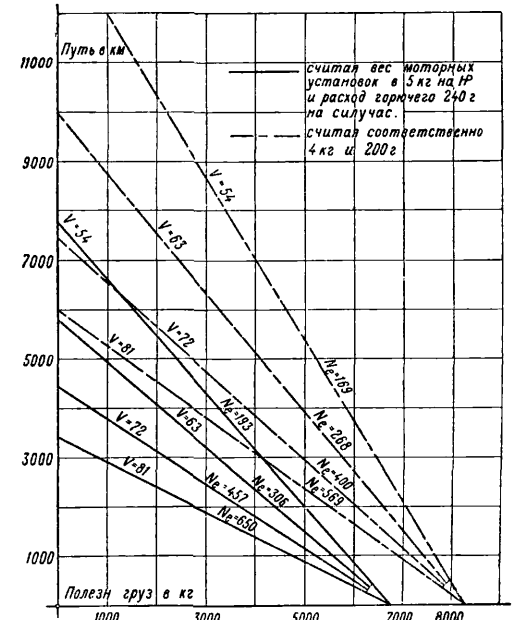
на фиг. 17—примерная диаграмма (для жесткого Д.) зависимости увеличения полезной нагрузки и продолжительности полета от увеличения объема, данного как функция

$d_{max}=20$  м  $G_{пол.}=8 000$  кг, при  $d_{max}=26$  м  $G_{пол.}=20 000$  кг. Эта диаграмма составлена на основании статистич. данных прежних Д.; развитие дирижаблестроения позволяет значительно улучшить качества корабля; при проектировании возможно составление подобных диаграмм более точно и в пределах небольших колебаний объема. На фиг. 18 показано соотношение (для жесткого Д. объемом ~ 20 000 м<sup>3</sup>) полезного груза и пути при различных  $N_e$  (в Н) и соответствующих



Фиг. 18.

диаметра  $d_{max}$  (при одном и том же  $\lambda \approx 10$ ). Пример пользования диаграммой: заданы скорость  $V=85$  км/ч = 23,6 м/сек и путь, который должен пройти Д.,  $R=4 250$  км; требуется найти полезный груз, который м. б. взят Д. различной кубатуры. Продолжительность полета  $T = \frac{R}{V} = \frac{4 250}{85} = 50$  ч.; на правой стороне диаграммы находим точку пересечения прямой для  $T=50$  ч. и ординаты, восстановленной из точки, соответствующей по оси абсцисс  $V=23,6$  м/сек; от точки пересече-



Фиг. 19.

им  $V$  (в км/ч), при чем сплошная линия соответствует  $c=3,0$ , а пунктир— $c=2,7$ ; уменьшение  $c$  может быть достигнуто улучшением формы Д., т. е. уменьшением  $Q$ . Такие же диаграммы м. б. построены и для случаев

увеличения  $\eta$ , уменьшения веса  $M$ , уменьшения расхода горючего на силочас (фиг. 19, где  $V$  — в км/ч, а  $N_e$  — в HP).

Выбрав основные величины, входящие в характеристику  $D$ , и наметив конструкцию отдельных его частей, производят размещение грузов по длине корабля, более точный подсчет весов и предварительный расчет на прочность. До окончательного расчета  $D$  на прочность необходимо, путем продувок модели  $D$  в аэродинамич. трубе, тщательно изучить динамич. усилия, к-рым  $D$  может подвергаться в полете, а также устойчивость  $D$  при выбранном (в конечном итоге на основании тех же продувок) оперении.

**Стандартные обозначения англ. воздушного мин-ва:**

1. Подъемная сила  $L$  (Lift of hydrogen)  $1 \text{ м}^3$  водорода на уровне моря принимают в 1,08 кг. Именованная подъемная сила с высотой считают пропорциональным плотностям «стандартной атмосферы».
2. За объем газа, при вычислении полной подъемной силы, считают: для жестких кораблей—объем всех газовых мешков при выполнении их целиком с сверхдавлением не свыше 5 мм вод. ст.; для нежестких—теоретич. объем оболочки с пустыми баллонетами, увеличенный на 5%, идущих на растяжение оболочки.
3. Полную подъемную силу (Gross lift) на уровне моря определяют, помножив объем, подсчитанный по п. 2, на удельную подъемную силу, данную в п. 1.
4. Стандартную полетную высоту (Standard flying height) принимают в 810 м над уровнем моря для жестких  $D$  и 305 м для нежестких  $D$ .
5. Мертвый вес (Fixed weights)  $D$  определяется как сумма всех постоянных и нерасходуемых грузов, которые  $D$  должен нести при всяких условиях; сюда относятся: каркас, оболочки, гондолы, винтомоторные установки, включая и горючее, находящееся в моторах, и воду в радиаторах (но не считая горючего и масла в расходных резервуарах, а также воды в запасных радиаторах), военное оборудование (за исключением оружия, орудий и снарядов), радиотелеграфное оборудование, навигационное оборудование (включая и инструменты), гайдролы, причальные, поясные и т. п. канаты, внутренние газопроводы, запрещенные резервуары, бензино-и маслопроводы, электрическое оборудование. При расчете коммерч.  $D$  вес пассажирских гондол и их оборудование следует включать в мертвый вес.
6. Свободный вес (Disposable weights) называют все другие веса; сюда относятся: команда и ее багаж, запас продовольствия и чистой воды, водяной балласт, горючее и смазка, запасная вода для радиаторов, сбрасываемые резервуары, спасательные приспособления, парашюты, спасательные куртки, кислородные аппараты, запасные части и инструменты, водяные балластные мешки и все другие табельные части механизмов и оборудования, не вошедшие в мертвый вес, а также пассажиры, товары, оружие, снаряжение и бомбы.
7. Переменными грузами (Dischargeable weights) считают: горючее и смазку, за исключением запасных, определенных в п. 9, балласт, за исключением запасного, определенного в п. 9, сбрасываемые резервуары (за исключением резервуаров для запасных: горючего, смазки и балласта), все другие нагрузки, определяемые как «полезные» (см. п. 9).
8. Максимальную статич. высоту, или статич. потолок (Maximum static height or Static ceiling) вычисляют в предположении: а) переменные грузы по п. 7 (горючее, смазка, балласт, резервуары) истрачены, б) все другие свободные грузы находятся в количестве, определенном по таблице (см. п. 9); в) изменение подъемной силы с высотой происходит по закону стандартной атмосферы.
9. Полезная нагрузка (Useful lift) состоит из: горючего и смазки, пассажиров и товаров, продовольствия и питьевой воды, вооружения, снаряжения и бомб. Величина полезной нагрузки определяется путем вычитания из полной подъемной силы на уровне моря нижеследующих грузов: всего мертвого веса, балласта (необходимого для достижения нормальной полетной высоты и считаемого для нежестких  $D$  в 3,2% полной подъемной силы при 1,08 кг/м<sup>3</sup>, для жестких — в 6,2% полной подъемной силы), запасного водяного балласта (считая его в 3% от полной подъемной силы корабля на уровне моря), запасного горючего и смазки на два часа полета на стандартной полетной высоте и при нормальной полной скорости, всех резервуаров и мешков, не входивших в мертвый вес, запаса воды в радиаторах, веса команды в штатном количестве (вес каждого человека с багажом считают в 80 кг), всех табельных запасных частей и инструментов, табельного снаря-

жения (спальные приспособления, парашюты, огнетушители, спасательные приспособления, кислородные аппараты и запасный, бронированный паек), всего прочего табельного свободного оборудования, в роде, например, медицинских препаратов для оказания первой помощи, которые всегда следует брать на борт.

10. Скорость во всех случаях вычисляют при стандартных атмосферных условиях на стандартной полетной высоте. Существуют: максимальная скорость (Maximum speed), нормальная скорость (Normal full speed), равная 90% от максимальной, крейсерская скорость (Cruising speed), равная 80% от максимальной, и сравнительная скорость (Comparison speed), равная 40 узлам (74,126 км/ч).

**Развитие дирижаблестроения.** Основные недостатки построенных до 1928 г.  $D$  заключались: 1) в сравнительно малой прочности; 2) в зависимости от атмосферных условий; 3) в опасности в пожарном отношении; 4) в значительной потере газа, вследствие необходимости выпускать («сравить») газ через клапаны в атмосферу для компенсации уменьшения общего веса по мере расходования горючего, 5) в сравнительно большой стоимости постройки и эксплуатации. Основной вопрос для дальнейшего развития дирижаблестроения заключается в устранении этих недостатков. Применение более совершенных, чем ранее, методов расчета, материалов и конструктивных форм позволяет значительно увеличить прочность  $D$ , не увеличивая их веса. Зависимость от атмосферных условий устраняется увеличением скорости  $D$  и покрытием оболочки и металлических частей спинальным составом, предохраняющим их также от обледенения. Опасность в пожарном отношении м. б. устранена применением гелия, уменьшением газопроницаемости тканей, что позволит сохранять водород в большей чистоте, устройством двойной (у нежестких  $D$ ) оболочки (водород во внутренней, инертный газ—гелий или азот—между внутренней и наружной оболочкой), покрытием оболочки лаком («целлофаном»), делающим ее невосприимчивой к огню, хорошей вентиляцией внутри коридора, применением съемных баков, к-рые м. б. легко сброшены, применением тяжелого топлива и пр. Устранение травления газа весьма важно, особенно при наполнении гелием; это достигается: а) конденсацией воды из отработанных газов моторов, б) способом термич. подержания, в) применением в качестве горючего газа, по уд. в. равного весу воздуха. Первый способ разрабатывается англичанами и американцами; теоретически вполне возможно получение из затраченного горючего даже более 100% (по весу) воды; практически до сего времени осуществлялись только опытные установки, т. к. вес их велик. Способ термическ. подержания заключается в том, что газ внутри  $D$  нагревается перед полетом до  $t^\circ$ , превышающей темп-ру окружающего воздуха настолько, чтобы к концу предполагаемого полета они сравнялись (на способ нагревания при помощи электричества взят патент фирмой Цепп-лич). Газ с уд. в. равным весу воздуха в качестве горючего применен в законченной постройке в 1928 г. в Германии  $D$  «L.Z.-127», в котором моторы работают на газовой смеси (этана и этилена); те же моторы могут работать и на бензине, который берется в полет только в виде запаса. На строящихся в Англии дирижаблях «R.-100» и «R.-101» предполагают применить в качестве горючего для моторов тяжелое топливо.

Значительный интерес представляют новые конструкции. Цельнометаллический  $D$  Эпсона «M.C.-2», строящийся в Америке, имеет жесткий каркас, обшитый не матерчатой оболочкой, а дуралюминиевыми листами толщиной 0,2 мм; опыты показали, что благодаря этому газопроницаемость оболочки сравнительно очень мала (0,1 л с 1 м<sup>2</sup> в сутки), прочность сильно увеличивается (каркас и оболочка работают как одно целое), вес всей системы уменьшается. Особенность «M.C.-2»—малое  $\lambda$  (=2,8), отсутствие перегородок внутри оболочки (что, впрочем, является недостатком) и оперение в виде восьми (а не четырех) плоскостей. «L.Z.-127» построен по типу последних цельных, но обладает рядом конструктивных усовершенствований: внутри каркаса, по всей длине его, несколько ниже продольной оси идет второй коридор, служащий для доступа ко всем частям  $D$ , в частности к газовым мешкам, которые расположены над этим коридором (внизу расположены баллоны с газом-горючим); основное же назначение коридора—увеличение прочности всей системы. Этот  $D$  совершил удачные полеты в Америку и обратно; полет туда во время бури доказал его высокие качества (см. вкладной лист).

В Англии в начале 1930 г. должна быть окончена постройка двух  $D$ , объемом по 142 000 м<sup>3</sup>: «R.-100», строящегося частной фирмой «Airship Company» и «R.-101», строящегося Royal Airship Works. Данные «R.-101»:  $L$ —222,5 м,  $d_{max}$ —39,6 м; моторы—5÷6 Бёрдмор, работающих на тяжелом топливе, с водяным охлаждением, по 650 HP—размещающа в пяти мотор-

ных гондолах; при полн. мощности  $V_{max} = 132$  км/ч,  $V_{кресл.} = 120$  км/ч, полезная нагрузка — 73 т, из них 30—45 т горючего и 25 т — оплачиваемого груза, состоящего из 100 пассажиров, 10 т товаров, почти и пр. При  $V = 120$  км/ч Д. может находиться в воздухе непрерывно 50 ч. (6000 км). Чтобы уменьшить лобовое сопротивление, пассажирские и друг. помещения расположены, гл. обр., внутри корпуса в три этажа в нижней его части: каюты на 2—4 чел., столовая на 50 чел., салон, палуба для прогулок, кухня и пр. Д. может брать с собой в полет 5 самолетов для охраны и для связи с промежуточными пунктами. «R.-100», длиной ок. 216 м, имеет, примерно, те же данные. Эти Д. будут работать, после годичного испытания, на линии Англия—Египет—Индия, протяжением в 10 000 км; для них строятся элинги в Хаудене, Кардингтоне и на Суэцком канале и причальные мачты в Индии (Карачи), в Канаде, в Австралии и Ю. Америке.

По сравнению с прежними, новые Д. значительно усовершенствованы и имеют отличную от них форму: у «R.-100»:  $\lambda = 5,46$ , у «R.-101»  $\lambda = 5,5$  (у прежних Д. и у «L. Z.-127»  $\lambda = 7-8$ ). «R.-101» имеет 15 главных стрингеров (в сечении—равносторонние тр-ки со сторонами 76,2 см) и 15 промежуточных, так что шангоут имеет в сечении вид мн-ка с 30 сторонами, длиной 4,1 м каждая (на миделе). Применена новая система расчалок в виде сети, охватывающей газовые отсеки и воспринимающей на себя давление, передававшееся в прежних конструкциях на стрингеры. Конструкция главных шангоутов значительно изменена; применяется широкая факхверковая конструкция, имеющая в сечении треугольник, основание которого лежит во внешней плоскости Д.; конструкция—достаточно прочная, чтобы обходиться без поперечных расчалок. Для более равномерного распределения сил от давления газа по каркасу, длина отсеков различная: в средней части меньше, чем по концам. Промежуточные шангоуты у «R.-101» нет. Отдельные балочки длиннее, чем применявшиеся ранее; несмотря на это, прочность нового Д. значительно выше прочности прежних. Широко применены для построек ферм трубы: стальные и дуралюминиевые; вес стали в «R.-101»  $\approx 1/4$  общего веса («R.-100» целиком из дуралюминия). Большой недостаток труб, особенно замкнутых на концах (в узлах)—невозможность постоянного наблюдения за внутренней поверхностью; для предохранения от коррозии в «R.-101» применяется нержавеющая сталь состава: углерода максимум 0,12—0,16%, кремния максим. 0,5%, никеля максимум 1%, хрома минимум 12%. Внешняя поверхность труб покрыта цветным цelloлюлоидным лаком. Дуралюминиевые трубы применены, гл. обр., в шангоутах в радиальном направлении. Возникающие в каркасе, вследствие различия материала, температурные напряжения, даже при изменении  $t$  на 30°, как показало исследование, существенного значения для расчета не имеют. Внутреннее заполнение треугольных балочек—листовым дуралюминием. На концах труб—вилки, при помощи которых они соединяются (болтами) с дуралюминиевыми частями балки. Направления всех труб в узлах пересекаются в одной точке, так что в узлах не может возникать нежелательных напряжений и расчет стержней облегчается. Все расчалки имеют на концах винтовые стяжки, так что им можно дать желательное предварительное натяжение. Монтаж и сборка отдельных деталей Д. и всего каркаса сравнительно очень просты. Общая прочность Д. значительно выше всех до сего времени построенных (по данным испытаний).

В Америке приступлено к постройке двух военных Д. по 172 000 м<sup>3</sup> каждый. Для организующего англо-американ. общества воздушных сообщений по линии Европа—Америка будут построены еще три Д. в Англии и два—в Америке. Расчет пользования линей: путь Лондон—Нью-Йорк—48 ч., обратный—38 ч.; цена пассажирского места в четырехспальной каюте—80 фн. ст., в двухспальной—100 фн. ст.; такса на письма (добавочная) 6 пенс. за 25 г и на посылки—2 пилл. 5 пенсов за 450 г.

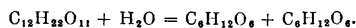
Лит.: Швенглер И., Постройка жестких воздушных кораблей, пер. с нем., М., 1927; Летурьер, Курс аэростатии, пер. с франц., М., 1926; Вердудцио Р., Расчет оболочки и подвески воздушных кораблей, пер. с итал., М., 1927; ето же, Расчет гондолы и добавочных органов воздушн. кораблей, пер. с итал., М., 1927; «ПТ», т. 2—Воздухоплавание, 1911; «Воздухоплавание», М., 1923—25; Engberding D., Luftschiff und Luftschiffahrt in Vergangenheit, Gegenwart u. Zukunft, В., 1928; Dürr L., 25 Jahre Zeppelin-Luftschiffbau, В., 1924; Schütte J., Der Luftschiffbau Schütte-Lanz, München—Berlin, 1926; Kollman F., Das Zeppelinluftschiff, seine Entwicklung, Tätigkeit u. Leistung, Berlin, 1924; Zeppelin F., Die Eroberung der Luft, Stuttgart, 1908; Schwengler J., Der Bau d. Starrluftschiffe. Ein Leitfaden für Konstrukteure u. Statiker, В., 1925;

Zeppelin F., Über Zeppelinluftschiffe, Stg., 1913; «Jahrbuch d. Schiffbautechnischen Gesellschaft», В., 1915, В. 16; Stahl F., Die Starrluftschiffe, «Illustrierte Flugwelt», Lpz., 1920; Wiesinger K., Das Wiesinger-Luftschiff, В.—Lankwitz, 1923; Sumner P. H., The Science of Flight a. Its Practical Application, v. 1, L., 1926; Vissering H., Zeppelin, The Story of a Great Achievement, Chicago, 1920; Burgess C., Aiship Design, N. Y., 1927; Blakemore T. L. a. Pagon W. W., Pressure Aiships, N. Y., 1927; «Technical Reports of the Advisory Committee for Aeronautics», L., 1918—19, v. 1, 597, p. 79, 673, p. 121, 1919—20, v. 1, 619, p. 117, 653, p. 126, 1920—21, v. 1, 713, p. 124, 714, p. 110; «Journal of the Royal Aeronautical Society», L., 1925, v. 29, 177, p. 404, 1926, v. 30, 184, p. 267, 1927, v. 31, 203, p. 1029—1036, 204, p. 1073—1109; «Reports of the National Advisory Committee for Aeronautics», Washington, 1922, 138, p. 141, 1923, 184, p. 451, 1924, 204, 1925, 208, 211, 215, 219; Kármán T., Berechnung d. Druckverteilung an Luftschiffkörpern, «Abhandlungen aus dem Aerodynamischen Institut an d. Technischen Hochschule Aachen», Berlin, 1927, II. 6; Haas R. and Dietzsch A., The Stretching of the Fabric a. the Deformation of the Envelope in Nonrigid Balloons, «3 Annual Report of the National Advisory Committee for Aeronautics», Wash., 1927, 16, p. 149. Н. Лебедев.

**ДИСАЗОКРАСИТЕЛИ**, азо-красители, заключающие две азо-группы—N:N—(см. *Диазосоединения*). Среди них встречаются как кислотные для шерсти, так и основные и субстантивные для хлопка красители. Примеры: кроцеиновы й алы й (из *n*-амидоазобензолсульфокислоты и кроцеиновой к-ты), бисмарк коричневый (из тетразотирированного *m*-фенилендиамина с 2 молекулами того же *m*-фенилендиамина), ко н г о красный (из бензидина и нафтионо-вой к-ты), хро м о в ы й прочный и черны й RW (амидосалициловая кислота—*a*-нафтиламин—кислота Невилля и Винтера) и др.

**ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ**, ароматические соединения, заключающие две азо-группы (—N:N—). Д. могут быть получены: 1) сочетанием какого-либо диазосоединения с первичным амином, имеющим свободное *n*-место, путем дальнейшего диазотирования получившегося *n*-амидоазосоединения и сочетанием с любой азосоставляющей; 2) тетразотированием (вернее—бисдиазотированием) какого-либо диамина и сочетанием с двумя любыми азосоставляющими и 3) сочетанием двух молекул одного и того же или разных диазосоединений с одной молекулой азосоставляющей, имеющей два возможных для сочетания места,—напр., какого-либо ами-на или фенола со свободными *o*- и *n*-местами, или двухатомного фенола, или диамина, или аминифенола. Теоретически возможно получение Д. восстановлением динитросоединений, но на практике оно никогда не применяется. Наконец, Д. могут получаться конденсацией производных *n*-нитротолуола с первичными аминами.

**А. Порай-Кошиц.**  
**ДИСАХАРИДЫ**, углеводы, гидролизующиеся под влиянием энзимов или кислот, распадаясь на 2 молекулы моносахаридов; например, сахараза дает d-глюкозу и d-фруктозу по уравнению:



Д. часто встречаются в растениях в свободном виде; напр., сахараза находится в соке так назыв. сахароносных растений: сахарной свеклы (*Beta vulgaris*), сахарного тростника (*Saccharum officinarum*), сахарного клена (*Acer saccharinum*) и др. Нек-рые Д. являются промежуточн. продуктами при гидролизе высших полисахаридов; так, мальтоза

получается из крахмала картофеля или зерновых хлебов при действии солода, содержащего диастаз (амилолитическ. энзим); прибавленные к полученному затору дрожжи своими энзимами гидролизуют мальтозу на 2 молекулы d-глюкозы и сбраживают последнюю. В животном мире встречается только один дисахарид—лактоза, или молочный сахар, содержащийся в молоке млекопитающих.

В химич. отношении все Д. распадаются на 2 группы: обладающие активной карбоксильной (альдегидной) группой (мальтоза, лактоза) и не обладающие ею (сахароза); первые показывают большинство реакций, свойствен. *моносахаридам* (см.): легко окисляются, восстанавливают фелингову жидкость, дают гидразоны и озаны, показывают *мутаротацию* (см.) в растворах и т. д.; вторые же не обладают этими свойствами.

*Лит.*: Ч и ч и б а б и н А. Е., Основные начала органич. химии, стр. 243, М.—Л., 1925; Ш о р ы г и н П. П., Химия углеводов и ее применение в промышленности, стр. 114, М.—Л., 1927. П. Шорыгин.

**ДИСКРИМИНАНТ.** 1) Д. алгебраич. ур-ия есть целая рациональная ф-ия коэфф-тов ур-ия, обращение которой в 0 есть необходимое и достаточное условие существования кратных корней. Для квадратного ур-ия  $ax^2 + bx + c = 0$  Д. равен  $b^2 - 4ac$ ; для кубич. уравнения, данного в виде  $x^3 + px + q = 0$ , Д. есть  $27q^2 - 4p^3$ . 2) Д. квадратичной формы

$$\sum_{i,k=1}^{i,k=n} a_{ik}x_i x_k \quad (\text{где } a_{ik} = a_{ki})$$

есть определитель

$$a_{11}a_{12} \dots a_{1k} \dots a_{1n}$$

$$a_{21}a_{22} \dots a_{2k} \dots a_{2n}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$a_{k1}a_{k2} \dots a_{kk} \dots a_{kn}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$a_{n1}a_{n2} \dots a_{nk} \dots a_{nn}$$

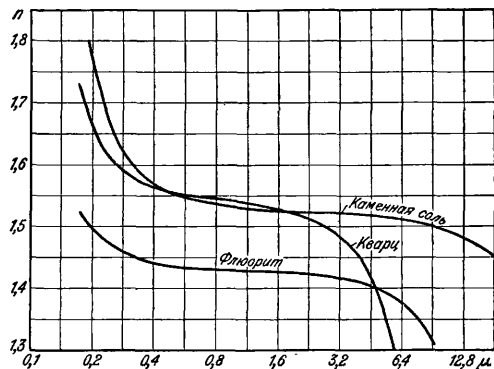
напр., если высшие члены уравнения кривой 2-го порядка написаны в виде  $a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2$ , их Д. есть  $a_{11}a_{22} - a_{12}^2$  (если Д. > 0, кривая есть эллипс, Д. < 0 — гипербола, Д. = 0 — парабола, см. *Конические сечения*). В настоящее время обычно вместо дискриминанта формы говорят «определитель формы».

**В. Степанов.**

**ДИСПЕРСИЯ**, изменение нек-рого физич. параметра в зависимости от частоты колебаний внешнего фактора; напр., Д. электропроводности — изменение электропроводности при изменении периода переменного тока, проходящего через электролит. В большинстве случаев под Д. понимают *дисперсию света* (см.).

**ДИСПЕРСИЯ СВЕТА**, изменение скорости (фазовой) света в материальной среде в зависимости от частоты колебаний  $\nu$ , иными словами — изменение показателя преломления  $n$  в зависимости от длины волны  $\lambda$ . Для веществ, прозрачных в видимом спектре,  $n$  растет с уменьшением  $\lambda$ , чему и соответствует привычное радужное чередование цветов в спектрах, получаемых от прозрачных призм. Дисперсию света такого рода называ-

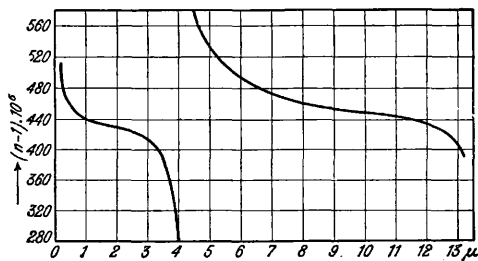
ют нормальной. На фиг. 1 указан ход нормальной Д. с. для кварца, каменной соли и флюорита — веществ прозрачных в очень широкой области спектра ( $\lambda$  на фиг. приведены в  $\mu$ ). Однако, в тех областях спектра, где вещество обладает избирательным поглощением, ход Д. с. становится очень сложным, и  $n$  может приобретать значения даже



Фиг. 1.

меньшие 1 (относительно воздуха). Напр., для лучей Рентгена  $n$  меньше 1. На фиг. 2 изображена Д. с. — именно  $(n-1) \cdot 10^6$  — для углекислоты при атмосфер. давлении ( $\lambda$  даны в  $\mu$ ). Фиг. 2 захватывает очень большой спектральный интервал; при  $\lambda = 4,31 \mu$ ,  $CO_2$  имеет сильную полосу поглощения, что и сопровождается резким изменением хода Д. с. (в центре самой полосы измерения произведены не были). Д. с. такого рода называется *аномальной*.

Теория Д. с. основана на идее взаимодействия световых волн и элементарных резонаторов — атомов, молекул или элементов кристаллич. решетки. В общем виде теория очень сложна; она упрощается, если предположить соответственно большинству практически важных случаев, что в объеме кубика с ребром, равным  $\lambda$ , содержится очень большое число молекул. В основу различных вариантов теории положены два дифференциальных ур-ия: ур-ие движения резонатора и ур-ие световой волны. Резонатор



Фиг. 2.

обыкновенно предполагается квази-упругим и обладающим затуханием, при чем учитывается действие окружающей среды на резонатор; колеблющейся частью может быть электрон или целый заряженный атом. Под действием распространяющегося света молекулы приходят в вынужденные колебания, излучая при этом вторичные волны; фазы

этих волн, вообще говоря, отличаются от фазы падающей волны—они будут отставать или опережать последнюю в зависимости от соотношения  $\nu$  и частоты собственных колебаний молекулы  $\nu_0$ . Изменение фазы определяет и изменение фазовой скорости. Два исходных ур-ия теории дают и два решения, относительно Д. с. и абсорбции, к-рые теоретически связаны неразрывно: если нет абсорбции, не м. б. и Д. с., к-рая в прозрачных частях спектра есть след наличия полос поглощения в других частях. Теория Лорентца приводит к следующим выражениям для  $n$  и для «индекса абсорбции»  $\kappa$ :

$$2n^2 = \sqrt{\frac{(\xi+1)^2 + \eta^2}{\xi^2 + \eta^2}} + \frac{\xi}{\xi^2 + \eta^2} + 1, \quad (1)$$

$$2n^2 \kappa^2 = \sqrt{\frac{(\xi+1)^2 + \eta^2}{\xi^2 + \eta^2}} - \frac{\xi}{\xi^2 + \eta^2} - 1, \quad (2)$$

где

$$\xi = \frac{4\pi^2 \cdot m}{N \cdot e^2} (\nu_0^2 - \nu^2) - \frac{1}{3} \quad \text{и} \quad \eta = \frac{4\pi \cdot \nu}{N \cdot e^2} \cdot g, \quad (a)$$

при чем  $e$ —заряд и  $m$ —масса колеблющейся частицы,  $N$ —число резонаторов в единице объема и  $g$ —коэфф. затухания, определяемый столкновениями молекул друг с другом, излучением или другими причинами. Величина  $\kappa$  связана с экспериментально определяемыми величинами след. обр.: количество монохроматическ. света  $J$ , прошедшего через толщину поглощающего вещества  $z$ , выражается по закону Бугера уравнением:  $J = J_0 e^{-kz}$ , где  $J_0$ —количество света, входящего в вещество,  $k$ —экспериментально определяемая величина, связанная с  $\kappa$  выражением:  $k = \frac{4\pi \cdot \kappa \cdot \nu}{c}$ , где  $c$ —скорость света. Формулы (1) и (2) справедливы в том случае, когда имеются только резонаторы одного типа с частотой  $\nu_0$ ; если имеется несколько резонаторов с различными собственными частотами, то в правых частях уравнений (1) и (2) придется взять сумму, распространенную на все собственные частоты. Формулы (1) и (2) в раскрытом виде очень сложны, но они значительно упрощаются для многих практически важных случаев Д. с. Если поглощение невелико, т. е. можно в первом приближении предположить, что  $g=0$ , и кроме того, пренебречь дробью  $1/3$  (выражающей влияние окружающих молекул) в ф-ле для  $\xi$ , то уравнение (1), при переходе от частот к длинам волн, примет вид:

$$n^2 - 1 = \frac{Ne^2}{4\pi^2 \cdot c^2 \cdot m} \left( \frac{\lambda_0^3 \cdot \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^3} \right). \quad (3)$$

Эта ф-ла (Сельмейера) охватывает как нормальную, так и аномальную Д. с., за исключением очень узкой области при  $\lambda = \lambda_0$ , где она приводит к невозможным бесконечным значениям в соответствии с тем, что нами откинута затухание. Если главная  $\lambda_0$  находится в далекой ультрафиолетовой части спектра, то для видимого спектра в первом приближении формулу (3) можно представить таким образом:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots \quad (4)$$

Эта ф-ла, впервые предложенная Коши, довольно удовлетворительно охватывает область нормальной Д. с. обычных веществ и

часто применяется для практич. целей градуировки спектральных приборов. Постоянные  $A, B, C, \dots$  могут быть найдены из уравнения (3), но для практич. целей находится эмпирически по данным для  $n$  для нескольких  $\lambda$ . Формула (3) дана для случая резонаторов одного типа; в общем случае она принимает вид:

$$n^2 - 1 = \sum_i \frac{D_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2}, \quad (5)$$

где индекс  $i$  соответствует различным частотам, а  $D_i$ —постоянные факторы, смысл которых ясен из ур-ия (3). Напр., Д. с.  $\text{CO}_2$ , представленная на фиг. 2, определяется четырьмя  $\lambda_i$ , а именно: 720,41  $\text{\AA}$ , 1 480,0  $\text{\AA}$ , 4,31  $\mu$  и 14,91  $\mu$ . Если учесть откинутую  $1/3$  в выражении (a) для  $\xi$ , но попрежнему пренебречь  $g$ , то уравнение (1) м. б. написано в таком виде:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{N} = \frac{1}{3m (\nu_0^2 - \nu^2)}; \quad (6)$$

т. е. для данной длины волны частное от  $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$  на  $N$  есть величина постоянная, называемая рефракцией. Эта ф-ла Лорентца-Лоренца имеет важное практич. значение для химич. анализа (см. *Рефракция*). Обычно вместо  $N$  вводят пропорциональную числу резонаторов плотность  $\rho$ , и выражение для рефракции получает вид:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho}. \quad (7)$$

Разность рефракций для 2 волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , т. е.

$$\frac{1}{\rho} \left( \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} - \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \right) = D \quad (8)$$

иногда называют атомной (или соответственно молекулярной) Д. с. Уравнение (5) вполне отвечает опытным данным (пары одноатомных металлов, газы, растворы, кристаллы). По дисперсионным данным можно определять весьма точно собственные частоты и число поглощающих резонаторов. Теория квантов на основе принципа соответствия и волновой механики Шредингера приводит к выражению для Д. с., в пределах точности наблюдений совпадающему с уравнением (5). Разница состоит в том, что к «положительной» Д. с. (5) добавляется еще «отрицательная» Д. с., соответствующая возможности спонтанных переходов из верхних возбужденных энергетич. состояний атома в нижние. Если атом или молекула находятся в нормальном, невозбужденном состоянии, то отрицательная дисперсия света отпадает. Относительно практических методов измерения дисперсии света см. *Рефрактометры*.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 5, глава 7—ст. Д. С. Рондественского «Электромагнитная теория света», Берлин, 1923; F a l k e n h a g e n H., Dispersion u. Absorption, Handbuch d. physikal. Optik, hrsg. v. E. Gehrcke, B. 1, p. 720, Leipzig, 1927; Wood R. W., Researches in Physical Optics, N. Y., 1921; Lorentz H. A., The Theory of Electrons, Leipzig, 1916.

С. Вавлов.

**ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ**, см. *Коллоиды*.  
**ДИСПЕЧЕРСКАЯ СИСТЕМА**, особая система регулирования движения поездов на целом участке дороги, при чем это регулирование осуществляется одним полномочным

в своих распоряжениях лицом—так называемым диспетчером (по-английски—«отправитель»). Только во Франции диспетчер регламентирован как совещательный агент; однако указания его настолько авторитетны, что дежурный по станции обязан мотивировать свой отказ в случае неиспользования «советов» диспетчера. Диспетчер имеет быструю и непосредственную связь со всеми станциями руководимого им участка и благодаря этому он имеет возможность вести на каждый момент исполнительный график движения поездов или особыми значками отмечать нахождение их на перегонах и станциях на схеме путей или на особой поездной доске; поэтому диспетчер в каждый данный момент имеет перед собой полную и подробную картину движения на участке. Пользуясь этой картиной диспетчер, в целях точного соблюдения расписания движения, уменьшения непроизводительных простоев поездов, избежания задержек поездов срочного обращения, ликвидации заторов в движении и вообще повышения коммерческой скорости, всегда может решить вопрос о предоставлении перегона тому или другому поезду, о назначении поезду того или иного времени на прохождение перегона, об отправлении товарного поезда ранее времени, назначенного ему расписанием, о назначении пункта скрещения двух поездов или же пункта обгона одного поезда другим и т. п. В Д. с. принято за правило, что каждый поезд может отправиться со станции на перегон только при наличии распоряжения («приказа») диспетчера. Исключения из этого правила допускаются для отправления поездов, следующих по определенному строго соблюдаемому расписанию, для чего никаких распоряжений диспетчера не требуется. На двухпутных участках, где движение поездов одного направления за редкими исключениями совершенно не зависит от движения поездов обратного направления, диспетчеру приходится решать задачи более простые, чем на однопутных участках, где движение поезда одного направления исключает возможность движения по тому же перегону поезда обратного направления. Значение Д. с. становится особенно большим тогда, когда нормальное движение поездов оказывается по той или иной причине нарушенным и возникает замешательство. Диспетчерская система имеет неоспоримые преимущества перед тем порядком, когда разные вопросы по использованию пропускной способности участка, и в частности вопрос об очередности поездов, решаются дежурными агентами двух соседних станций. В последнем случае станционные агенты при решении таких вопросов совершенно не могут учесть всех последствий своих решений для работы всего участка, так как они не знают, какие поезда и в каком месте на участке в данное время находятся.

**Виды Д. с.** Главное различие между применяемыми видами Д. с. заключается в том, что в одних случаях дежурный по станции остается фактическим распорядителем движения на своей станции, в других — он освобождается от части своих функций, а в третьих — он совершенно упраздняется.

В СССР, с введением на некоторых ж.-д. линиях Д. с., дежурные по станции сохранились, за исключением Тула—Лихвинского поездного пути.

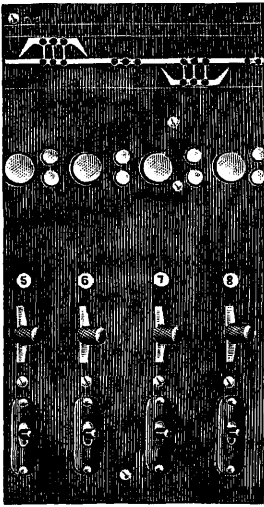
Если дежурных по станции при применении Д. с. не существует, то регулирование движения производится след. образом. Все стрелки на главном пути на промежуточных станциях всегда заперты на замок в положении вдоль главного пути. Прибывающий на станцию поезд останавливается перед станцией. Главный кондуктор подходит к стрелкам и имеющимся у него ключом отпирает одну из них, ведущую на свободный путь, вводит поезд на назначенный ему путь и запирает за ним стрелку, вновь установивши ее вдоль главного пути. После этого он подходит к запертому в ящике телефону, отпирает его, вызывает диспетчера и, сообщив ему род и номер сопровождаемого им поезда, время прибытия поезда на станцию, а также свою должность и фамилию, просит дальнейших указаний. Диспетчер делает ему то или иное распоряжение и указывает точное время, когда поезд должен отправиться дальше. С наступлением этого времени главный кондуктор отпирает выходную стрелку своим ключом и выпускает поезд со станции. Когда поезд пройдет выходную стрелку, главный кондуктор устанавливает стрелку вдоль главного пути, запирает ее и отправляет поезд дальше. Сношений между станциями по движению поездов не производится никаких. В таком виде Д. с. применима при малых размерах движения, на линиях второстепенного значения.

В С. Ш. А. на станции дежурит оператор-телеграфист, который все время поддерживает связь как с диспетчером, так и с соседними станциями, но приемом и отправлением поездов непосредственно не руководит. Этот оператор-телеграфист есть не что иное, как дежурный по станции с сокращенными функциями. Он извещает диспетчера по телефону о времени прибытия, отхода и проследования поездов, а также о других обстоятельствах, случившихся с поездами.

С 1927 г. в С. Ш. А. начали вводить новый тип, так наз. «полной Д. с.». Примером полной Д. с. может служить система, принятая на участке, длиною в 65 км, Огайской линии ж. д. New York General, на котором диспетчер со своего механизированного распорядительного рабочего стола не только руководит движением поездов, но и обслуживает всю сигнализацию, управляя семафорами на всех станциях участка перед приближающимися к ним поездами, а также переводит входные стрелки на станциях. С этой целью все стрелки и семафоры на участке управляются посредством 26 рычажков на распорядительном аппарате диспетчера. На вкл. листе, 1, показан общий вид этого аппарата, главнейшими частями к-рого являются: 1) расположенный на крышке автомат, отмечающий вертикальными линиями на специальной графической таблице движение поездов по участку; 2) схематич. план путей перегонов, станций и развязов всего участка (фиг. 1, верхний ряд), на котором диспетчер фишками с нанесенными на них № поездов (фиг. 2) отмечает местонахождение



ние поездов на перегонах и станциях и на котором автоматически указывается положение всех управляемых диспетчером стрелочных переводов; 3) световые указатели (фиг. 1, второй ряд), показывающие направление движения поездов и контролирующие положение стрелочных переводов; 4) переводные рычажки на три положения (фиг. 1, третий ряд); 5) переключатели (фиг. 1, нижний ряд) для включения звукового сигнала, дополняющего показание светового указателя, а также для предупреждения возможности открытия семафора в том случае, если диспетчер найдет нужным задержать следующий поезд. Переводный рычажок в своем среднем положении соответствует закрытому семафору,



Фиг. 1.

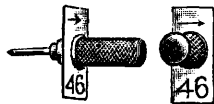
в верхнем положении он устанавливает стрелку и открывает семафор для приема поезда на обгоночный путь, и, наконец, в нижнем положении устанавливает стрелку и открывает семафор для приема поезда на главный путь. Уведомление о месте следования поезда получается диспетчером при помощи световых указателей, расположенных непосредственно под изображением каждого стрелочного перевода на схематическом плане; такой указатель начинает светиться, как только поезд вступает на короткий участок пути, на котором расположен стрелочный перевод, и гаснет, когда поезд выйдет за пределы этого участка. Эти самые указатели дают также и контроль над стрелочными переводами—они кратковременно вспыхивают как в момент начала перевода острия, так и в момент прижатия острия к рамному рельсу. Кроме того, в этот момент раздается звонок. Даваемая переключателем диспетчеру возможность предупредить автоматическое открытие семафора на любой станции, т. е. закрыть его на длительное время, является большим достижением, так как она позволяет диспетчеру пропустить один поезд и задержать другой, без затрат на это заметного количества времени. Для того чтобы диспетчер в любой момент мог знать, в каком направлении по данному перегону фактически движется поезд, его распорядительный аппарат снабжен указателями направления движения, имеющими вид маленькой светящейся стрелки с острием, направленным в сторону движения поезда (фиг. 1, второй ряд). Стрелочные переводы на схематическом плане сделаны подвижными; они связаны с переводными рычажками так, что при перемещении рычажков в верхнее или нижнее положение они также перемещаются, при обратной же постановке рычажка в среднее положение они остаются неподвижными. При этом они безошибочно показывают фактическое положение стрелочных переводов. Весь аппарат снабжен такой внутренней зависимостью между рычажками и контрольными элементами, что диспетчер лишен всякой возможности своими действиями на аппарате создать небезопасное положение для поездов: если диспетчер, по ошибке, сделает попытку совершить неправильное действие, то эта попытка останется безуспешной.

В других случаях диспетчер учитывает каждый отдельный товарный вагон посредством намагниченных стальных пластинок. Эти пластинки размещены на той же диспетчерской доске, на которой изображены схемы путей, при чем площадь каждой пластинки соответствует вместимости путей в вагоносах. Для учета вагонов (отдельных или групп) у диспетчера имеются железные пластинки того же масштаба. Заняты вагонами путей на станциях диспетчер отмечает, накладывая соответствующее число вагонных пластинок на намагниченную пластинку данной станции и, т. о., получает полную наглядную картину целого диспетчерского участка. Вагонные пластинки могут быть различного цвета в зависимости от типа вагонов.

Чаще всего, однако, Д. с. применяется в таком виде, что диспетчер распоряжается движением поездов не непосредственно, а через дежурных по станции, которые, получивши от диспетчера те или иные указания, распоряжаются поездами на своей станции уже от своего имени. При этом все сношения по движению поездов между станциями имеют место полностью и производятся дежурными по станции за их ответственностью.

**Д. с. на дорогах СССР.** На дорогах СССР Д. с. является еще новшеством, зарекомендовавшим себя с лучшей стороны. НКПС разработал широкий план диспетчеризации сети наших железных дорог, который постепенно осуществляется, в особенности с того времени, как Трест заводов слабого тока стал изготовлять у себя приборы селективной телефонной сети. На магистральных линиях СССР Д. с. придана организация, могущая быть охарактеризованной в следующих чертах.

Диспетчер должен хорошо знать все эксплуатационные особенности станций и перегонов своего участка и движения на нем поездов. Руководство движением диспетчер производит при помощи отдаваемых им по телефону распоряжений станциям. Для успешного руководства диспетчер обязан: 1) вести лично соответственно ходу поездов исполнительный график движения поездов (вкладной лист, 2) или же фишками отмечать на схематическом плане участка местонахождение поездов (вкладной лист, 3); 2) пользуясь этим графиком, иметь непрерывное наблюдение за движением всех поездов на своем участке и руководить им так, чтобы расписание поездов соблюдалось возможно точнее; 3) давать распоряжения: а) о назначении поездов, б) об отмене поездов из числа назначенных в обращении, в) о замене одного поезда другим из числа назначенных в обращение и т. п.; 4) следить за работой распорядительных и узловых станций, для чего эти станции обязаны постоянно держать диспетчера в курсе положения на



Фиг. 2.

них; 5) следить за исполнением станциями его распоряжений; 6) принимать все меры к скорейшей ликвидации всяких замешательств в движении.

Оператор. На крупных станциях с большим объемом работы для обслуживания постоянной телефонной связи их с диспетчером назначаются специальные агенты-операторы. В круг обязанностей оператора входит: 1) передача дежурному по станции всех распоряжений диспетчера; 2) передача от дежурного по станции всяких сведений диспетчеру; 3) ведение станционного журнала распоряжений диспетчера; 4) ведение всех журналов по поездным сношениям и выписывание всяких поездных документов; 5) обслуживание (под руководством и ответственностью дежурного по станции) всех устройств, применяемых для производства сношений по движению поездов.

Дежурный по станции. При Д. с. дежурный по станции обязан: 1) выполнять все распоряжения диспетчера; 2) ставить диспетчера в известность о всех происшествиях как на станции, так и на прилегающих перегонах; 3) перед отправлением поезда с начальной станции участка или при следовании этого поезда сообщать диспетчеру номер и вес поезда и другие сведения, имеющие для него значение; 4) сообщать о всех случаях задержки и остановки поездов на станциях и перегонах и о всех произведенных на станции изменениях в составе поезда; 5) при отсутствии оператора собственноручно вписывать все распоряжения диспетчера в журнал распоряжений; 6) производить сношения с соседними станциями по движению поездов; 7) ставить диспетчера в известность о перерывах средств этих сношений.

Дежурство диспетчера нормально продолжается 6 час. Перед вступлением в дежурство диспетчер должен детально ознакомиться с положением дел на участке и со всеми невыполненными заданиями. После этого оба диспетчера—вступающий в дежурство и сдающий такое—должны расписаться: первый в приеме, а второй в сдаче дежурства. Вступивший в дежурство диспетчер вызывает циркулярным ключом коммутатора (см. ниже) все станции своего участка к телефону и уведомляет операторов о своем вступлении в дежурство. (Операторы на станциях также оформляют передачу дежурства от одного к другому таким же способом и уведомляют об этом диспетчера.) После циркулярного уведомления о передаче дежурства диспетчер производит сверку часов на станциях участка со своими часами. Распоряжения, отдаваемые диспетчером, записываются им самим в журнал поездных распоряжений. Все распоряжения диспетчер дает только дежурным по станциям, и ему воспрещается давать какие бы то ни было приказания непосредственно машинистам и кондукторам поездов. Последние действуют по распоряжениям, получаемым ими от дежурного по станции.

Руководство движением. 1) Все поезда, назначенные в постоянное обращение по определенному расписанию, хотя бы они следовали и с опозданием, отправляются дежурными по станциям без всяких на это распоряжений диспетчера. Однако, если дис-

петчер по положению на участке найдет нужным изменить следование постоянного поезда, он дает об этом дежурному по станции специальное распоряжение. В случае следования пассажирского поезда с небольшим опозданием диспетчер ограничивается лишь тем, что ставит об этом опоздании в известность наиболее заинтересованные станции; но если поезд опаздывает значительно, например, на 30 и более м., то диспетчер перед отправлением его с начальной станции участка циркулярно сообщает всем станциям о размерах опоздания, а также, при надобности, указывает и новые пункты обгона и скрещения этого поезда с другими. При опоздании товарного поезда, которому присвоено расписание, диспетчер или стремится по возможности сократить это опоздание или же, при значительности последнего, переводит поезд на другое, более позднее расписание из числа незанятых поездами. При надобности задержать поезд на какой-либо станции диспетчер дает на эту станцию соответствующее распоряжение.

Устройство диспетчерской связи. Д. с. требует постоянной непосредственной связи распорядительного пункта, в котором находится диспетчер, со всеми станциями участка. Эта связь осуществляется в большинстве случаев путем т. н. селекторной, т. е. избирательной, телефонной связи.

Диспетчерская связь может осуществляться и при помощи обыкновенного индукторного телефона с условным вызовом по азбуке Морзе или же посредством телеграфа; однако телеграфная связь, вследствие медленности сношений, значительно менее удобна, нежели телефонная, и с введением телефонов с избирательным вызовом она постепенно вытесняется телефонной селекторной связью. На дорогах С. Ш. А. в 1924 г. телефонная диспетчерская связь была применена на 167 000, а телеграфная—на 138 000 км. Исключение представляют собою железные дороги Норвегии, на которых все распоряжения диспетчера передаются по телеграфу, т. е. телеграфная передача там считается более надежной и достоверной, чем телефонная.

Сущность селекторной телефонной диспетчерской связи заключается в следующем. В помещении диспетчера устанавливается т. н. ключевой аппарат (селекторный коммутатор), к-рый играет роль центральной телефонной станции, а на станциях обслуживаемого участка—селекторные телефонные аппараты, иначе называемые аппаратами с избирательным вызовом. На центральной станции, где безотлучно находится диспетчер, кроме телефонного коммутатора с ключами для вызова станций участка, имеются телефон и микрофон. Для удобства пользования телефон (головной) помещается ушей диспетчера, а микрофон на груди. Число ключей не менее числа станций, какие входят в участок, при чем каждый ключ имеет табличку с названием станции или группы станций при циркулярном вызове. Вместо головного телефона у диспетчера можно устанавливать громкоговорящий телефонный приемник. В зависимости от расположения распорядительного диспетчерского пункта (в конце участка или в середине), все станции участка могут быть включены в один или два круга действия. В том случае, когда одному диспетчеру поручают обслуживать два участка (часы загибки работы), диспетчер для включения своего телефона в тот или иной участок пользуется специ-

альным коммутатором на два направления. Для сношений станций одного участка со станциями другого на центральной станции имеется рубильник, при включении которого оба круга соединяются. На каждой промежуточной станции имеются телефон, микрофон, кнопка для выключения микрофона и прибор (селектор со звонком) для вызова этой станции. (О подробностях технического устройства см. *Связь железнодорожная*). При переговорах диспетчер и оператор манипулируют: первый — ножной педалью, а второй — кнопкой, нажимая их, когда говорят сами, и отпускаая их, когда слушают один другого.

Для вызова какой-либо станции диспетчер поворачивает ключ с названием требующейся станции по часовой стрелке до отказа (на  $\frac{1}{4}$  оборота), вследствие чего на вызываемой станции получается звонок, к-рый и служит сигналом вызова. Этот звонок д. б. одновременно слабо слышен и в приемнике диспетчера, что служит контролем исправной работы селектора вызываемой станции. Оператор станции, услышав звонок от диспетчера, снимает с вилки свой приемник, нажимает кнопку и сообщает диспетчеру название своей станции. В тех случаях, когда диспетчеру необходимо передать какое-либо распоряжение всем станциям своего участка, он поворачивает специальный вызывной ключ, носящий название циркулярного. При циркулярных и групповых вызовах оператор, отвечая на вызов, заявляет название своей станции и остается у телефона в ожидании распоряжения диспетчера. Для вызова диспетчера оператор нажимает кнопку телефона и, в случае если разговора на линии нет, обычным голосом произносит в микрофон: «диспетчер». Последний, будучи все время включен в линию, обязан немедленно ответить. Вызовы станций для разговора между собою могут производиться только с разрешения диспетчера.

Диспетчерские телефоны не должны оставаться без обслуживания даже на самое короткое время. Поэтому при отлучках диспетчер оставляет у телефона своего заместителя; на станциях, где имеется оператор, последнего замещает у телефона дежурный по станции, а где оператора не имеется, дежурного по станции замещает телеграфист.

*Лит.:* Положение о диспетчерской системе. М., 1928; Регинский Н. О. и Ландсберг В. В., Доклад о научной командировке в Америку. Часть, относящаяся к диспеч. системе, Москва, 1914; Смирнов Н. В., Американ. диспеч. система на русских ж. д., М., 1925; «Железнодорожное дело». Приложение «Эксплоатация», Москва, 1928, 3—4; «Railway Signalling», Chicago—New York, 1927, v. 20, 9, p. 325; «Railway Gazette», London, 1927, May 13; «Electrical Communication», New York, 1924, v. 3, 1. В. Лесковец.

**Экономическое значение Д. с.** Опыт показывает, что введение Д. с. сопровождается увеличением коммерческой скорости движения товарных поездов и улучшением экономических условий эксплуатации второстепенных линий или же дает возможность обойтись без производства некоторых дорожных строительных работ. На тех сетях, где диспетчер занимается составлением поездов, отмечается также увеличение перевезенного тоннажа на поездокилометр и сокращение пробега паровозов на полезный *ткм.* В

Бельгии за первый же год введения Д. с. экономия на пробеге составила 1 173 152 поездочаса по сравнению с предшествовавшим годом, что равносильно экономии в 27 537 фр. на 1 км (см. табл.).

Экономия от диспетчерской системы в Бельгии за первый год.

С т а т ь и	Франки
Содержание поездных бригад . . .	12 376 753
Топливо и смазка . . . . .	2 346 304
Пробег вспомогат. паровозов . . .	376 596
	15 099 653
Расход на диспеч. систему . . . . .	1 110 844
Чистое сбережение . . . . .	13 988 809

В Чехо-Словакии на двух участках магистрального значения, открытых в 1927 г. (Прага—Пардубиц—Люнденбург, Ауссиг—Брюкс), общим протяжением 298 км, сбережение на телеграфной работе, пробеге поездов и числе действующих паровозов составило около 6 000 чешских крон на 1 км.

Надо иметь в виду, что экономия получается гл. обр. при селекторной телефонной связи (исключительно системы «Вестерн»), и она значительно понижается при телеграфной связи, обыкновенных индукторных телефонах и даже фонопарах. Железные дороги С. Ш. А. произвели подсчет экономии от селекторных телефонов на диспетчерском участке, длиною 240 км, за один только месяц. Несмотря на повысившуюся в этом месяце на 11% интенсивность движения, экономия на пробеге товарных поездов составила, в среднем, 1 ч. 16 м. на поезд, что равносильно 60 долл. на 1 км пути в год. Сократились также и задержки поездов при крушениях и происшествиях: при селекторной связи для подачи помощи требуется  $\frac{1}{3}$  того времени, которое необходимо при телеграфе (стоимость задержки на 1 час равняется 1 000 долларов).

Еще большее экономическое значение имеет Д. с. для ж. д. второстепенного значения. В Чехо-Словакии, напр., совершенно упразднены агенты технического движения на промежуточных станциях таких участков, на которых нет коммерч. работы. Продажа пассажирских билетов возложена на кондукторов, а операции с багажом перенесены в багажный вагон; оказались ненужными здания вокзалов, стрелочные будки, семафоры. Равным образом, упростились и телефонные аппараты, т. к. в этом случае не требуется селекторного вызова, а необходимо только на столбе в запертом ящике установить упрощенный телефон для сношений поездных агентов с диспетчером. План введения такой Д. с. в Чехо-Словакии разработан на линиях второстепенного значения общим протяжением около 4 000 км. В Италии предложено применить такой же способ регулирования движения; во Франции также изучают вопрос об упразднении агентов на станциях со слабым движением. Международный конгресс признал выгодность применения Д. с. также и на линиях с исключительными условиями (портовые и другие большие

узлы), с интенсивным движением, на колониальных линиях с малой квалификацией участкового линейного персонала.

Появившиеся в С. Ш. А. в середине 1927 года новейшие образцы Д. с. под названиями «Полная Д. с.» и «Централизованная сигнальная Д. с.», помимо достижения высокой степени безопасности движения, централизации и простоты руководства движением, дают возможность на главных линиях воспользоваться выгодами методов, применяемых на второстепенных линиях. Хотя этот новый тип Д. с. применен только в единичных случаях, тем не менее экономическое значение его доказано с несомненностью. Главное его преимущество заключается в том, что значительно повышается пропускная способность линии (свыше 20%) и получается возможность на загруженных однопутных участках обходиться в дальнейшем имеющимися технич. средствами, откладывая на несколько лет неизбежную постройку второй колеи ж.-д. пути; так, напр., на ж. д. Нью-Йорк Центральной, на которой устроена полная Д. с., на это потребовалось бы израсходовать свыше 2 млн. долл., если бы не ввели новой Д. с. Южная Тихоокеанская желез. дор. исчисляет экономические результаты следующими числами: ежегодные потери при затратах на сооружение второго пути выразились бы суммой 81 500 долл. При введении «Централизованной сигнальной Д. с.» получились ежегодные чистые сбережения по 15 070 долл.; при этом амортизация капитальных вложений, если даже рассчитать ее только на 5½ лет, определяется в 68 230 долларов, т. е. значительно меньше, чем потери при устройстве второго пути.

В СССР Д. с. также выявила свои хорошие качества, и в настоящее время разработан план широкой диспетчизации сети железных дорог. О развитии Д. с. можно судить по числу селекторных телефонов, которых было установлено:

в 1921 г. . . . .	206 шт.	в 1925 г. . . . .	364 шт.
» 1922 » . . . . .	206 »	» 1926 » . . . . .	575 »
» 1923 » . . . . .	206 »	» 1927 » . . . . .	759 »
» 1924 » . . . . .	258 »		

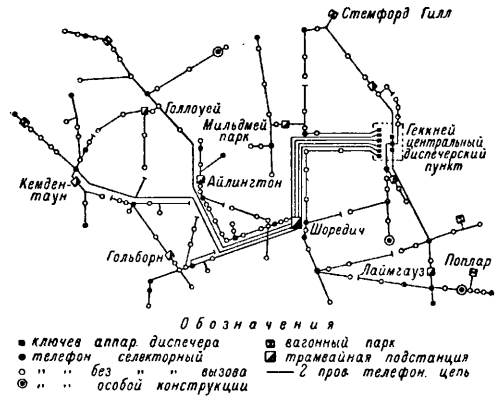
В настоящее время оборудовано свыше 1 000 станций на Октябрьской, Северных, Московско-Казанской, Московско-Курской, Южных, Северо-Кавказских, Закавказских, Московско-Белорусско-Балтийской, Донецкой, Омской, Томской, Забайкальской и Уссурийской железных дорогах.

Лит.: «Bulletin de l'Association Internationale des Congrès des chemins de fer», Paris, 1925—26; de Caesstecker H., The Dispatching System by Telephone on the Belgian State Railways, Brussels, 1924; «Revue générale des chemins de fer», Paris, 1923—24, 1926; «Zeitung d. Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen», Berlin, 1928; «Electrical Communication», New York, 1923.

Д. Наргин.

Д. с. в трамвайном движении введена в Англии в гг. Лондон, Плимут и Соутгемптон и предназначена для регулирования движения подобно тому, как это делается на ж. д. Специальные условия трамвайного движения выработали для этого случая особую форму Д. с. Первоначально в Лондоне была сделана попытка использовать для связи телефоны городской центральной станции, но этот способ оказался медленным и неэкономичным. Тогда была создана специальная

сеть селекторной телефонной связи. Схема связи северной части Лондона изображена на фиг. 3. Вся эта сеть разделена на 9 диспетчерских участков, тяготеющих к своим понижающим подстанциям. Схема связи ступенчатая с холостыми проводами для возможности перехода к кольцевой схеме на

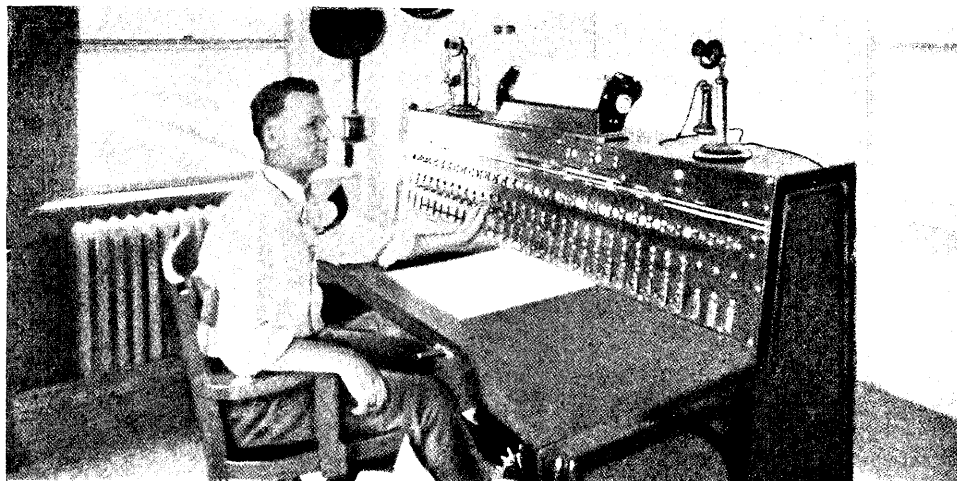


Фиг. 3.

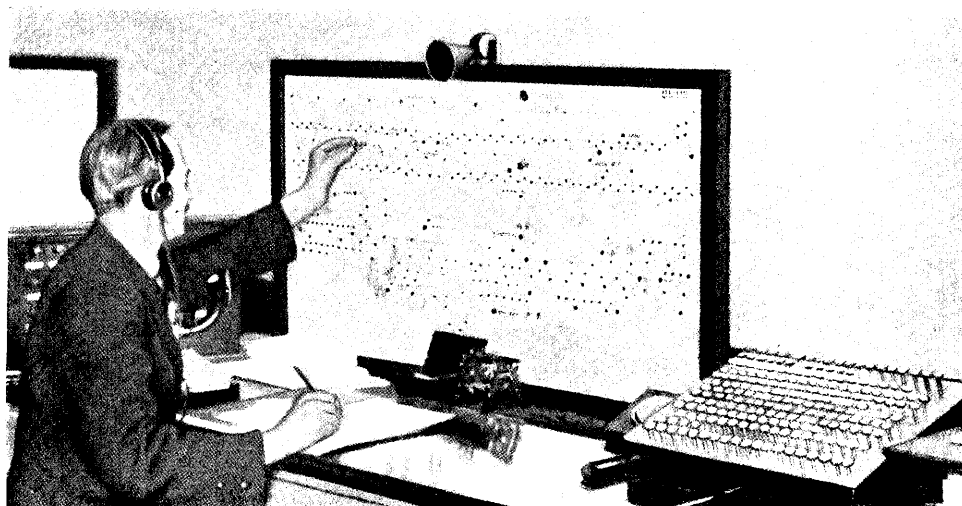
случай повреждения проводов. Такая схема представляет наибольшие удобства и гарантию постоянства действия и позволяет регулировать штат диспетчеров в зависимости от переменной интенсивности движения в разные часы суток. Густота телефонов доведена до одного телефона на каждые 800 м рельсового пути. Телефонные аппараты установлены двух типов: 1) селекторные—на уличных постах, в парках и на подстанциях и 2) упрощенные—в чугунных ящиках на уличных тумбах. При замешательствах в движении путевой агент имеет возможность через ближайший телефон быстро всгупить в разговор с диспетчером и получить от него необходимые указания. Для обеспечения надежного вызова линейных агентов со стороны диспетчера, вызывные телефонные звонки издают громкий звук особого тона, различаемый в уличном шуме среди пожарных и других звонков. При разработке телефонных конструкций приняты меры ограждения от блуждающих токов осветительной и трамвайной сетей (чугунные ящики) и от тряски, создаваемой проезжающими экипажами, автомобилями и трамваями (выработана более грубая конструкция). При надобности диспетчер по первому требованию линейных агентов устанавливает связь между линейными постами, к-рые и вступают в разговор. Д. с. особенно полезна в случае оборудования уличных трамвайных узлов автоматич. стрелками. Отдельные городские районные диспетчерские бюро объединяются общим городским центром. Д. с. содействует равномерной нагрузке уличных линий движущимися вагонными составами, ускоряет рассасывание уличных заторов, дает легкую возможность использовать обходные направления, предупреждает замешательство в движении, облегчает переброску подвижного состава из одного района в другой при изменении характера движения по часам суток.

Д. с. на автотранспорте—особый способ регулирования пассажирских и грузовых ав-

## ДИСПЕЧЕРСКАЯ СИСТЕМА



Диспетчерский аппарат на ст. Фосторна Нью-Йоркской Центральной ж. д.



Схематическая контрольная таблица диспетчерского аппарата Лондонской и Северо-восточной ж. д. (London and North-Eastern Railway).



Диспетчерский аппарат на ст. Банавентура ж. д. Grand Trunk в Канаде.

томобильных перевозок, получивший в последнее время распространение на загородных линиях в С. Ш. А. Система эта, позаимствованная от жел. дороги, вылилась в собственные формы и имеет целью установить правильность и регулярность движения, а также поднять производительность путем максимального использования автомашин и персонала шоферов. Диспетчер на участке является единоличным распорядителем подобно тому, как это установлено на жел. дор. Его бюро располагается при главном гараже и связано специально устроенным для этой цели селекторным телефонным сообщением со всеми местами посадки пассажиров или погрузки. С каждого такого остановочного пункта шофер осведомляет диспетчера по телефону о времени прибытия и отхода машин, о размере погрузки и выгрузки и других обстоятельствах движения. Благодаря особой нумерации автомашин диспетчер ведет точную регистрацию местонахождения их в каждый данный момент, осведомлен о полной ситуации подвижного состава в пути и гаражах и принимает меры к возможно экономичному его использованию. При надобности диспетчер организует целые поезда из нескольких машин, следит за частичным освобождением их в пути и, уплотняя их на промежуточных станциях, ставит освободившиеся машины в гараж во избежание излишнего их пробега. При интенсивной работе приходится назначать двух согласованно работающих диспетчеров, распределяя между ними отдельные участки.

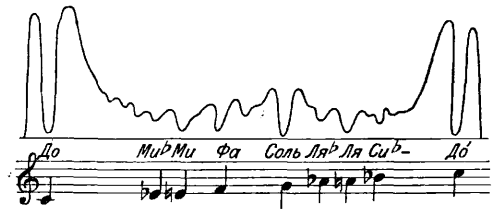
Д. с. дает возможность диспетчеру подмечать закономерность движения по часам суток и по дням недели и разрабатывать заблаговременно соответствующий план перевозок, особенно пассажирских, меняющихся в кануны праздников и в праздничные дни. Руководствуясь планом, получаемым от службы движения на предстоящие сутки, диспетчер выдает шоферам письменные «оперативные приказы» на выполнение этого плана. Он поддерживает связь с кондукторами прилегающих линий ж. д., к-рые осведомляют его по телеграфу о количестве ожидаемых пассажиров. Местонахождение автомашин в пути и в гаражах диспетчер отмечает на особой разграфленной в клетку доске жестяным знаком с номером машины. Эти номерные знаки вешают на крюки в клетках, соответствующих тем станциям, на которых находятся в данный момент машины. Кроме этого, диспетчер непрерывно заполняет особую суточную ведомость, дающую ему возможность наиболее продуктивно использовать шоферов и запас машин в гаражах. В конце каждого дня шофер возвращает диспетчеру полученную от него карточку-приказ, дополненную шофером сведениями о выполненном в действительности движении с объяснением причин опозданий и других отклонений от приказа, о расходе горючего, смене шин и других обстоятельствах. Каждая машина снабжена контрольными регистрирующими приборами: скорости движения, времени и длины пробега машин. Для ограждения безопасности устроена путевая обязательная для шоферов сигнализация перед закруглениями дороги, переломами ее про-

филя, местами ремонта — местами, требующими уменьшения скорости. Суточный пробег, приходящийся на шофера, колеблется от 225 до 325 км. Автотранспортная компания в Окленде (Калифорния) в результате введения Д. с. уменьшила бесполезный пробег машин, доведя в среднем сплошное время работы каждой машины до 7 часов из 9-час. рабочего дня. Орегонская компания в Портленде ограничивается 35 автобусами и 19 штатными и 10 запасными шоферами, которые совершают ежедневно 14 рейсов по 170 км в оба конца и, кроме того, 4 рейса по 32 км зимой и 12 таких же рейсов летом.

Лит.: «Tramway & Railway World», London, 1923; «Railway Age», New York, 1928.

**Д. Наргин.**  
**ДИСПЕЧЕРСКОЕ ЛЕКАЛО**, шаблон, которым пользуется диспетчер для назначения расписания хода поезда, не предвиденному нормально действующим расписанием, или поезду, выбившемуся из расписания. Диспетчерское лекало дает возможность диспетчеру, не прибегая к подсчетам времени хода поезда по отдельным перегонам, быстро, механически начертить график его дальнейшего движения.

**Д. Наргин.**  
**ДИССОНАНС**, неблагоприятное сочетание нескольких одновременно слышимых музыкальных тонов, обусловливается, как это выяснил Гельмгольц, биениями и этих тонов, а также биениями, создаваемыми их обертонами, или же биениями между комбинационными (преимущественно разностными) тонами, возникающими при одновременном звучании нескольких тонов. Очень малое число биений (1-2 в сек.) ощущения Д. не создает; так же точно ощущение Д. исчезает, когда число биений более 130—150 в сек. Д. вообще тем резче, чем больше количество тонов (включая обертоны основных тонов и порождаемые ими разностные тоны)



создает звуковые биения, и, наоборот, он тем слабее, чем большее число обертонов и разностных тонов совпадает по числам колебаний. На приведенной фигуре ординаты изображают вычисленные значения диссонанса, обусловленные биениями двух скрипичных тонов, из которых один остается неизменным («до»), а другой непрерывно меняется по высоте в пределах одной октавы. Отсюда видно, что наименьший Д. дают созвучия с интервалами: октава, квинта, терция, кварта, секста.

**П. Белikov.**  
**ДИССОЦИАЦИЯ**, обратимый процесс расщепления химич. молекулы на атомы или менее сложные молекулы под влиянием изменения термодинамич. условий. Так, процессы разложения  $J_2$  на  $2 J$ ,  $N_2O_4$  на  $2 NO_2$ ,  $NH_4Cl$  на  $NH_3 + HCl$  или  $PCl_5$  на  $PCl_3 + Cl_2$  можно назвать процессами Д. В теплотехнике особенно важное значение имеют след. процессы Д.:  $2 H_2O$  на  $2 H_2 + O_2$  и  $2 CO_2$  на

$2\text{CO} + \text{O}_2$ . Процессы распада атомов более тяжелых элементов (при исключительно высоких  $t^\circ$ , обычных для раскаленных небесных светил) на простейшие по своему строению атомы водорода и гелия определяются в астрофизике также в качестве процессов диссоциации. Совершенно особый смысл имеют понятия *диссоциации электролитической* (см.) и диссоциации гидролитической (см. *Гидролиз*).

**ДИССОЦИАЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ**, расщепление молекул электролитов при их растворении на разноименно заряженные ионы. Теория Д. э. была установлена Аррениусом (в 1887 г.) для объяснения отклонений, обнаруженных при исследовании молекулярных понижений  $t^\circ$  замерзания и повышенный  $t^\circ$  кипения растворов электролитов. Вант-Гофф подметил, что значения коэфф-та, определяющего это отклонение, вычисленные на основании данных осмотич. давления и упругости пара, весьма близки между собой. Согласно теории Аррениуса, все электролиты в большей или меньшей степени при растворении распадаются (диссоциируют) на ионы, значительно отличающиеся по свойствам от соответствующих атомов. Молекулы бинарного типа, вроде  $\text{NaCl}$  и т. п., диссоциируют при растворении на два противоположно заряженных иона: положительный ион  $\text{Na}^+$ , или  $\text{Na}^\bullet$ , и отрицательный ион  $\text{Cl}^-$ , или  $\text{Cl}^\bullet$ . Более сложная молекула, вроде  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , распадается на два положительных иона  $\text{H}^+$  и один двухзарядный отрицательный ион  $\text{SO}_4^{--}$ , всего на три иона, и т. д. Все эти ионы, независимо от знака и величины заряда, ведут себя в растворе как самостоятельные (по классич. теории Аррениуса—совершенно свободные) частицы и оказывают влияние на все поименованные выше явления в растворах. То обстоятельство, что, напр., величина осмотич. давления бинарного электролита  $\text{NaCl}$  не оказывается, в связи с упомянутым, ровно в два раза больше, чем теоретически вычисленная, объясняется, по Аррениусу, лишь тем, что не все молекулы электролита диссоциируют в растворе на ионы, а лишь часть их; поэтому коэффициент Вант-Гоффа и определяется как раз отношением суммы образовавшихся в растворе ионов и оставшихся недиссоциированными молекул к общему числу молекул вещества до его растворения. Для бинарного электролита, если предположить, что он нацело диссоциирован в растворе, коэффициент Вант-Гоффа был бы равен 2.

Однако, при равных условиях (одинаковая концентрация, один и тот же растворитель, одинаковая  $t^\circ$ ) различные электролиты, в зависимости от их природы, обнаруживают неодинаковую степень диссоциации. Сильные электролиты можно считать даже в концентрированных растворах нацело диссоциированными на ионы, с л а б ы е же электролиты и электролиты с р е д н е й с и л ы, как видно из приведенных ниже данных, могут иметь самые различные к о н с т а н т ы д и с с о ц и а ц и и, определяющие их степень диссоциации при разных разведениях для данного растворителя и при определенной температуре.

Константы диссоциации некоторых кислот при  $25^\circ$ .

Монохлоруксусная к-та	1,5·10 <sup>-3</sup>
Муравьиная » (18°)	2,2·10 <sup>-4</sup>
Молочная »	1,38·10 <sup>-4</sup>
Бензойная »	6,86·10 <sup>-5</sup>
Уксусная »	1,86·10 <sup>-5</sup>
Какоядловая »	6,4·10 <sup>-7</sup>
Мочевая »	1,5·10 <sup>-7</sup>
Борная »	6,5·10 <sup>-10</sup>
Синильная »	1,3·10 <sup>-10</sup>

Повышение температуры оказывает на константы диссоциации влияние в одних случаях—в смысле повышения их значения, в других—в смысле понижения, как это видно из следующих цифр:

Уксусная к-та		Борная к-та	
$t^\circ$	Константа	$t^\circ$	Константа
10°	1,83·10 <sup>-5</sup>	15°	5,5·10 <sup>-10</sup>
18°	1,82·10 <sup>-5</sup>	25°	6,5·10 <sup>-10</sup>
25°	1,86·10 <sup>-5</sup>	40°	8,5·10 <sup>-10</sup>
45°	1,80·10 <sup>-5</sup>		
50°	1,74·10 <sup>-5</sup>		
100°	1,11·10 <sup>-5</sup>		

Константы диссоциации многоосновных кислот для последовательного отделения каждого из трех водородных атомов резко отличаются друг от друга, например:

Лимонная к-та: для I водородн. иона	8,2·10 <sup>-4</sup>
» II »	5,0·10 <sup>-5</sup>
» III »	1,8·10 <sup>-6</sup>
Яблочная к-та: » I »	4,0·10 <sup>-4</sup>
» II »	9,0·10 <sup>-6</sup>
Фосфорная к-та: » I »	сильн. к-та
» II »	1,95·10 <sup>-7</sup>
» III »	3,6·10 <sup>-13</sup>

На основании изучения электропроводности растворов электролитов (см. *Электрохимия*), зависящей от степени диссоциации, Оствальдом был установлен закон, связывающий степень Д. э. в растворе со степенью разведения. При разведении степень диссоциации, а потому и эквивалентная электропроводность увеличиваются до известного предела, соответств. полной диссоциации (всех молекул). Степень диссоциации электролита в растворе определяется отношением:

$$\alpha = \frac{\mu_v}{\mu_\infty},$$

где  $\alpha$ —степень диссоциации,  $\mu_v$ —эквивалентная электропроводность раствора при разведении  $v$ , а  $\mu_\infty$ —электропроводность при практически бесконечно большом разведении, когда диссоциацию можно считать практически полной. Процесс Д. э. подчиняется *действующим массам закону* (см.), и Оствальду удалось установить связь между константой  $k$  равновесия Д. э. и степенью диссоциации  $\alpha$ . Эта зависимость определяется уравнением Оствальда:

$$k = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)v},$$

где  $v$ —разведение раствора. Однако, закон Оствальда м. б. распространен лишь на слабые электролиты и электролиты средней силы. Возможность применения ур-ья Оствальда к сильным электролитам не подтвердилась опытом. Это обстоятельство вызвало необходимость целого ряда исправленных эмпирич. ур-ий (Рудольфи, Вант-Гоффа, Шторха), дающих возможность более точно определить указанную зависимость.

Возникнув на почве изучения водных растворов, теория Д. э. была в дальнейшем распространена и на растворы электролитов в неводных растворителях (см. *Растворы*).

Вальдену, путем исследования значительно числа растворителей, удалось подтвердить гипотезу Дж. Дж. Томсона и Нернста о зависимости  $D$ . э. в растворе от диэлектрических свойств растворителя.

Диэлектрическая постоянная определяет степень сопротивления, испытываемого образовавшимися ионами, для обратного соединения в нейтральную недиссоциированную молекулу. Для одного и того же электролита Вальденом было установлено следующее взаимоотношение:

$$D \sqrt{v} = D_1 \sqrt{v_1} = D_2 \sqrt{v_2} = \dots = \text{Const},$$

где  $v, v_1, v_2, \dots$  — различные разведения, а  $D, D_1, D_2, \dots$  — диэлектрические постоянные разных растворителей. Необходимо подчеркнуть, что степень диссоциации возрастает значительно быстрее, чем величина диэлектрической постоянной.

Причину  $D$ . э. разные исследователи толковали по-разному. Крюгер усматривал эту причину в действии поглощаемых растворами инфракрасных лучей. Коссель («Appalen d. Phys.», 1916, В. 49, р. 229), опираясь на современные представления о решетке кристаллического вещества, образованной положительными заряженными ионами, чередующимися с отрицательными, выводит (на основании закона Кулона) для  $KCl$ , что, при заряде одновалентного иона в  $4,65 \cdot 10^{-10}$  эл.-ст. ед. и при расстоянии между центрами двух ионов, равном  $2r$  (где  $r = 2 \cdot 10^{-8}$  см), энергия взаимного притяжения двух ионов равна:

$$D \frac{e^2}{2r} = \frac{4,65^2}{4} \cdot 10^{-20+8} = 5,4 \cdot 10^{-11} \text{ эргов.}$$

При этом  $D=1$ , ибо предполагается, что  $KCl$  находится в газообразном состоянии. При растворении  $KCl$  в воде, диэлектрическая постоянная  $k$ -рой равна  $\sim 80$ , энергия становится равной  $6,8 \cdot 10^{-14}$  эргов, а эта величина будет того же порядка, что и кинетическая энергия воды при комнатной температуре. Поэтому, при ударах молекул растворителя о подвергающийся растворению электролит, из последнего могут образоваться ионы.

Как уже было указано, вся стройная система теории  $D$ . э. хорошо подтверждается при опытной проверке для электролитов слабой и средней силы, т. е. для тех, к-рые лишь при весьма сильных разведениях подвергаются полной  $D$ . э. Для сильных электролитов (напр.,  $NaCl$ ) эта теория оправдывается на опыте лишь в отношении весьма разведенных растворов ( $0,001N$ ). Для более концентрированных растворов сильных электролитов определение электропроводности, на первый взгляд, также заставляет предполагать, что молекулы электролита диссоциированы не полностью, ибо величины электропроводности оказываются меньше тех, к-рые можно вычислить в предположении, что диссоциация была бы полной. Осмотическое давление, определяемое экспериментально, также оказывается меньшим, чем можно было бы считать в предположении полной диссоциации. Однако, при попытке вычислить на основании результатов экспериментов, относящихся к обоим указанным явлениям для сильных электролитов, какая доля общего числа молекул подверглась  $D$ . э., обнаруживается, что оба метода—

электропроводности и определения осмотического давления — дают разные ответы на поставленный вопрос. Это обстоятельство главным образом и навело Бьеррума на предположение, что сильные электролиты всегда, даже и в самых концентрированных растворах, на цело диссоциированы и они, что подтверждалось, между прочим, и произведенным еще ранее исследованием оптических и каталитических свойств сильных электролитов. Однако при больших концентрациях разномненно заряженные ионы сильных электролитов уже не так свободны в своих движениях, как в разведенных растворах: они испытывают влияние электрического поля противоположно заряженных ионов, которые, т. о., несколько связывают свободу их движения. Это обстоятельство и находит отражение в изменении величин электропроводности растворов, а также и в изменении осмотического давления, однако не в одинаковой степени для обоих явлений. В связи с этим Бьерруму пришлось ввести новые понятия: фактор активности ионов, фактор электропроводности и фактор осмотического давления. Ионная активность для концентрированных растворов сильных электролитов значительно меньше, чем ионная концентрация. Другими словами, только часть всех ионов сильного электролита, несмотря на полную его диссоциацию, находится в химически активном состоянии, остальные ионы связаны электростатическими силами притяжения противоположно заряженных ионов.

Заслуга детального количественного изучения действующих в этих случаях междуионных сил принадлежит Дебаю и Гюкелю (1923 г.). Опираясь на закон Фарадея-Кулона и приняв для ионов форму шара конечного диаметра, они вывели ф-лы, учитывающие междуионные силы для осмотического давления, электропроводности и прочих констант, относящихся к сильным электролитам. Их вычисления очень удивлительно совпали с экспериментальными данными, добытыми уже после их работы Бронстедом и Ла-Мером. Т. о., в последнее время теория  $D$ . э. получает значительное расширение и дополнение, главн. обр. со стороны физики, и область изучения растворов электролитов приобретает характер электрической теории растворов.

Лит.: Вальден П. И., Теория растворов в их историч. последовательности, П., 1921; Изгарышев Н. А., Современная теория растворов, М., 1924; Бьеррум Э., Электрич. силы между ионами в растворах, «Успехи физических наук», М.—Л., 1927, т. 7, вып. 3—4, 1927; Финкельштейн Б. Н., Электрич. теория растворов сильных электролитов, там же, вып. 5—6; Беркенгейм А. М., Основы теоретической химии, 2 изд., М.—Л., 1926; Леман Г., Измерение концентрации водородных ионов, М., 1929 (печатается); Nernst W., Theoret. Chemie vom Standpunkte d. Avogadro'schen Regel u. d. Thermodynamik, Stg., 1925. **Б. Беркенгейм.**

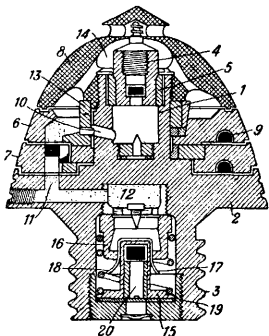
**ДИССУГАЗ**, ацетилен под давлением, применяемый в ацетоновом растворе в виду того, что сжатый ацетилен отличается взрывчатостью. Приготавливают диссугаз следующим образом: стальной баллон, обычно употребляемый для сжатых газов, наполняют пористой массой (инфузорн. землей), пропитанной ацетоном; затем туда вводят очищенный и высушенный ацетилен под давлением



12—15 *atm.* При таком давлении 1 ч. ацетона может растворить до 300 ч. ацетилен (растворимость зависит от степени чистоты ацетилена). Присутствие пористой массы устраняет возможность взрыва при высоких давлениях (выше 10 *atm.*). Д. применяется при *автогенной сварке* (см.) металлов, а также служит осветительным материалом для автомобильных прожекторов.

*Лит.:* Jaeger H. u. Ulrichs, Die Azetylen-Verordnung, Halle a/S., 1923; Handbuch f. Azetylen, hrsg. v. J. H. Vogel, Lpz., 1904; Vogel J. H., Das Azetylen, seine Eigenschaften, seine Herstellung und Verwendung, 2. Aufl., Lpz., 1923; Vogel J. H. und Schultze A., Karbid u. Azetylen als Ausgangsmaterial f. Produkte d. chemischen Industrie, Lpz., 1924.

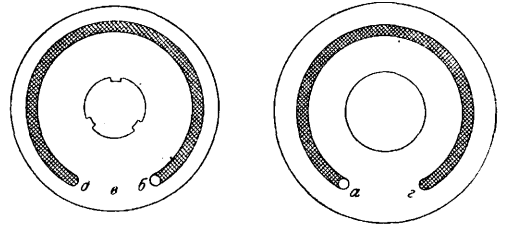
**ДИСТАНЦИОННАЯ ТРУБКА**, приспособление для производства разрыва снаряда (шрапнель, бризантный снаряд) в воздухе в определенный момент полета. В хвосте Д. т. расположена ударная трубка, имеющая назначение, в случае отказа дистанционной части, вызвать разрыв снаряда при попадании его в препятствие. Такие трубки, двойного действия, в настоящее время исключительно и употребляются. Устройство Д. т. представлено на фиг. 1. Основанием трубки служит алюминиевый стебель 1, к-рый имеет головку 1, тарель 2 и хвост 3. В головке стебля расположена дистанционная часть, в хвосте—ударная. В дистанционном ударнике 4 закреплен сверху капсюль. Ударник в своей нижней части удерживается от преждевременного смещения разрезным кольцом 5. На тарель 2 накладываются два дистанционных кольца—неподвижное 6 и нижнее подвижное 7—и прижимаются латунной гайкой 8; в нижнюю часть каждого кольца впрессован дистанционный кольцевой состав 9. Концы обоих кольцевых составов разделены перемычкой. Один конец нижнего кольцевого состава входит в вертикальный канал *a* (фиг. 2), сообщающий его с верхним кольцевым составом; верхний же кольцевой состав окошком *b* сообщается с нижним кольцевым составом и обращен к окошку 10 (фиг. 1) головки стебля. Стенки каналов покрыты приклеенными на лаке пороховыми зернами. При установке нижнего дистанционного кольца на *K* (картечь) окошко его *a* приходится под окошко *b* верхнего кольца и над каналцем 11 тарели; при смещении снаряда и воспламенении ударника о жало пламя кратчайшим путем проникает в петарду 12 и сквозь хвостовую часть трубки в разрывной заряд снаряда и разорвет его тотчас же по вылете, произведя картечный выстрел. Если нижнее дистанционное кольцо поставит на *Уд* (удар), то окошко *a* нижнего кольца придется против перемычки *в* (фиг. 2) верхнего кольца, горение из верхнего кольца не передается в нижнее, и снаряд разорвется только при ударе о препятствие от действия ударной части.



Фиг. 1.

к нижнему и по сторони передается петарде. Это составляет наибольшее время дистанционного горения данной системы трубки. Деления шкалы нанесены на боковой поверхности дистанционной части и рассчитаны т. о., что каждое деление увеличивает дальность разрыва на 30 м. Деления на нижнем дистанционном кольце трубки соответствуют прицелу (дальности). Для придания дистанционным составам равномерности горения, к-рая обеспечивает правильность действия трубки, верхняя плоскость тарели и нижнее кольцо оклеены сукном. При смещении снаряда разрезное кольцо 13 вгоняется, как клин, в выемку верхнего дистанц. кольца и на время полета крепко прижимает дистанционные кольца к тарели, что обеспечивает нижнее дистанцион. кольцо от сдвига и сохраняет приданную трубке установку. Для устранения давления газов, которое могло бы ускорить горение дистанцион. составов, газы выводятся через каналы 14 наружу. Ударная часть трубки состоит из ударника 15 с капсюлем, разгибателя 16 и предохранителя 17, соединенного с ударником лапками 18; верху канала укреплено жало. Снизу в хвост ввинчена втулка с отверстиями для пропуска газов. При выстреле разгибатель 16 по инерции сжимает поддерживающую его пружину, и лапки 18 садятся на ударник; лапки, сжатые разгибателем, разгибаются вновь и соединяют ударник с разгибателем в одно целое. Чтобы во время полета ударник не сдвинулся вперед и не наколотся о жало, он у дна хвоста удерживается лапками дошной втулки 19, захватывающими за борта прилива ударника. При ударе о препятствие ударник по инерции отрывается от дна, накальвается о жало и зажигает петарду 12, пламя к-рой передается через петарду 20 в центральную трубку снаряда и его разрывному заряду.

Если повернуть нижнее дистанционное кольцо так, чтобы конец его состава *г* пришелся против конца дистанционного состава верхнего кольца *д*, то при воспламенении огонь через окошко *б* передается верхнему составу, а когда он весь сгорит, перейдет



Фиг. 2.

Лит.: Нилус и Маркевич, Полный курс артиллерии, ч. 2, П., 1916; Руководство службы при 76-мм пушках, отд. 5—Боевые припасы, Москва, 1927 (изд. офиц.); Взрыватели и трубки, изд. Главного артиллер. управления, П., 1915; «Army Ordnance», Washington, 1926—27.

**ДИСТИЛЛЯЦИЯ**, см. *Перегонка*.  
**ДИСУЛЬФОНИСЛОТЫ**, соединения ароматического ряда, являющиеся либо непосредственно промежуточными продуктами для синтеза красящих веществ либо ступенями к ним. Д. получаются при действии

В. Юхнович.

серной к-ты 66° Вé или дымящей серной к-ты с различн. содержанием серного ангидрида на ароматич. углеводороды и их амины, фенолы, хиноны и т. д. Из производных бензольного ряда техническое значение имеет м-дисульфокислота бензола, переходящая при щелочном плавлении ее в резорцин.

Наибольшее значение в технике имеют Д. нафталина и его производных. Из числа возможных изомеров Д. нафталина наибольшее значение имеет 2, 7-дисульфокислота, являющаяся промежуточной ступенью для получения различных азо- и диазокомпонентов Д. нафтолов; в частности 3, 6- и 6, 8-дисульфокислоты  $\beta$ -нафтола, называемые К-к и слотой и G-к и слотой, получают при сульфировании  $\beta$ -нафтола и находят широкое применение в синтезе азокрасителей. Д. нафтиламинов, напр. 3, 6- и 3, 7-дисульфокислоты  $\alpha$ -нафтиламина, называемые к-тами Фрейнда, и 4, 6- и 4, 7-дисульфокислоты  $\alpha$ -нафтиламина, называемые к-тами Дала, также находят применение в технике. Весьма большое значение имеют Д. аминаофтолов, из к-рых нужно отметить чикагок и слоту 2S (1, 8-аминонафтол-2, 4-дисульфокислота) и гл. образ. Н-к и слоту (1, 8-аминонафтол-3, 6-дисульфокислота), весьма широко применяемую при синтезе различных азокрасителей. Аналогичная ей 1, 8-диоксинафталин-3, 6-дисульфокислота, называемая хромотроповой кислотой, применяется для синтеза хромировочн. азокрасителей (см. *Хромотропы*). Все эти кислоты получают либо непосредственным сульфированием производных нафталина либо соответствующей обработкой нафталиновых сульфокислот и их нитропроизводных.

Д. антрахинонового ряда, в зависимости от их способа получения, являются либо  $\beta$ -производными, если сульфирование ведется при обычных условиях, либо  $\alpha$ -производными, если сульфирование ведется в присутствии ртутных солей. Первые, гл. обр., 2, 6- и 2, 7-дисульфокислоты антрахинона, сопутствуют  $\beta$ -сульфокислоте антрахинона, получаемой для переработки в ализарин, и м. б. отделены от нее, а также друг от друга, благодаря различной растворимости свободных к-т и их солей. При щелоч. плавлении Д. переходят в соответствующие триокс-антрахиноны: изопурпурин и флавопурпурин, выпускаемые в продажу под названием ализариновых красных разных марок;  $\alpha$ -дисульфокислоты антрахинона (1, 5- и 1, 8-) и смешанные  $\alpha$ - и  $\beta$ -производные служат исходными продуктами для получения различных галоидопроизводных и аминов, необходимых для синтеза нек-рых антрахиноновых протравных и кубовых красителей. Об условиях сульфирования и свойствах Д. см. лит.

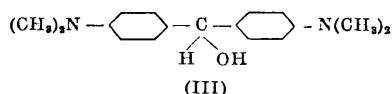
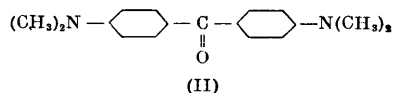
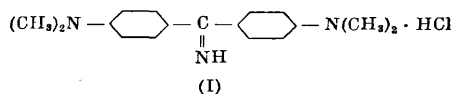
Лит.: Wichelhaus H., Sulfurieren, Alkalischmelze d. Sulfosäuren, Esterifizieren, Leipzig, 1911. См. также лит. в ст. *Диштропородукты*. И. Иоффе.

**ДИФЕНИЛ**, см. *Бифенил*.

**ДИФЕНИЛАМИН**,  $C_6H_5 \cdot NH \cdot C_6H_5$ , бесцветное кристаллич. тело, получающееся при нагревании анилина и сернохлористого анилина до 150—200° в автоклаве в течение ок. 10 час. Д. в воде нерастворим, растворяется в серной к-те, спирте, эфире и бензоле, обладает

приятным своеобразным свежим запахом грибов; Д. является весьма слабым основанием: соли его легко разлагаются действием воды. Производное Д., гексанитродифениламин, получают нитрованием Д. и применяют как взрывчатое вещество.

**ДИФЕНИЛМЕТАНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, красящие вещества, отличающиеся наличием в них двух бензольных ядер, замещающих водородные атомы у центрального метанового углерода. К красителям с указанной группировкой м. б. отнесены и те красители, в к-рых эта группировка является частью сложного гетероциклического (как, наприм., ксантоновые, акридиновые) или циклического соединения (как антрахиноновые), но химические свойства и практика применения которых заставляет рассматривать их как производные соответствующих циклов. Собственно Д. к., являющиеся по химической классификации метиленхинонными красителями, не имеют большого практического применения, кроме аурамина (I) и родственных по строению с ним кетона Михлера (II) и гидрола Михлера (III), взаимно друг в друга переходящих.



Аурамин был получен впервые Каро из кетона Михлера при действии на последний аммонийных солей в присутствии хлористого цинка. Более поздний синтез, основанный на действии серы и хлористого аммония в присутствии хлористого натрия на тетраметилдиамидодифенилметан, был предложен Зандмейером и имеет в настоящее время широкое применение. Кетон Михлера м. б. получен либо из аурамина, полученного по методу Зандмейера, либо при непосредственном действии фосгена на диметиламин.

Лит.: Георгиевич Г. и Гранмужен Е., Химия красящих веществ, М., 1916; Fierz David H. E., Künstliche organ. Farbstoffe, B., 1926; Bucherer H. Th., Lehrb. d. Farbenchemie, 2 Aufl., Lpz., 1921; Cain J. C., The Manufacture of Dyes, L., 1922; Rowe, Colour Index, N. Y., 1924. И. Иоффе.

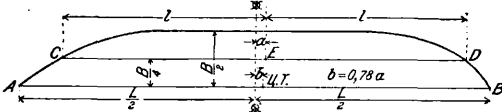
**ДИФЕНИЛОВЫЙ ЭФИР**, окись фенила, фенилоксид,  $C_6H_5 \cdot O \cdot C_6H_5$ , применяется в мыловаренно-парфюмерном производстве для получения запаха листьев герани, особенно в дешевых изделиях. Получается Д. э. многими способами, из к-рых главнейшие: нагревание фенола с хлористым цинком или хлористым алюминием, сухая перегонка фенолята алюминия, пропускание паров фенола над окисью тория при  $t^\circ 390$ — $450^\circ$ , нагревание фенолята натрия с бромбензолом в присутствии меди, сухая перегонка фенолята калия с сульфобензойной к-той, нагревание сульфодиазобензола с фенолом. Д. э. — кристалл. вещество с  $t^\circ_{пл.} 26,9^\circ$  и  $t^\circ_{кип.} 259^\circ$ ,

уд. в. 1,074, почти нерастворимое в воде и легко растворимое в органич. растворителях. Потребность нашей промышленности в Д. э. исчисляется приблизительно в 10 000 кг и удовлетворяется в значительной степени внутренним производством.

Лит.: С o h n G., Die Riechstoffe, 2 Aufl., Brschw., 1924; S o r n e t R., La technique industrielle des parfums synthétiques, Paris, 1923; G a t t e f o s s é R., Nouveaux parfums synthétiques, 2 édition, Paris, 1927; Uilm. Enz., В. 9, р. 40. **Б. Рутковский.**

**ДИФФЕРЕНТ**, разность осадки в воде носа и кормы судна, измеряется в мерах длины по маркам углубления, нанесенным на фор- и ахтерштевне, дающим непосредственно осадку судна. В настоящее время в Англии изготавливаются специальные приборы—*инверсаторы* (см.), дающие возможность определения осадки в штурманской рубке как на якоре, так и на ходу.

Суда обычной конструкции имеют одинаковое углубление оконечностей—осадку на ровный киль. При всяком продольном наклоне или изменении расположения грузов, при приеме или расходевании их, переходе судна в воду иной плотности, на ходу, при повороте и на волнении, судно



Фиг. 1.

получает Д.; наибольшей величины последний достигает при аварии от подводной пробоины или подводного взрыва. Для винтовых судов Д. на корму полезен, как увеличивающий кпд винта и улучшающий поворотливость; для ледоколов Д. на корму необходим для всхода на лед; для речных колес. судов полезно иметь небольшой Д. на нос для предупреждения посадки на мель; для парусных судов Д. на нос не допускается, как ухудшающий управление судном. Незначительный Д. выравнивается правильной погрузкой или затоплением специальных (дифферентных) отсеков, расположенных в оконечностях судна. Значительный дифферент ухудшает мореходные качества: остойчивость, ходкость, поворотливость.

Для выравнивания Д. и правильной погрузки торговых судов требуется произвести расчет изменения Д. для новых условий плавания. Вопрос об изменении Д. на ходу и на циркуляции недостаточно исследован; Д. при качке, носящий временный характер, изучается при расчете качки. Статич. Д. при стоянке вызывается исключительно изменением нагрузки судна. При перемещении груза, находящегося на судне, весом в  $p$  т в продольн. направлении параллельно грузовой ватерлинии на  $l$  м, судно наклонится на угол  $\theta$ , и дифферент его выразится:  $d = L \cdot \operatorname{tg} \theta$ , где  $L$ —конструктивная длина судна. Выражая  $\theta$  как функцию момента, вызывающего Д., и продольного восстанавливающего момента судна (см. *Остойчивость судов*), получим:

$$d = \frac{p \cdot l}{D} \cdot \frac{L}{R - a},$$

где:  $D$ —тоннаж судна в т,  $R$ —продольный

метацентрич. радиус и  $a$ —возвышение ц. т. судна над центром величины. Для каждого случая изменения Д. определенного судна в этой ф-ле переменными будут  $p$  и  $l$ ; поэтому на практике для расчета Д. пользуются заранее вычисленной величиной момента, изменяющего дифферент данного судна на 1 м и равного

$$\mu = \frac{D(R - a)}{L}.$$

Для грубого приближения можно принять  $R - a = L$  и  $\mu = D$  тм. Более точно  $\mu = \frac{D \cdot L}{14,5T}$

для морских судов и  $\mu = \frac{D \cdot L}{16T}$  для речных плоскодонных судов, где  $T$ —среднее углубление судна. Определив  $\mu$  по этим или иным приближенным ф-лам или по точному значению  $R - a$ , имеем для любого случая перемещения грузов:  $d = \frac{pl}{\mu}$  м. Зная  $p$  и  $l$  и определив по ним величину  $d$  изменения Д., новую осадку носа и кормы вычисляют по формулам:

$$h'_1 = h_1 + d \frac{L}{2} \pm b; \quad h'_2 = h_2 - d \frac{L}{2} \mp b,$$

где  $h'_1$  и  $h_1$ —новая и старая осадки погружающейся,  $h'_2$  и  $h_2$ —всплывающей оконечности, а  $b$ —отстояние ц. т. грузовой ватерлинии от середины длины судна; знаки при  $b$  берутся верхние, если этот ц. т. расположен в нос от середины судна, и нижние, если он расположен в нос от середины судна. Величина  $b$  определяется или по правилам приближенного вычисления положения центра тяжести площади (см. *Вычисления приближенные*) или же эмпирически, по Нордману (см. фиг. 1, где изображена половина грузовой ватерлинии, линия  $AB$ —след диаметральной плоскости,  $CD$  параллельна  $AB$  и проведена от нее в расстоянии четверти ширины судна; эта линия делится пополам в точке  $E$ ). Если обозначить отстояние точки  $E$  от середины длины судна через  $a$ , то  $b = 0,78a$ .

Грузовые суда для быстрого подсчета изменения Д. в различных случаях практики снабжаются диаграммой Д. судна, на к-рой (фиг. 2) обозначены: I—VI номера грузовых трюмов, а цифрами показана вместимость соответствующих трюмов в  $m^3$ ;  $a-k$ —номера отсеков с указанием вместимости их в т;  $C_1, C_2, C_3, C_4$ —положение ц. т. площади ватерлинии для соответствующей осадки. На первой шкале под схемой расположения трюмов и отсеков поставлены номера шпангоутов, а на второй—отстояния от кормового перпендикуляра переборок судна. Нижние шкалы являются отчетными, цифры на них обозначают величину изменения Д. в м. Верхняя шкала построена для полной нагрузки судна, нижняя—для порожн. судна, промежуточные—для двух случаев нагрузки. Величины изменения дифферента наносятся на соответствующих шкалах при последовательном перемещении 100 т груза от точек  $C$  в места расположения переборок. При пользовании диаграммой определяют величину среднего изменения углубления при приеме или расходевании данного

количества груза и этим выбирают требуемую шкалу, по к-рой производят отсчет Д., интерполируя для каждого трюма цифровые отметки для ограничивающих его переборок. Напр.: перемещение груза в 800 т при полной нагрузке (верхняя шкала) из точки С<sub>1</sub> в трюм I даст изменение Д.  $d_1 = 8 \frac{0,22 + 0,35}{2} = +2,28$  м. Для уничтожения этого Д. в трюм VI нужно переместить из точки С<sub>1</sub> 700 т, что даст Д.  $d_2 = -\frac{0,37 + 0,28}{2} \cdot 7 = -2,275$  м. В итоге Д. изменится на  $d_1 + d_2 = +0,005$  м, что неощутимо. При погрузке задача правильного размещения грузов сводится к такому их распределению по трюмам, которое

колесо К называется солнечным. Т. о., на валу О имеется три разных детали, каждая из которых может иметь свое собственное число оборотов. Проверка структуры Д. дает: а) механизм плоский имеет 4 подвижных звена, следовательно движение его определяется  $4 \times 4 = 16$  координатами; б) условий связи имеем: в звеньях 4, в 4 вращательных кинематич. парах 2-го класса 8 и, наконец, в 2 кинематич. парах 1-го класса (на зубчатом катании со скольжением) 2, а всего 14 условий связи. Т. о., в механизме  $16 - 14 = 2$  степени свободы [1]. Как известно, для исследования движения таких механизмов, нужно ввести в цепь одну лишнюю связь. Поставим задачу таким образом, что будем искать ско-



Фиг. 2.

дает суммарный Д. требуемой величины и знака. Для выбора шкалы предполагают, что весь груз сначала помещается в точку С, что не меняет Д., и затем распределяется по трюмам с изменением Д., величину которого определяют так, как показано на примере, для каждого перемещения грузов. Требуемая величина суммарного Д. получается при этом путем последовательных проб.

Для значительных изменений Д. при подводных пробоях приведенные формулы не годятся, т. к. положенное в основу их (для приема груза) равенство:  $D(R-a) \cong D_1(R_1-a_1)$ , где значки указывают новые элементы судна после приема или расхождения груза, нарушается. В этом случае пользуются масштабом Бонжана, позволяющим произвести более точные вычисления (см. *Непотопляемость*).

Лит.: Крылов А. Н., Учебник теории корабля, СПб, 1913; Фан-дер-Флит А. П., Теория корабля, ч. 1, СПб, 1911; Шершов А., Практика кораблестроения, ч. 2, СПб, 1912; Johans Hilfsbuch f. d. Schiffbau, 5 Auflage, neubearbeitet v. E. Foerster, Berlin, 1928. Р. Тишбейн.

**ДИФФЕРЕНЦИАЛ**, планетная передача, при помощи к-рой данный вал машины получает сумму или разность скоростей от двух разных источников движения.

Схематически устройство Д. представлено на фиг. 1. Здесь на валу О вращаются входную две зубчатки К и М, могущие иметь каждая свое движение. Около той же геометрич. оси вращается рукоятка ОВ, как кривошип, на пальце которого вращается планетная шестерня — с а т е л л и т — N, сцепленная одновременно с обоими колесами К и М;

рость колеса К при разных условиях. Для этого в остальной части механизма будем накладывать одно условие связи на ту или иную деталь. Обозначим радиусы колес: R<sub>1</sub>—для колеса К, R<sub>2</sub>—для рукоятки ОВ, R<sub>3</sub>—для сателлита N, R<sub>4</sub>—для колеса М.

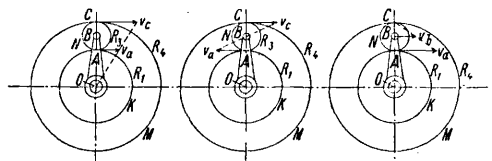
1-е движение. Скорость рукоятки равна нулю. В этом случае (фиг. 2) получим:

$$v_c = -v_a \text{ или } v_a = R_4 \cdot \omega_4 = R_3 \cdot \omega_3 = -v_1 = -R_1 \cdot \omega'$$

откуда

$$\omega' = -\frac{R_4}{R_1} \cdot \omega_4 \text{ или } n'_1 = -\frac{R_4}{R_1} \cdot n_4 \quad (1)$$

Как видим, в этом случае сателлит играет роль паразитного колеса, т. е. его радиус



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

и скорости не входят в ф-лу (1), т. е. не влияют на передачу движения от колеса М к колесу К, но направление вращения при этом получается обратное.

2-е движение. Скорость колеса М равна нулю. Из фиг. 3 видно, что в этом случае у сателлита точка С на мгновенное будет неподвижной, т. е. она является центром мгновенного вращения сателлита.

Отсюда непосредственно следует, что  $v_a = 2v_b$ , но  $v_b = R_2 \cdot \omega_2$ , следовательно  $v_a = 2R_2 \cdot \omega_2 = R_1 \cdot \omega_1''$ , откуда следует, что

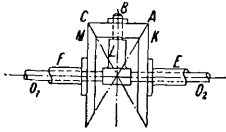
$$\omega_1'' = 2 \frac{R_2}{R_1} \cdot \omega_2 \text{ или } n_1'' = 2 \frac{R_2}{R_1} \cdot n_2 \quad (2)$$

Здесь опять сателлит оказывается паразитным колесом, при чем скорости колеса  $K$  и рукоятки  $OB$  в этом случае отличаются друг от друга по величине, по направлению же совпадают.

Сумма движений. Одновременно вращаются: колесо  $M$  со скоростью  $\omega_1$  и рукоятка со скоростью  $\omega_2$ . Получаем теперь сложное движение, результат к-рого получается от сложения или вычитания составных скоростей, данных ф-лами (1) и (2). Т. о., результирующая скорость колеса  $K$  в этом случае будет:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 = \omega_1' \pm \omega_1'' = 2 \frac{R_2}{R_1} \omega_2 \mp \frac{R_1}{R_1} \omega_2 = \frac{2R_2\omega_2 \mp R_1\omega_2}{R_1} \\ n_1 = n_1' \pm n_1'' = \frac{2R_2n_2 \mp R_1n_2}{R_1} \end{aligned} \right\} (3)$$

В этой ф-ле верхние знаки соответствуют тому случаю, когда колесо  $M$  и рукоятка имеют движение в одну и ту же сторону; при движениях их в разные стороны нужно брать нижние знаки. Частный случай, разобранный выше Д., представлен на фиг. 4. Здесь на валу  $O_1, O_2$  свободно посажены колеса

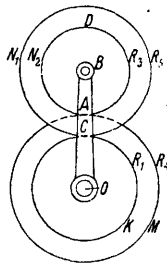


Фиг. 4.

$K$  и  $M$ , к-рые укреплены на втулках  $E$  и  $F$ . На рукоятке  $L$  вращается сателлит в виде конич. шестерни. Т. о., в этом случае  $R_1 = R_2 = R_4$ . Теперь из формулы (3) получим:

$$\left. \begin{aligned} \omega_M = \omega_M' \pm \omega_M'' = 2\omega_L \mp \omega_K \\ n_M = 2n_L \mp n_K \end{aligned} \right\} (4)$$

Правило знаков здесь остается то же, что и для ф-лы (3). Во всех рассмотренных выше случаях колесо  $M$  имело внутреннее зацепление с шестерней сателлита. На фиг. 5 представлен случай внешнего сцепления этих колес. Здесь рукоятка  $OB$ , колесо  $K$  и колесо  $M$  сохраняют прежнее значение. Что же касается планетной шестерни, то она здесь устроена иначе. Именно, в этом случае на пальце  $B$  вращаются сразу две сателлитовые шестерни, сидящие на одной втулке, так что они обе представляют собой одно твердое тело. Первая из них  $N_1$  сцеплена с колесом  $K$ , а вторая  $N_2$  — с колесом  $M$ . Разобранные выше 3 случая движения для этого Д. дадут несколько иные результаты.



Фиг. 5.

1-е движение. Скорость рукоятки равна нулю. Мы получим обычное рядовое сцепление колес, и следовательно:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1' = \frac{R_1 R_5}{R_1 R_3} \cdot \omega_4 \\ n_1' = \frac{R_1 R_5}{R_1 R_3} \cdot n_4 \end{aligned} \right\} (5)$$

При этом колеса  $K$  и  $M$  будут вращаться в одну и ту же сторону, т. е. знаки скоростей колес одинаковы.

2-е движение. Скорость колеса  $M$  равна нулю. В этом случае мгновенная скорость точки  $A$  сателлита равна нулю и является его центром мгновенного вращения. Таким образом,

$$\frac{v_b}{v_c} = \frac{R_2}{R_3 - R_2} \quad (6)$$

По центру мгновенного вращения видно, что знаки  $v_b$  и  $v_c$  противоположные. Обозначая длину  $OB$  через  $R_2$  и угловую скорость рукоятки через  $\omega_2$ , найдем  $v_b = R_2 \omega_2$ ,  $v_c = -R_1 \omega_1''$ , откуда

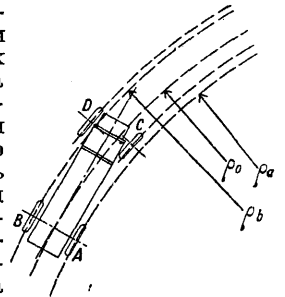
$$\left. \begin{aligned} \omega_1'' = -\frac{R_2(R_3 - R_2)}{R_1 R_2} \cdot \omega_2 \\ n_1'' = -\frac{R_2(R_3 - R_2)}{R_1 R_2} \cdot n_2 \end{aligned} \right\} (7)$$

Сумма движений. Одновременно вращаются: колесо  $M$  со скоростью  $\omega_1$  и рукоятка со скоростью  $\omega_2$ . В этом сложном движении результирующая скорость колеса  $K$  будет равна:

$$\left. \begin{aligned} \omega_1 = \omega_1' \pm \omega_1'' = \frac{R_1 R_5 \omega_4 \mp R_2(R_3 - R_2) \omega_2}{R_1 R_2} \\ n_1 = n_1' \pm n_1'' = \frac{R_1 R_5 n_4 \mp R_2(R_3 - R_2) n_2}{R_1 R_2} \end{aligned} \right\} (8)$$

Правило знаков для этой формулы такое же, как и для формулы (3).

**Д. автомобильный.** При движении автомобиля по закруглению (фиг. 6) ведущие колеса заднего моста  $A$  и  $B$  должны проехать разные пути, которые пропорциональны радиусам кривизны  $\rho_a$  и  $\rho_b$  их траекторий. Отсюда следует, что, во избежание скольжения одного из колес по грунту, заднюю ось нужно разрезать и предоставить колесам  $A$  и  $B$  возможность иметь независимые друг от друга движения. Если  $v_b$  и  $\omega_0$  — линейная и угловая скорости движения ц. т. машины в данный момент времени,  $\rho_0 = \frac{\rho_a + \rho_b}{2}$  — средний радиус кривизны,  $r$  — радиус заднего колеса,  $a$  — расстояние между колесами,  $\omega_a$  и  $\omega_b$  — угловые скорости вращения колес  $A$  и  $B$ ,  $v_a$  и  $v_b$  — окружные скорости колес  $A$  и  $B$ , то:



Фиг. 6.

$$\left. \begin{aligned} v_b = \omega_0 \rho_b = r \omega_b \\ v_a = \omega_0 \rho_a = r \omega_a \end{aligned} \right\} (9)$$

откуда

$$\frac{\omega_b}{\omega_a} = \frac{\rho_b}{\rho_a} \quad (10)$$

Как видно, отношение скоростей двух задних колес при движении по закруглению не зависит от средней скорости машины, а определяется радиусами кривизны траекторий. Определим разности в скоростях каждого колеса по сравнению со средней скоростью машины:

$$\left. \begin{aligned} v_b - v_0 = r \omega_b - \rho_0 \omega_0 \\ v_a - v_0 = r \omega_a - \rho_0 \omega_0 \end{aligned} \right\} (11)$$

Решая совместно ур-ия (9) и (11), получим:

$$\left. \begin{aligned} v_b - v_0 &= \omega_0 (e_b - e_0) = \omega_0 \frac{a}{2} \\ v_a - v_0 &= \omega_0 (e_a - e_0) = -\omega_0 \frac{a}{2} \end{aligned} \right\} (12)$$

Из уравнений (12) легко получить

$$\omega_b - \omega_a = \frac{a}{r} \cdot \omega_0 = \frac{av_0}{re_0}. \quad (13)$$

Ф-ла (13) показывает, что разность угловых скоростей колес  $A$  и  $B$  прямо пропорциональна расстоянию между колесами, средней линейной скорости машины и обратно пропорциональна радиусу колеса и среднему радиусу закругления. Если машина идет по прямолинейной пути, то  $\omega_0 = 0$ , и из уравнения (13) найдем, что  $\omega_b = \omega_a$ . Если одно колесо, например  $A$ , остановить, то  $v_a = 0$ , и из уравнения (12) получим  $v_0 = \omega_0 \frac{a}{2}$ ,

откуда

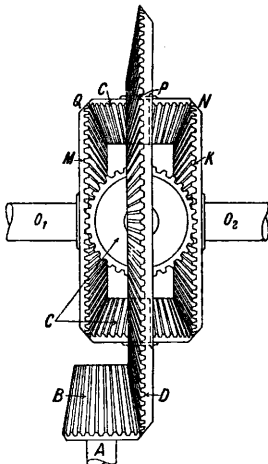
$$v_b = \omega_0 \cdot a. \quad (14)$$

Наконец, если поворачивать машину при  $v_0 = 0$ , то

$$\left. \begin{aligned} v_b &= \omega_0 \frac{a}{2} \\ v_a &= -\omega_0 \frac{a}{2} \end{aligned} \right\} (15)$$

Соотношения (14) и (15) соответствуют очень крутым поворотам и практически невозможны, т. к. передние колеса по своей конструкции не приспособлены для этого. Что же касается задних колес, то все отмеченные выше функции они могут выполнять при помощи Д. С этой целью задняя ось разрезается на две части, чтобы предоставить возможность колесам  $A$  и  $B$  иметь разные скорости, затем разрезанные части этой оси соединяются между собой при помощи Д.

Схема Д. показана на фиг. 7. Здесь  $O_1$  и  $O_2$  две части задней оси, на каждой из к-рых укреплено по коническ. зубчатке  $K$  и  $M$ . Шестерня  $B$  заклинена на главном валу машины  $A$  и сцеплена с коронной зубчаткой  $D$ . В этой последней в ободе имеются специальные втулки, в к-рых вращаются планетные шестерни  $C$ ,  $C$  (две, три или четыре). Планетные шестерни сцеплены сразу с обоими колесами  $K$  и  $M$ . Движение от машины через вал  $A$  передается коронному колесу  $D$  и отсюда через шестерни  $C$ ,  $C$  обоим колесам с одинаковой скоростью. Если теперь вал машины затормозить и повернуть одно колесо, напр.  $M$ , по часовой стрелке, то нетрудно убедиться в том, что при этом колесо  $K$  повернется в противоположную сторону, при чем скаляры угловых скоростей будут для обоих колес равны друг другу, в соответствии с формулой (15). Если

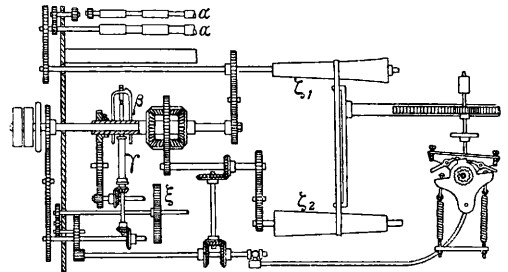


Фиг. 7.

затормозить колесо  $M$ , то скорость точки  $Q$  на начальной окружности зубчатки будет равна нулю, а скорости центра планетной шестерни  $P$  и точки  $N$  на начальной окружности другой зубчатки будут пропорциональны расстояниям этих точек от точки  $Q$ , являющейся в этом случае центром мгновенного вращения планетной шестерни, т. е.  $v_n = 2v_p$ . Это находится в полном соответствии с ф-лой (14). Из конструкции Д. видно, что если угловая скорость одного колеса, напр.  $M$ , окажется больше угловой скорости коронного колеса на некую величину, то ровно на такую же величину скорость колеса  $K$  окажется меньше скорости коронной зубчатки. Это соответствует ф-лам (12). Конструктивно автомобильные Д. выполняются различно. Наиболее распространенной является система, соответствующая схеме, представленной на фиг. 7. В про-

долных Д. на валу машины (например, сист. Mercedes) укреплены поперечные пальцы, на которых вращаются конические сателлиты. От этих последних через втулки движение передается непосредственно зубчаткам, к-рые укреплены на концах полуосей. Такие Д. применяются в машинах Mercedes, La Voire, грузовиках Renault и др.

**Д. баннаброшный.** Основные детали баннаброша (фиг. 8) состоят из вытяжных цилиндров  $\alpha$ ,  $\alpha$ , веретена с рогулькой  $\beta$  и катушки  $\gamma$ , на которую наматывается пряжа



Фиг. 8.

(ровница). Т. к. цилиндрами  $\alpha$  в единицу времени подается одно и то же количество ровницы, а по мере наматывания ее на катушку диам. початка возрастает, то, очевидно, скорость вращения катушки нужно изменять. При этом одновременно выполняется другая операция—крутка ровницы веретеном. Крутка эта д. б. постоянной. Т. о., получается задача: дать постоянное число оборотов веретenu и переменное по известному закону—катушке. Катушка поэтому выполняет два движения: вместе с веретеном она участвует в процессе крутки и получает число оборотов веретена и, кроме того, имеет дополнительные обороты, положит. либо отрицательные, для намотки ровницы, при чем скорость этого дополнительного движения должна меняться по мере нарастания початка и увеличения диам. мотки. Сложное движение катушки осуществляется в баннаброшах при помощи Д. Вся установка Д. здесь существенно отличается от автомобильной тем, что там колеса сами используют предоставленную им лишнюю степень свободы, а у баннаброшей оба движения Д. выполняются по наперед заданным кинематическ. условиям.

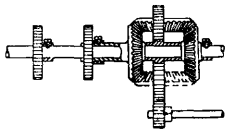
Одно движение синхронно с движением веретена, следовательно, идет с постоянной заданной скоростью. Другое регулируется коническими барабанчиками  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$ , от которых через Д. вращение передается катушкам. От этих же конич. барабанчиков движение идет еще, помимо Д., к каретке, поднимающей и опускающей при помощи реек  $\xi$  катушки в процессе мотки. Скорость этого подъема изменяется по мере нарастания диаметра початка. Именно, пусть  $n_k$ —полное число оборотов катушки, а  $n_b$ —веретена,  $\delta$ —толщина одного витка пряжи,  $D$ —диам. мотки (толщина початка, взятая по средним линиям витка),  $L$ —длина ровницы, выпускаемой в единицу времени,  $v$ —скорость движения каретки; тогда

$$L = \pi D(n_k - n_b), \quad (16)$$

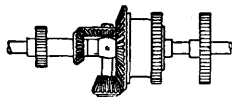
$$v = (n_k - n_b)\delta = \frac{L\delta}{\pi D}. \quad (17)$$

При переводе ремня на конич. барабанчиках одновременно изменяются скорости катушки (через Д.) и скорость подъема каретки (помимо Д.). Установим закономерности в этих изменениях. Данные выше ф-лы (3) и (8) показывают, в применении к банкаброшам, что число оборотов катушки можно составить из двух компонентов на Д.  $n'_1$  и  $n''_1$ , при чем один из них, например  $n'_1$ , можно подобрать так, что он будет передавать катушке ровно столько оборотов, сколько имеет веретено, и это число м. б. постоянным. Другой же компонент  $n''_1$  будет тогда управлять разницей скоростей между веретеном и катушкой. Первый компонент д. б., следовательно, вне влияния конических барабанчиков, а второй, наоборот, под их влиянием. В этом случае перемена скоростей на конич. барабанчиках д. б. пропорциональной скорости относительного движения катушки по веретену, т. е. скорости мотки. С другой стороны, скорость подъема каретки, как видно из ф-лы (17), изменится так же пропорционально относительной скорости катушки по веретену. Т. о., при перестановке ремня на конических барабанчиках механизм будет работать правильно. Из той же ф-лы (17) мы видим основания для проектирования конич. барабанчиков, так как зависимость между диам. наматывания и скоростью поступательного движения каретки здесь определяется в форме  $vD = \text{Const}$ , т. е. равнобочной гиперболы.

Конструктивно банкаброшные Д. отличаются от автомобильных тем, что для управ-



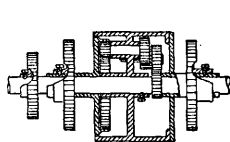
Фиг. 9.



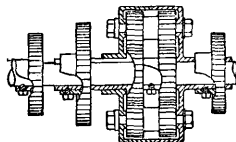
Фиг. 10.

ления каждой частью движения в них имеются приводные шестерни. Их д. б. 3: одна коронная и две сцепленные с зубчатками Д. Другая особенность заключается в том, что оба колеса Д.  $K$  и  $M$  (см. выше) здесь могут вращаться и в одном и в противоположных направлениях, чего нельзя сделать у автомобиля, т. к. у банкаброша от Д. до ка-

тушки имеется целый зубчатый перебор, с помощью к-рого направление вращения легко изменяется. Наконец, вал Д. здесь можно не разрезать, а выполнить его в виде двойного: одного сплошного, а другого трубчатого. На фиг. 9—12 показаны разрезы

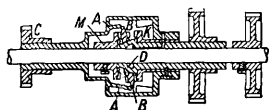


Фиг. 11.



Фиг. 12.

нек-рых ходовых конструкций: Goodsworth (9), Tweedele (10) с конич. сателлитами; Curtis & Rhodes (11) и Brooks & Doxey (12)—с цилиндрическими. Особую конструкцию представляет Howard & Bullough (13). Здесь на косо срезанной широкой цилиндрич. трубе  $A$ — $A$  скользит дисковый бурт двойной конич. зубчатки  $B$ — $B$ , сцепляющейся одновременно с колесами  $K$  и  $M$ . При повороте коронной шестерни  $C$  труба  $A$  поворачивается, вместе с тем двойная зубчатка  $B$ , поворачиваясь на шаровой поверхности  $D$ , катится по зубчаткам  $K$  и  $M$ .



Фиг. 13.

**Д.-регулятор.** Из общей теории Д. вытекает возможность еще одного важного использования его. Фиг. 4 показывает, что если колеса  $K$  и  $M$  вращаются в разные стороны с одинаковой скоростью, то рукоятка будет неподвижна. Напротив, она приходит в движение, как только скорости этих колес оказываются неодинаковыми. В этом виде механизм употребляется у морских судовых двухвинтовых машин для обеспечения равного числа оборотов обоих винтов. Как только это равенство нарушается, приходит в движение рукоятка Д., кинематически действующая на паровые насосные органы обеих машин, и регулирует, т. о., их работу. Существует много конструкций и областей применения дифференциала.

Лит.: [1] Малышев А., Анализ и синтез механизмов с точки зрения их структуры, «Известия Томского технологического ин-та», Томск, 1923, т. 44, вып. 2; Малышев А. П., Прикладная механика, ч. 1, вып. 2—Структура и синтез механизма, Новонозавеск, 1923.

Таггарт В. С., Прядение хлопка, т. 2, М., 1923; Кирпичев В. Л., Конспект лекций по прикладной механике, СПб, 1910 (литогр.); Хантаун В. А., Механика текстильных машин, пер. с англ., Иваново-Вознесенск, 1927; Burkaard P., Discussion du mouvement différentiel, «L'industrie textile», Paris, 1889; Page V., The Modern Gasoline Automobile, N. Y., 1924; В о u a s s e H., Théories des vecteurs, Cinématique, Mécanismes, P., 1921; Н i s c o x G., Mechanical Appliances, Mechanical Movements, 5 ed., L., 1925; B r o w n H. T., Bewegungsmechanismen, aus d. Engl. übers., Lpz., 1925. А. Малышев.

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ**, отдел геометрии, изучающий свойства кривых и поверхностей методами анализа бесконечно малых. Д. г. разделяется на теорию кривых, плоских и пространственных, и теорию поверхностей.

**Теория плоских кривых.** Плоская кривая м. б. задана в декартовых координатах ур-нем

$$y = f(x), \quad (1)$$

или

$$F(x, y) = 0. \tag{2}$$

Наряду с этими двумя видами, часто пользуются более симметричным представлением кривой в параметрической форме:

$$x = \varphi(t), \quad y = \psi(t). \tag{3}$$

При изменении параметра  $t$  точка  $(x, y)$  перемещается по плоскости, описывая кривую (если  $t$  обозначает время, то параметрическое у-ие характеризуют движение точки, а кривая является траекторией движения). Параметрич. форма является наиболее общей; напр., в этой форме получится уравнение (1), если мы положим:  $x = t, y = f(t)$ . В случае уравнения (2)  $y$  оказывается, вообще говоря, многозначной ф-ией от  $x$ ; при представлении кривой в форме (3) часто удается подобрать для  $\varphi$  и  $\psi$  однозначные ф-ии.

**Пример.** Ур-ие окружности в форме (2):  $x^2 + y^2 = a^2$ ; в форме (1):  $y = \pm \sqrt{a^2 - x^2}$ ; в качестве параметрич. формы можно взять:  $x = a \cos t, y = a \sin t$ . Наряду с декартовыми координатами кривая м. б. задана ур-ием в полярных координатах:  $r = F(\varphi)$ .

Длина дуги кривой определяется как предел длин вписанных ломаных, когда длины звеньев ломаной стремятся к нулю. Методами интегрального исчисления доказываются, что этот предел представляется в виде интеграла. Для ур-ий (3) имеем следующее выражение длины дуги  $s$ :

$$s = \int_{t_0}^T \sqrt{[\varphi'(t)]^2 + [\psi'(t)]^2} dt,$$

где  $t_0$  и  $T$ —значения параметра  $t$ , соответствующие началу и концу дуги; отсюда для вида (1), в частности, имеем:

$$s = \int_a^b \sqrt{1 + y'^2} dx.$$

Для дифференциала дуги получаем выражение:

$$ds = \sqrt{[\varphi'(t)]^2 + [\psi'(t)]^2} dt,$$

или, возводя его в квадрат и замечая, что  $\varphi'(t) dt = dx$  и  $\psi'(t) dt = dy$ , получаем:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2. \tag{4}$$

Последняя ф-ла справедлива, в какой бы из трех форм ни была задана кривая. Если ур-ие кривой дано в полярных координатах, то выражаем  $x$  и  $y$  через  $r$  и  $\varphi$  ( $x = r \cos \varphi$  и  $y = r \sin \varphi$ ); дифференцируя эти выражения и подставляя в ф-лу (4), получаем:

$$ds^2 = dr^2 + r^2 d\varphi^2.$$

**Пример.** Цепная линия:

$$y = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right); \quad ds = \sqrt{1 + y'^2} dx =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{1}{4} \left( e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right)^2} dx = \frac{1}{2} \left( e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) dx.$$

Длина дуги от  $x=0$  до  $x=X$ :

$$s = \frac{1}{2} \int_0^X \left( e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) dx = \frac{a}{2} \left( e^{\frac{X}{a}} - e^{-\frac{X}{a}} \right).$$

Ур-ие касательной и нормали. Касательная определяется как предельное положение секущей  $MM'$ , когда точка  $M'$

неограниченно приближается к  $M$  (фиг. 1). В дифференциальном исчислении доказывается, что для кривой, заданной в форме (1), угловой коэффициент касательной в точке  $M$  равен значению производной:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx}. \tag{5}$$

Таким образом, ур-ие касательной в данной точке  $M(x, y)$  напишется так:

$$Y - y = \frac{dy}{dx} (X - x),$$

где  $X, Y$ —текущие координаты точки на касательной. В случае параметрической формы  $\frac{dy}{dx} = \frac{\psi'(t)}{\varphi'(t)}$ .

Нормалью называется прямая, проходящая через точку прямой перпендикулярно к касательной в этой точке. Ее ур-ие:

$$X - x + \frac{dy}{dx} (Y - y) = 0.$$

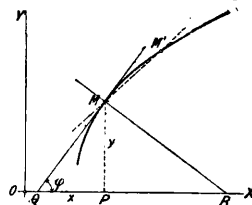
В Д. г. определяются отрезки касательной  $MQ$  и нормали  $MR$  от точки прикосновения до пересечения с осью абсцисс (фиг. 1):

$$MQ = \frac{y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{\frac{dy}{dx}}; \quad MR = y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}.$$

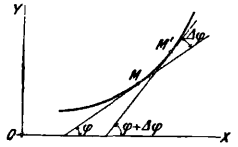
Проекция этих отрезков на ось абсцисс носят названия:  $QP$ —подкасательная,  $PR$ —поднормаль. Их выражения таковы:

$$QP = \frac{y}{\frac{dy}{dx}}, \quad PR = y \frac{dy}{dx}.$$

Предельное положение касательной, когда точка прикосновения удаляется по кривой в бесконечность, есть асимптота (см. Асимптотическое приближение). Методами



Фиг. 1.



Фиг. 2.

дифференциальной геометрии исследуются *выпуклость и вогнутость* (см.) плоской кривой и в связи с этим точки перегиба, а также особые точки кривой.

Кривизна плоской кривой. Кривизну можно рассматривать как меру уклонения кривой от касательной в каждой точке. Проводим касательную к кривой в точке  $M(x, y)$  (фиг. 2); берем близкую точку кривой  $M'$ ; касательная в ней образует с первоначальной касательной угол  $\Delta\varphi$ ; пусть длина дуги  $MM'$  есть  $\Delta s$ . Отношение  $\frac{\Delta\varphi}{\Delta s}$  назовем средней кривизной кривой на дуге  $MM'$ . Когда точка  $M'$  неограниченно приближается к  $M$ , отношение  $\frac{\Delta\varphi}{\Delta s}$  стремится к пределу  $K$ ;  $K = \frac{d\varphi}{ds}$  есть кривизна кривой в точке  $M$ . Если произведем это вычисление для круга радиуса  $r$ , получим  $K = \frac{1}{r}$ ; для прямой, очевидно, в каждой точке  $K = 0$ . Для вычисления кривизны в



общем случае замечаем, что  $\varphi = \arctg \frac{dy}{dx}$  из формулы (5),  $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$  из ф-лы (4), откуда дифференцированием находим:

$$K = \frac{dx^2y - d^2x dy}{(dx^2 + dy^2)^{3/2}}$$

Эта ф-ла принимает более простой вид, если кривая задана ур-ием (1); тогда  $d^2x=0$ , и мы имеем:

$$K = \frac{y''}{(1+y'^2)^{3/2}}$$

Замечаем, что в точке перегиба ( $y''=0$ ) имеем  $K=0$ . Обратную кривизне величину называют радиусом кривизны:

$$\frac{1}{K} = \rho = \frac{(dx^2 + dy^2)^{3/2}}{dx^2y - d^2x dy}$$

Центр кривизны кривой в точке  $M$  есть точка  $C$ , которая получится, если отложить на нормали в направлении вогнутости кривой отрезок  $MC$ , равный радиусу кривизны. Круг с центром в  $C$  и с радиусом  $MC$  называют соприкасающимся кругом; его можно определить и независимо от кривизны, — как предельное положение окружности, проходящей через точку  $M$  и две близкие к ней точки кривой, когда эти последние неограниченно приближаются к  $M$ . Координаты  $(\xi, \eta)$  центра кривизны даются ф-лами:

$$\xi = x - \frac{1+y'^2}{y''} y', \quad \eta = y + \frac{1+y'^2}{y''} \tag{6}$$

если кривая задана в виде (1), при чем  $y' = \frac{dy}{dx}$ ,  $y'' = \frac{d^2y}{dx^2}$ . В общем случае имеем:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= x - \frac{dx^2 + dy^2}{dx^2y - d^2x dy} dy \\ \eta &= y + \frac{dx^2 + dy^2}{dx^2y - d^2x dy} dx \end{aligned} \right\} \tag{6'}$$

В полярных координатах радиус кривизны имеет выражение:

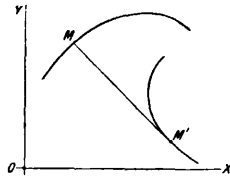
$$\rho = \frac{(r^2 + r'^2)^{3/2}}{r^2 + 2r r'' - r r'^2}; \quad (r' = \frac{dr}{d\varphi}, r'' = \frac{d^2r}{d\varphi^2})$$

**Пример.** Найти кривизну  $K$  параболы  $y^2 = 2px$ . Дифференцируя, находим:  $yy' = p$ ;  $y'^2 + y'' = 0$ , откуда  $y' = \frac{p}{y}$ ,  $y'' = -\frac{p^2}{y^3}$ . Кривизна

$$K = -\frac{p^2}{y^3(1+\frac{p^2}{y^2})^{3/2}} = -\frac{p^2}{(y^2 + p^2)^{3/2}}$$

Для радиуса кривизны в вершине ( $y=0$ ) получаем:  $\rho = -p$ . Центр кривизны лежит в точке  $(p, 0)$ .

**Эвольют**ой кривой называют геометрич. место ее центров кривизны. Рассматривая в ур-ях (6) точку кривой  $(x, y)$  как переменную ( $x$ —независимое переменное,  $y$ —его данная ф-ия), имеем выражения координат  $(\xi, \eta)$  точки эволюты в функции  $x$ , играющего роль параметра. Это и есть параметрические уравнения эволюты. Геометрическое свойство эволюты состоит в том, что: нормаль к кривой в точке  $M(x, y)$  (радиус соприкасающегося круга) есть касательная к эволюте в соответствующей точке  $M'(\xi, \eta)$  (фиг. 3).



Фиг. 3.

Первоначальная кривая по отношению к эволюте называется **эвольвентой**.

**Пример.** Эволюта параболы  $x^2 = 2py$ ; имеем:  $y' = \frac{x}{p}$ ;  $y'' = \frac{1}{p}$ . Уравнения (6) принимают следующий вид:

$$\xi = x - \frac{x}{p} \cdot \frac{1+x^2}{1+\frac{x^2}{p^2}} = \frac{x^3}{p^2}; \quad \eta = \frac{x^2}{2p} + \frac{1+\frac{x^2}{p^2}}{1+\frac{x^2}{p^2}} = p + \frac{3x^2}{2p}$$

Исключая  $x$ , находим:

$$p\xi^2 = \frac{8}{27}(\eta - p)^3$$

**Теория пространственных кривых.** Кривая в пространстве м. б. задана двумя ур-иями между  $x, y, z$  как пересечение двух поверхностей:  $F(x, y, z) = 0$ ,  $\Phi(x, y, z) = 0$ . Более симметрично представлять пространственную кривую тремя уравнениями в параметрической форме:

$$x = \varphi(t), \quad y = \psi(t), \quad z = \chi(t). \tag{7}$$

Для квадрата дифференциала дуги пространственной кривой имеем выражение:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2. \tag{8}$$

**Касательная** к пространственной кривой в точке  $(x, y, z)$  определится как предельное положение секущей через точки кривой  $(x, y, z)$  и  $(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z)$ , когда вторая точка неограниченно приближается к первой. Уравнения касательной имеют вид:

$$\frac{X-x}{x'} = \frac{Y-y}{y'} = \frac{Z-z}{z'}$$

где  $X, Y, Z$ —текущие координаты,  $x', y', z'$ —значения производных по параметру  $t$  от  $x, y, z$ , определяемых формулами (7). Обозначая косинусы углов касательной с осями координат через  $\alpha, \beta, \gamma$ , находим для них выражения:

$$\alpha = \frac{x'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}}, \quad \beta = \frac{y'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}}, \quad \gamma = \frac{z'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}}$$

Если взять за параметр длину дуги, эти формулы примут вид:

$$\alpha = \frac{dx}{ds}, \quad \beta = \frac{dy}{ds}, \quad \gamma = \frac{dz}{ds}$$

Плоскость, проходящая через точку кривой перпендикулярно к касательной, называется **нормальной плоскостью**. Ее уравнение:

$$\alpha(X-x) + \beta(Y-y) + \gamma(Z-z) = 0$$

Всякая плоскость, проходящая через касательную прямую, называется **касательной плоскостью** к кривой. Из касательных плоскостей выделяют ту, которая имеет наиболее тесное соприкосновение с кривой; соприкасающаяся плоскость к кривой в точке  $M$  есть предельное положение плоскости, проходящей через точку  $M$  и две близкие точки  $M', M''$ , когда эти последние неограниченно приближаются к  $M$ . Для плоской кривой соприкасающаяся плоскость есть та, в которой лежит кривая. Всякий перпендикуляр к касательной прямой в точке  $M$  называется **нормалью** к пространственной кривой; в частности, нормаль, лежащая в соприкасающейся плоскости, называется **главной нор-**

малую, а нормаль, перпендикулярная к этой плоскости, — бинормалью. Наконец, касательная плоскость, перпендикулярная к бинормали, называется спрямляющей плоскостью. Кривизна пространственной кривой, как и плоской, характеризует меру уклонения кривой от прямой линии и определяется как предел отношения угла между двумя бесконечно близкими касательными к длине соединяющей их дуги. Ее выражение:

$$K = \sqrt{\left(\frac{du}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dv}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dw}{ds}\right)^2}.$$

Наряду с кривизной для пространственных кривых вводится еще вторая кривизна, или кручение, характеризующая степень уклонения кривой от плоской линии. Берем на кривой точку  $M$  и близкую к ней  $M'$ ; пусть  $\Delta s$  — длина дуги  $MM'$  и  $\Delta\psi$  — угол между соприкасающимися плоскостями в обеих точках; тогда величина кручения в точке  $M$ :

$$T = \frac{1}{\tau} = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\psi}{\Delta s}.$$

Связь между производными от направляющих косинусов касательной  $(\alpha, \beta, \gamma)$ , главной нормали  $(l, m, n)$  и бинормали  $(\lambda, \mu, \nu)$  и радиусами кривизны  $\rho$  и кручения  $\tau$  устанавливается формулами Серре-Френе:

$$\frac{d\alpha}{ds} = -\frac{l}{\rho}, \quad \frac{d\beta}{ds} = -\frac{m}{\rho} - \frac{\lambda}{\tau}, \quad \frac{d\gamma}{ds} = -\frac{n}{\rho};$$

и еще 6 формулами, аналогичными этим трем, для  $\beta$  и  $\gamma$ ,  $m$  и  $n$ ,  $\mu$  и  $\nu$ .

**Теория поверхностей.** Уравнение поверхности в декартовых координатах дается в виде:

$$z = f(x, y), \quad (9)$$

$$F(x, y, z) = 0. \quad (9')$$

Возможно также выразить все три координаты точки поверхности в функции двух параметров  $u, v$ :

$$x = \varphi(u, v); \quad y = \psi(u, v); \quad z = \chi(u, v). \quad (10)$$

Из уравнений (10) получается форма (9) в частном случае, когда  $x = u$ ,  $y = v$ ,  $z = f(u, v)$ . Для вычисления дифференциала дуги любой кривой, лежащей на поверхности и проходящей через точку  $M(x, y, z)$ , в выражение  $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$  подставляем значения дифференциалов, вычисленные из формул (10), и собираем члены с  $du^2$ ,  $dudv$ ,  $dv^2$ ; получаем:

$$ds^2 = Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2, \quad (11)$$

где  $E = \left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^2$  и т. д. Выражение (11) дает квадрат дифференциала дуги любой кривой на поверхности и называется квадратом линейного элемента поверхности. В частности, для поверхности, заданной уравнением (9), линейный элемент имеет вид:

$$ds^2 = (1 + p^2)dx^2 + 2pq dx dy + (1 + q^2)dy^2,$$

где  $\frac{\partial z}{\partial x} = p$ ,  $\frac{\partial z}{\partial y} = q$ . Все касательные к кривым, лежащим на поверхности и проходящим через точку  $M$  поверхности, лежат в одной плоскости; эта плоскость называется касательной плоскостью к поверхности в точке  $M$ . Уравнение касательной плоскости в случае поверхности, заданной уравнением (9), имеет вид:

$$Z - z = p(X - x) + q(Y - y),$$

где  $X, Y$  и  $Z$  — текущие координаты точки плоскости. Перпендикуляр к касательной плоскости в точке касания называется нормалью к поверхности. Всякая плоскость, проходящая через нормаль, называется нормальной плоскостью; пересечение нормальной плоскости с поверхностью дает кривую, называемую нормальной сечением поверхности. Исследуя кривизну различных линий на поверхности, проходящих через точку  $M$ , мы убеждаемся, что она зависит только от кривизны нормального сечения, имеющего общую касательную с данной кривой, и от угла  $\theta$  между плоскостью нормального сечения и соприкасающейся плоскостью кривой в точке  $M$ ; обозначая радиус кривизны кривой через  $\rho$ , а радиус кривизны соответствующего нормального сечения через  $R$ , имеем формулу:  $\rho = R \cos \theta$ . Это соотношение и составляет содержание теоремы Менье. При исследовании кривизны нормальных сечений, проходящих через данную точку  $M$ , обнаруживается, что эта кривизна получает экстремальные значения (наибольшее и наименьшее) для двух сечений, лежащих во взаимно перпендикулярных плоскостях, — главных сечений. Радиусы кривизны  $R_1$  и  $R_2$  главных сечений называются главными радиусами кривизны поверхности в точке  $M$ . Выражение  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  называется

средней кривизной, а  $\frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{R_2}$  — гауссовой кривизной поверхности. Если  $R_1$  и  $R_2$  одного знака, то гауссова кривизна положительна в данной точке; радиусы кривизны главных сечений (а поэтому и всех нормальных сечений) направлены по нормали к поверхности в одну сторону; вся поверхность имеет выпуклость, направленную в одну сторону (поверхность лежит по одну сторону касательной плоскости). Если  $R_1$  и  $R_2$  разных знаков, то гауссова кривизна отрицательна; поверхность вблизи данной точки имеет седлообразную форму, т. е. лежит по обе стороны касательной плоскости и пересекается ею. Если хоть один из главных радиусов кривизны равен 0, то гауссова кривизна равна 0. Точки поверхности, в которых гауссова кривизна положительна, отрицательна или равна нулю, называются соответственно эллиптическими, гиперболическими и параболическими. Примерами поверхностей положительной кривизны в каждой точке является эллипсоид; отрицательной — однополый гиперболоид, нулевой — плоскость. Шар радиуса  $R$  является поверхностью постоянной положительной кривизны; его гауссова кривизна равна  $\frac{1}{R^2}$ . Поверхности постоянной нулевой кривизны называются развертываемыми поверхностями, т. к. могут быть разогнуты на плоскость; таковы все цилиндры и конусы. Поверхности постоянной кривизны замечательны тем, что на них реально осуществляются свойства неевклидовой плоскости (см. *Геометрия*), если прямыми называть геодезические линии. Геодезическая линия на поверхности обладает тем свойством, что

она является кратчайшей из всех линий на поверхности, к-рые соединяют две достаточно близкие точки; например: на поверхности шара геодезическими линиями являются дуги больших кругов. Обыкновенно геодезич. линии на поверхности определяют ее геометр. свойством: это—такая линия, главная нормаль к-рой в каждой точке совпадает с нормалью к поверхности. Линии кривизны поверхности можно определить как такие линии, касательные к к-рым в каждой точке совпадают с касательной одного из главных сечений. Через каждую точку поверхности проходят две линии кривизны.

Лит.: Егоров Д. Ф., Дифференциальная геометрия, М.—П., 1923; Гурса Э., Курс математического анализа, т. 1, М., 1911; Кошиерелл В. и К., Allgemeine Theorie d. Raumkurven u. Flächen, В. 1, 2, В.—Лpz., 1921.

В. Степанов.

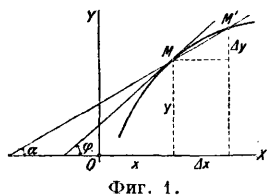
**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ**, отдел исчисления бесконечно малых, изучающий свойства производных и дифференциалов от функций.

**Производные функций.** Пусть задана однозначная и непрерывная ф-ия  $y=f(x)$ , и независимое переменное  $x$  получило определенное численное значение. Затем даем  $x$  (положительное или отрицательное) приращение  $\Delta x$ ; новое значение независимого переменного будет  $x+\Delta x$ , соответственное значение ф-ии будет  $f(x+\Delta x)$ . Вычисляем приращение ф-ии  $\Delta y=f(x+\Delta x)-f(x)$ . Из свойства непрерывности  $f(x)$  следует, что при безграничном уменьшении абсолютной величины  $\Delta x$  становится бесконечно малым также и  $\Delta y$ ; но отношение  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  может иметь определенный предел (и действительно имеет его для элементарных ф-ий). Этот предел называется **производной по  $x$  от  $y$** , или от  $f(x)$ , и обозначается  $f'(x)$ , или  $y'$ , или  $\frac{dy}{dx}$  (последнее произносится:  $dy$  по  $dx$ ), или  $\frac{df(x)}{dx}$ :

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}.$$

Давая  $x$  разные значения, получим, вообще говоря, разные значения для производной; производная есть также ф-ия от  $x$ .

**Геометрический смысл производной.** Уравнение  $y=f(x)$  изображает кривую на плоскости; при данном  $x$  получаем точку  $M$  кривой; значению  $x+\Delta x$  независимого переменного соответствует точка  $M'$  (фиг. 1). Из рассмотрения треугольника  $MM'P$  заключаем, что  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  есть  $\operatorname{tg}$  угла  $\alpha$  секущей  $MM'$  с осью  $OX$ . При стремлении  $\Delta x$  к 0



Фиг. 1.

точка  $M'$  неограниченно приближается к  $M$ , секущая стремится к предельному положению—касательной  $\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \varphi$ , где  $\varphi$ —угол касательной с осью  $OX$ . Если производная положительна ( $\frac{dy}{dx} > 0$ ), угол  $\varphi$ —острый, ордината кривой увеличивается при увеличении  $x$ , ф-ия **возрастает**; если  $\frac{dy}{dx} < 0$ , угол  $\varphi$ —тупой, ф-ия **убывает** (при возрастании  $x$ ).

Простейшие свойства производной. 1) Производная от постоянной равна нулю:  $\frac{dc}{dx} = 0$  ( $c$ —постоянное). 2) Производная от независимого переменного равна единице:  $\frac{dx}{dx} = 1$ . 3) Пусть  $u$  и  $v$ —ф-ии от  $x$ ; тогда  $(u+v)' = u' + v'$ ; производная суммы равна сумме производных. 4) Производная произведения:  $(u \cdot v)' = u'v + uv'$ ; если один из множителей постоянный, получается более простая ф-ла:  $(cu)' = cu'$ , т. е. постоянный множитель можно вынести за знак производной. 5) Производная частного:  $\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - v'u}{v^2}$ . 6) Производная обратной ф-ии.

Пусть  $y=f(x)$ ;  $x$ —независимое переменное,  $y$ —ф-ия; если это уравнение разрешить относительно  $x$ , получим:  $x=\varphi(y)$ ;  $y$ —независимое переменное,  $x$ —функция. Функции  $f(x)$  и  $\varphi(y)$  называются **обратными** и одна относительно другой; между их производными существует соотношение:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{1}{\frac{dy}{dx}}, \text{ или } \varphi'(y) = \frac{1}{f'(x)}.$$

7) Производная сложной функции. Пусть  $y=f(u)$ ,  $u=\varphi(x)$ ,  $x$ —независимое переменное; тогда  $y=f[\varphi(x)]$  есть сложная функция от  $x$ . Для производной от  $y$  по  $x$  имеем выражение:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx} = f'(u) \cdot \varphi'(x).$$

**Производные от элементарных функций:**  $\frac{d x^a}{dx} = a x^{a-1}$  ( $a$ —любое постоянное число, целое или дробное, положительное или отрицательное);  $\frac{d}{dx} \lg_a x = \frac{\log_a e}{x}$ ; в частности,  $\frac{d}{dx} \ln x = \frac{1}{x}$ ;  $\frac{d}{dx} a^x = a^x \ln a$ ;  $\frac{d}{dx} e^x = e^x$  ( $e$ —основание натуральных логарифмов, равное 2,71828...;  $a$ —любое положительное число);  $\frac{d}{dx} \sin x = \cos x$ ;  $\frac{d}{dx} \cos x = -\sin x$ ;  $\frac{d}{dx} \operatorname{tg} x =$

$\frac{1}{\cos^2 x}$ ;  $\frac{d}{dx} \operatorname{ctg} x = -\frac{1}{\sin^2 x}$ ;  $\frac{d}{dx} \arcsin x = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ;  $\frac{d}{dx} \arccos x = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ ;  $\frac{d}{dx} \operatorname{arctg} x = \frac{1}{1+x^2}$ ;  $\frac{d}{dx} \operatorname{arcctg} x = -\frac{1}{1+x^2}$ . На основании правил двух последних отделов можем находить производные, т. е. дифференцировать любую ф-ию, выраженную при помощи алгебраических действий и символов элементарных функций.

**Примеры.** 1)  $y = \sqrt{1-x^2}$ . Здесь имеем сложную функцию:  $y = u^{\frac{1}{2}}$ ;  $u = 1-x^2$ . По правилу дифференцирования сложной функции  $\frac{dy}{dx} = (u^{\frac{1}{2}})' \cdot (1-x^2)' = \frac{1}{2} u^{-\frac{1}{2}} \cdot (-2x) = \frac{-x}{\sqrt{1-x^2}}$ .

2)  $y = \sin^2 x$ ; здесь  $y = u^2$ ,  $u = \sin x$ ;  $\frac{dy}{dx} = 2u \cdot \cos x = 2 \sin x \cos x = \sin 2x$ .

**Производные высших порядков.** Мы видели, что производная  $f'(x)$  от данной функции  $y=f(x)$  есть также ф-ия от  $x$ . Можно найти производную от  $f'(x)$ ; она называется **второй производной от  $f(x)$** ; ее обозначения:  $f''(x)$ , или  $\frac{d^2 y}{dx^2}$  (читается:  $d$  два от  $y$  по  $dx$  в квадрате). Дифференцируя

$f''(x)$ , получим третью производную  $f'''(x)$ , или  $\frac{d^2y}{dx^2}$ , и т. д., наконец,  $n$ -ю производную  $f^{(n)}(x) = \frac{d^ny}{dx^n}$ . Следует отметить частные случаи:

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dx^2} x^n &= n(n-1)x^{n-2}, \dots, \\ \frac{d^n}{dx^n} x^n &= n(n-1) \dots 2 \cdot 1 = n!, \\ \frac{d^ne^x}{dx^n} &= e^x \text{ (для всякого } n\text{)}. \end{aligned}$$

Для  $n$ -й производной произведения двух  $\phi$ -ий существует  $\phi$ -ла Лейбница:

$$(uv)^{(n)} = u^{(n)}v + \binom{n}{1}u^{(n-1)}v' + \dots + uv^{(n)},$$

где  $\binom{n}{k}$  есть биномиальный коэффициент:

$$\binom{n}{k} = C_n^k = \frac{n(n-1) \dots (n-k+1)}{1 \cdot 2 \dots k}.$$

**Дифференциалы функций.** Производная определяется как предел; из определения предела следует, что переменная отличается от предела на величину бесконечно малую, следовательно,  $\frac{\Delta y}{\Delta x} = f'(x) + \alpha$ , где  $\alpha$  — бесконечно мало при бесконечно малом  $\Delta x$ ; освобождаясь от знаменателя, находим:

$$\Delta y = f'(x)\Delta x + \alpha\Delta x;$$

последнее слагаемое есть бесконечно малая высшего порядка сравнительно с  $\Delta x$ ; отбрасывая его, получим выражение, отличающееся от  $\Delta y$  на бесконечно малую высшего порядка; это выражение назовем дифференциалом от  $y$  и обозначим  $dy$ . Итак,  $dy = f'(x) \cdot \Delta x$ . Полагая, в частности,  $f(x) = x$ , найдем:  $dx = 1 \cdot \Delta x = \Delta x$ . После этого можем написать:  $dy = f'(x)dx$ .

**Примеры:**  $d \sin x = \cos x dx$ ;  $d(x^n) = nx^{n-1} dx$ .

Таким образом, обозначение  $\frac{dy}{dx}$  для  $f'(x)$  можно рассматривать как частное дифференциалов от  $y$  и  $x$ . Так как  $dx = \Delta x$ , то можно считать  $dx$  постоянным или переменным (в частности, бесконечно малым), но во всяком случае независимым от  $x$ ; итак,  $dy$  есть функция от двух независимых между собой переменных  $x$  и  $dx$ . Во всех приложениях мы можем заменять приращение функции  $\Delta y$  ее дифференциалом  $dy$ , так как на результат последующего перехода к пределу (производная или интеграл) не повлияет отброшенное бесконечно малое высшего порядка. Если  $x$  есть независимое переменное, то легко найти дифференциал от  $dy$ , или второй дифференциал от  $y$ ; при этом мы должны рассматривать  $dx$  как постоянное; получаем:

$$d(dy) = d^2y = [f''(x)dx]dx = f''(x)dx^2.$$

Аналогично,  $d^2y = f'''(x)dx^3$  и т. д.;  $d^2y$  читается:  $d$  два от  $y$  и обозначает 2-й дифференциал;  $dx^2$  есть квадрат дифференциала  $dx$  [следовало бы его писать  $(dx)^2$ ]. В случае независимого  $x$  имеем  $d^2x = d(dx) = 0$ , как дифференциал от постоянного.

**Замена переменных при дифференцировании.** Пусть дана  $\phi$ -ия  $y = f(x)$ ;  $x$  — независимое переменное. Тогда можно вычислить  $\frac{dy}{dx}$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}$  и т. д. Затем вводим новое независимое пере-

менное  $t$ , например,  $x = \varphi(t)$ ;  $y$  становится  $\phi$ -ией от  $t$  и имеет производные  $\frac{dy}{dt}$ ,  $\frac{d^2y}{dt^2}$ , ... Требуется выразить производные от  $y$  по  $x$  через производные от  $y$  по  $t$ ; имеем:  $\frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}$ , откуда

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}}.$$

Применяя эту формулу уже не к  $y$ , а к  $\frac{dy}{dx}$ , получим выражение 2-й производной:

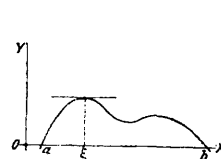
$$\begin{aligned} \frac{d^2y}{dx^2} &= \frac{d}{dx} \left( \frac{dy}{dx} \right) = \frac{d}{dx} \left( \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}} \right) = \frac{1}{\frac{dx}{dt}} \frac{d}{dt} \left( \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}} \right) = \\ &= \frac{\frac{dx}{dt} \frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt} \frac{d^2x}{dt^2}}{\left( \frac{dx}{dt} \right)^3}. \end{aligned}$$

Тем же путем получим выражения для дальнейших производных. Пусть, в частности, новое независимое переменное есть  $y$ ; тогда, как мы уже видели,  $\frac{dy}{dx} = \frac{1}{\frac{dx}{dy}}$ ; вычислим выражение 2-й производной:

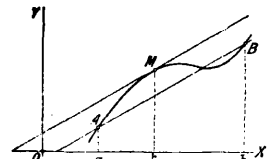
$$\frac{d^2x}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left( \frac{dy}{dx} \right) = \frac{d}{dx} \left( \frac{1}{\frac{dx}{dy}} \right) = \frac{1}{\frac{dx}{dy}} \frac{d}{dy} \left( \frac{1}{\frac{dx}{dy}} \right) = - \frac{\frac{d^2x}{dy^2}}{\left( \frac{dx}{dy} \right)^3}.$$

**Пример.** Пусть замена переменного есть  $x = e^t$ ; тогда  $\frac{dx}{dt} = e^t$ ;  $\frac{dy}{dx} = e^{-t} \frac{dy}{dt}$ ;  $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left( e^{-t} \frac{dy}{dt} \right) = e^{-t} \frac{d}{dt} \left( e^{-t} \frac{dy}{dt} \right) = e^{-t} \frac{d}{dt} \left( e^{-t} \frac{dy}{dt} \right) = e^{-2t} \frac{d^2y}{dt^2} - e^{-t} \frac{dy}{dt} = e^{-2t} \left( \frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt} \right)$ .

**Теоремы Ролля, Лагранжа и Коши.** Теорема Ролля утверждает: если  $f(x)$  всюду в интервале  $(a, b)$  имеет производную и если



Фиг. 2.



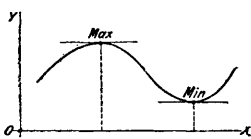
Фиг. 3.

$f(a) = 0, f(b) = 0$ , то найдется точка  $\xi$  этого интервала, в которой значение производной равно нулю:  $f'(\xi) = 0$ . Геометрич. смысл этой теоремы: если кривая  $y = f(x)$  пересекает ось абсцисс в точках  $a$  и  $b$ , то в некоторой промежуточной точке касательная параллельна оси абсцисс (фиг. 2). Теорема Лагранжа, или теорема о конечном приращении, утверждает: если  $f(x)$  имеет производную всюду в интервале  $(a, b)$ , то найдется внутри его такая точка  $\xi$ , что  $\frac{f(b) - f(a)}{b - a} = f'(\xi)$ . Геометрически это означает, что на дуге кривой  $y = f(x)$  между точками  $A$  и  $B$  найдется точка  $M$ , касательная к которой параллельна секущей  $AB$  (фиг. 3). Очевидно, теорема Ролля есть частный случай данной. Теорема Коши: если две функции  $f(x)$  и  $\varphi(x)$  дифференцируемы в интервале  $(a, b)$  и их производные не обращаются одновременно в нуль, то найдется точка  $\xi$  интервала  $(a, b)$ , для которой имеет место след. равенство:

$$\frac{f(b) - f(a)}{\varphi(b) - \varphi(a)} = \frac{f'(\xi)}{\varphi'(\xi)}$$

Теорема Лагранжа является частным случаем этой, когда  $\varphi(x) = x$ .

**Максимум и минимум функций.** Ф-ия  $f(x)$  имеет в точке  $x_0$  максимум (относительный), если ее значения для всех достаточно близких точек меньше, чем значение  $f(x_0)$ ; если же все значения ф-ии в близких точках больше ее значения в точке  $x_0$ , то она имеет минимум (относительный) при  $x = x_0$ . Необходимо условие максимума или минимума в точке  $x_0$  есть обращение производной



Фиг. 4.

в этой точке в нуль (фиг. 4). Для того чтобы отличить максимум от минимума, исследуют знак 2-й производной; если  $f'(x_0) = 0$  и  $f''(x) < 0$ , имеем максимум; если  $f'(x_0) = 0$  и  $f''(x) > 0$ , — минимум. В случае  $f''(x_0) = 0$  надо исследовать производные высших порядков.

**Пример.** Найти максимум и минимум ф-ии  $f(x) = 2x^3 - 9x^2 + 12x - 3$ .

Находим  $f'(x)$  и приравняем ее нулю:  $6x^2 - 18x + 12 = 0$ . Отсюда находим значения  $x = 1, x = 2$ , в к-рых ф-ия может иметь максимум или минимум. Для дальнейшего исследования находим  $f''(x) = 12x - 18$ . При  $x = 1$  имеем:  $f''(1) = -6 (< 0)$  — максимум; при  $x = 2$  имеем  $f''(2) = +6 (> 0)$  — минимум. Соответствующие значения функции:  $f(1) = 2; f(2) = 1$ .

**Неопределенные выражения.** Имеем частное двух ф-ий  $\frac{f(x)}{\varphi(x)}$ ; пусть при  $x = x_0$  и числитель и знаменатель обращаются в нуль:  $f(x_0) = \varphi(x_0) = 0$ ; тогда значение ф-ии получает форму  $\frac{0}{0}$  и арифметически неопределенно. Дадим функции  $\frac{f(x)}{\varphi(x)}$  в точке  $x_0$  значение

$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{\varphi(x)}$  и нахождение этого предела назовем раскрытием неопределенности. При помощи теоремы Коши доказывается, что в рассматриваемом случае

$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{\varphi(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x)}{\varphi'(x)}$ , если последний предел существует; если хоть одно из чисел  $f'(x_0), \varphi'(x_0)$  не равно нулю, мы арифметически получим значение предела [конечное или бесконечное, если  $\varphi'(x_0) = 0$ ]. Если  $\frac{f'(x)}{\varphi'(x)}$  при  $x = x_0$  опять имеет форму  $\frac{0}{0}$ , применяем тот же процесс еще раз:  $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{\varphi(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f''(x)}{\varphi''(x)}$  и т. д.

**Пример.**  $\frac{1 - \cos x}{x^2}$  при  $x = 0$  имеет вид  $\frac{0}{0}$ . По указанному правилу,

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{2x}$$

опять форма  $\frac{0}{0}$ ; применяем правило еще раз:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos x}{2} = \frac{1}{2}$$

Если  $f(x_0) = \infty, \varphi(x_0) = \infty$ , получаем неопределенное выражение вида  $\frac{\infty}{\infty}$ ; правило раскрытия неопределенности остается то же:

$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{\varphi(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x)}{\varphi'(x)}$ ; в обоих случаях  $x$  мо-

жет стремиться не к конечному значению  $x_0$ , а к  $\infty$ . Далее, если  $f(x_0) = 0$ , а  $\varphi(x_0) = \infty$ , то значение ф-ии  $f(x) \cdot \varphi(x)$  принимает неопределенную форму  $0 \cdot \infty$ ; представляя функцию в виде, напр.,  $\frac{f(x)}{\frac{1}{\varphi(x)}}$ , сводим к первому случаю.

**Пример.**  $\lim_{x \rightarrow \infty} x^n e^{-x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^n}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{n x^{n-1}}{e^x} = \dots = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{n!}{e^x} = 0$ . Предварительным логарифмированием приводятся к рассмотренным случаям неопределенности:  $0^0, 1^\infty, \infty^0$ .

**Ряды Тейлора и Маклорена.** Если  $f(x)$  непрерывна вместе со своими производными (до  $n$ -го порядка включительно) в интервале  $(a, b)$ , то для всякой точки  $x$  этого интервала существует равенство:

$$f(x) = f(a) + \frac{x-a}{1} f'(a) + \frac{(x-a)^2}{2!} f''(a) + \dots + \frac{(x-a)^{n-1}}{(n-1)!} f^{(n-1)}(a) + R_n$$

Это — ряд Тейлора с остаточным членом  $R_n$ ; для остаточного члена имеем, напр., выражение:  $R_n = \frac{(x-a)^n}{n!} f^{(n)}(\xi)$ , где  $\xi$  — некоторое среднее значение между  $a$  и  $x$ , а именно  $\xi = a + \theta(x-a)$ , где  $0 < \theta < 1$ . При  $n=1$ , как частный случай, получаем теорему Лагранжа. Если для некоторых значений  $x$  остаточный член  $R_n \rightarrow 0$ , можем для этих значений представить  $f(x)$  в виде бесконечного (сходящегося) ряда Тейлора (см. Ряды):

$$f(x) = f(a) + \frac{x-a}{1} f'(a) + \frac{(x-a)^2}{2!} f''(a) + \dots + \frac{(x-a)^n}{n!} f^{(n)}(a) + \dots$$

В этом случае функция  $f(x)$  называется аналитической. В частности, при  $a=0$ , получаем ряд Маклорена:

$$f(x) = f(0) + \frac{x}{1} f'(0) + \dots + \frac{x^n}{n!} f^{(n)}(0) + \dots$$

Приводим разложение некоторых функций в ряд Маклорена:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1} + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots;$$

$$\sin x = \frac{x}{1} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots;$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots$$

Эти ряды сходятся при всех значениях  $x$ .

$$\ln(1+x) = \frac{x}{1} - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \dots;$$

$$(1+x)^m = 1 + \frac{m}{1} x + \frac{m(m-1)}{1 \cdot 2} x^2 + \dots + \frac{m(m-1)(m-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} x^3 + \dots$$

(Последняя ф-ла — обобщенная ф-ла бинома, где  $m$  — любое действительное число). Эти два ряда сходятся при  $|x| < 1$ .

**Частные производные, полный дифференциал.** Пусть дана ф-ия  $w = f(x, y, z)$  трех независимых переменных  $x, y, z$ . Частной производной от  $w$  по  $x$  называется производная, к-рая получается, если остальные аргументы рассматривать как постоянные. Ее обозначения:  $\frac{\partial w}{\partial x}$ , или  $\frac{\partial f}{\partial x}$ , или  $w'_x$ , или  $f'_x$ .

$$f'_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x, y, z) - f(x, y, z)}{\Delta x}$$

Аналогично определим  $\frac{\partial f}{\partial y}$  и  $\frac{\partial f}{\partial z}$ . Рассуждение применимо к любому числу независимых переменных, большему 1.

Пример:

$$u = x^{\sin y}; \frac{\partial u}{\partial x} = \sin y \cdot x^{\sin y - 1};$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = x^{\sin y} \cdot \ln x \cdot \cos y.$$

Беря частные производные от частных производных, получим частные производные 2-го порядка:  $f''_{xx}, f''_{xy}$  и т. д. Имеет место теорема: результат дифференцирования по одним и тем же аргументам не зависит от порядка последовательных дифференцирования. В частности, например,  $f''_{xy}(x, y, \dots) = f''_{yx}(x, y, \dots)$ . Вторые производные можно записывать также в следующей форме:

$$f''_{xx} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}; f''_{xy} = f''_{yx} = \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y}, \dots$$

Так же определяются третьи производные:

$$\frac{\partial^3 f}{\partial x^3}, \frac{\partial^3 f}{\partial x^2 \partial y}, \frac{\partial^3 f}{\partial x \partial y^2}, \dots$$

Полная производная. Пусть  $w = f(x, y, z)$ , где  $x, y, z$ —ф-ии независимого переменного  $t$ ;  $w$  есть сложная функция от  $t$ . Производная от  $w$  по  $t$  называется полной производной; ее выражение:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\partial w}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial w}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial w}{\partial z} \frac{dz}{dt}.$$

Производная неявной функции. Ур-ие  $F(x, y) = 0$  определяет  $y$  как неявную функцию от  $x$ ; для нахождения  $\frac{dy}{dx}$  берем полную производную по  $x$  от обеих частей уравнения:

$$F'_x + F'_y \cdot \frac{dy}{dx} = 0,$$

откуда

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{F'_x}{F'_y}.$$

Полный дифференциал  $dw$  функции  $w = f(x, y, z)$  определяется так:

$$dw = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial z} dz;$$

здесь дифференциалы независимых переменных опять можно считать равными их приращениям; доказывается, что  $dw$  отличается от полного приращения  $\Delta w = f(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) - f(x, y, z)$  на бесконечно малую высшего порядка.

Ряд Тейлора для ф-ии двух переменных имеет вид:

$$f(x, y) = f(a, b) + \frac{x-a}{1} f'_x(a, b) + \frac{y-b}{1} f'_y(a, b) + \frac{1}{2!} [(x-a)^2 f''_{xx}(a, b) + 2(x-a)(y-b) f''_{xy}(a, b) + (y-b)^2 f''_{yy}(a, b)] + \dots$$

**Максимум и минимум функции от двух независимых переменных.** Чтобы найти максимум и минимум  $f(x, y)$ , поступаем след. обр.: приравниваем нулю частные производные 1-го порядка; получаем 2 ур-ия:  $f'_x(x, y) = 0, f'_y(x, y) = 0$ ; совместные решения этих ур-ий дают точки, в к-рых ф-ия может принимать наибольшее или наименьшее значение. Для дальнейшего исследования вычисляем значения вторых производных в точке  $(a, b)$ :

$$f''_{xx}(a, b) = A; f''_{xy}(a, b) = B;$$

$$f''_{yy}(a, b) = C;$$

составляем выражение  $B^2 - AC$ ; тогда име-

ем правило: если  $B^2 - AC > 0$ , в точке  $(a, b)$  нет ни максимума ни минимума; если же  $B^2 - AC < 0$ , то имеем максимум при  $A < 0$  (и  $C < 0$ ) и минимум при  $A > 0$  (и  $C > 0$ ). Если же  $B^2 - AC = 0$ , метод не дает ответа.

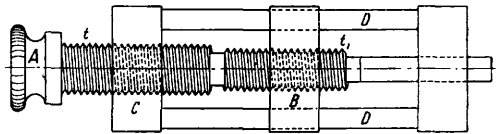
Пример.  $f(x, y) = 3xy - x^3 - y^3$ . Приравниваем нулю первые производные:  $3y - 3x^2 = 0, 3x - 3y^2 = 0$ . Совместные решения  $x = 0, y = 0; x = 1, y = 1$ . Вторые производные  $f''_{xx} = -6x, f''_{xy} = 3, f''_{yy} = -6y$ . Для точки  $(0, 0)$   $B^2 - AC = 9 (> 0)$  нет ни максимума ни минимума; для точки  $(1, 1)$   $B^2 - AC = -27 (< 0); A = -6 (< 0)$ , —имеем максимум.

Лит.: Грэнвилль В., Элементы дифференциального и интегрального исчисления, ч. 1—Дифференциальное исчисление, М.—Л., 1928; Филлис Г., Дифференциальное исчисление, пер. с англ., М.—Л., 1926; Гурса Э., Курс математик. анализа, т. 1, Москва, 1911.

### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ,

механизмы, в к-рых результирующее движение пропорционально разности (или сумме) составляющих движений. Наиболее часто применяются на практике дифференциальные механизмы: дифференциальная зубчатая передача (см. Дифференциал) и дифференциальный блок Вестона (см. Блоки).

Дифференциальный винт, изобретенный Прони, широко применяется в

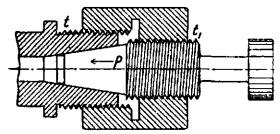


Фиг. 1.

микрометрах, делительных машинах и физич. приборах (фиг. 1). Одним концом с шагом нарезки  $t$  винт  $A$  ходит в станине  $C$ , другим—с шагом  $t_1$ —в гайке  $B$ , двигающейся по направляющим  $D, D$ . Перемещения гайки относительно станины определяются из формулы:

$$s = \frac{\varphi}{2\pi} (t - t_1),$$

где  $\varphi$ —угол поворота винта относительно станины. Делая разность  $(t - t_1)$  очень малой, можно получить весьма незначительное перемещение ползуна при значительных углах поворота винта  $A$ . При постоянном направлении вращения винта  $A$  направление движения ползуна



Фиг. 2.

зависит от знака разности  $(t - t_1)$ . Если одну нарезку сделать правой, а другую левой, то перемещение ползуна будет равно:

$$s = \frac{\varphi}{2\pi} (t + t_1).$$

При  $t = t_1$  скорость ползуна вдвое больше скорости поступательного движения винта.

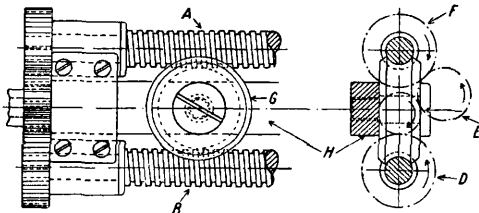
На том же принципе основана дифференциальная гайка, применяемая, между прочим, для закрепления фрезеров в шпинделе фрезерного станка (фиг. 2). Обе нарезки делаются одного направления, и шаг  $t > t_1$ ; отбрасывая влияние трения, получаем, что, при завинчивании гайки моментом  $M$ , сила, вжимающая конусный хвост фрезера в

отверстие шпинделя  $P = \frac{2\pi M}{t-t_1}$ , может быть сделана весьма значительной путем уменьшения разницы ходов нарезов гайки.

Другой пример дифференциальной гайки изображен на фиг. 3; гайка *B*, к-рая снабжена наружной и внутренней резьбам с различным шагом, навинчивается на винт *A* и одновременно ввинчивается во втулку *C*; перемещение втулки *C* относительно конуса *D* за один оборот гайки равно разности ходов внутренней и внешней нарезов. Гайка показана в применении ко втулке воздушного винта авиац. двигателя АНЮ Ленинградской лаборатории двигателей; она позволяет не только натягивать втулку на конус при надевании винта, но также и стягивать ее при снятии последнего. Интересный пример Д. м. изображен на фиг. 4. Этот механизм служит для преобразования быстрого вращательного движения в медленное поступательное. Винты *A* и *B* приводятся во вращение от шестерни *E* в различном направлении и со слегка отличающимися угловыми скоростями  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ; червячное колесо *G* зацепляется одновременно с обоими винтами и вследствие разницы их угловых скоростей катится медленно по винту с более медленным вращением. Обозначая скорость вращения зубчатки *E* через *n* (об/мин.), числа зубцов шестерен *E*, *F* и *D*—через  $z_1$ ,  $z_2$  и  $z_3$ , шаг винтов—через *h* (мм), получим скорость движения ползуна *H*:

$$v = \frac{nh}{2} \left( \frac{z_1}{z_2} - \frac{z_1}{z_3} \right) \text{ мм./мин.}$$

Насколько медленное движение можно получить посредством этого Д. м., видно из



Фиг. 4.

следующего примера: пусть  $n=100$  об/мин.,  $z_1=20$ ,  $z_2=100$ ,  $z_3=101$  и  $h=3$  мм, тогда  $v=0,297$  мм./мин.

Дифференциальный ворот. Канат в этих воротах (фиг. 5) накручен в противоположных направлениях на барабан, имеющий два различных диаметра *D* и *d*. При вращении один конец каната сматывается, а другой наматывается на барабан. За один оборот блок перемещается вертикально на величину

$$h = \frac{\pi}{2} (D - d).$$

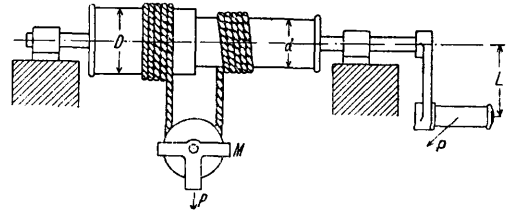
Называя скорость точки *M* через *v*, а угловую скорость вала через  $\omega$ , найдем:

$$v = \omega \frac{D-d}{4}.$$

Пренебрегая трением, получаем подъемную силу ворота

$$P = \frac{4pL}{D-d}.$$

При вращении вала блок *M* движется не только вертикально, но также и в горизонтальном направлении в ту или другую сторону. Хотя за один оборот вала длина наматываемой и сматываемой веревки на диаметрах *D* и *d* различна, все же в горизонтальном направлении блок переместится только на расстояние одного витка, равное



Фиг. 5.

диаметру веревки, и благодаря этому ветви веревки, проходящей через блок, все время будут параллельными между собой.

Лит.: Зернов Д. С., Прикладная механика, Л., 1925; Столяров Я., Теория механизмов, Харьков, 1926; Делоне Н., Лекции по практической механике. СПб., 1901. И. Бобарынов.

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ**, соотношения, связывающие независимые переменные, искомые функции и их производные различных порядков.

Общий вид Д. у. *n*-го порядка:

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0. \quad (1)$$

Порядок высшей производной, входящей в ур-е, называется порядком Д. у. Решить (интегрировать) Д. у. значит найти функцию  $y=f(x)$ , обладающую следующим свойством: если в ур-е (1) подставить  $f(x)$  вместо *y*,  $f'(x)$  вместо  $y'$ , ...,  $f^{(n)}(x)$  вместо  $y^{(n)}$ , то уравнение (1) обратится в тождество. Такая *f*-я называется решением (интегралом) Д. у. Кривая, определяемая ур-ем  $y=f(x)$ , называется интегральной кривой. Общее решение Д. у. есть решение, содержащее произвольные постоянные в числе, равном порядку ур-ия; т. о., для Д. у. *n*-го порядка общее решение имеет вид:  $y=f(x, C_1, C_2, \dots, C_n)$ , где  $C_1, C_2, \dots, C_n$ —произвольные постоянные. Геометрически мы имеем семейство кривых, зависящее от *n* параметров. Всякое решение, которое получается из общего, если произвольным постоянным даны определенные численные значения, называется частным. Частное решение вполне определяется (т. е. численные значения произвольных постоянных можно вычислить), если заданы начальные условия. Эти условия для обыкновенного Д. у. таковы: ищется такое решение *y*, которое при данном численном значении независимого переменного  $x = x_0$  принимает значение  $y_0$ , и его производные до (*n*-1)-го порядка,  $y', y'', \dots, y^{(n-1)}$ , принимают соответствен. значения  $y'_0, y''_0, \dots, y_0^{(n-1)}$ .

Пример. Д. у. движения тяжелого тела по вертикали:  $\frac{d^2x}{dt^2} = -g$ , где *t* (независимое переменное)—время, *x* (искомая *f*-я от *t*)—

высота тела в момент времени  $t$ ,  $g$ —постоянное ускорение силы тяжести. Общее решение:

$$x = -\frac{gt^2}{2} + C_1 t + C_2.$$

Для определения  $C_1$  и  $C_2$  надо задать для начального момента  $t=0$  высоту тела  $x_0$  и начальное значение производной  $\frac{dx}{dt}$ , т.е. начальную скорость  $v_0$ . Для данных  $x_0$  и  $v_0$  получим:  $x = -\frac{gt^2}{2} + v_0 t + x_0$ . Решение Д. у., не получаемого из общего ни при каких значениях произвольных постоянных, называется особым.

**Методы интегрирования Д. у. 1-го порядка вида:**

$$F(x, y, y') = 0, \quad (1)$$

или

$$y' = f(x, y). \quad (2)$$

Общее решение должно содержать одну произвольную постоянную.

Разделение переменных. Предположим, что  $f(x, y)$  в ур-ии (2) есть произведение  $\Phi$ -ии только от  $x$  на  $\Psi$ -ию от одного  $y$ , т.е.  $f(x, y) = M(x) \cdot N(y)$ . Пишем ур-ие при помощи дифференциалов  $dy = M(x) \cdot N(y) \cdot dx$ ; разделяем переменные:

$$\frac{dy}{N(y)} = M(x) dx.$$

Беря неопределенные интегралы от обеих частей, находим:

$$\int \frac{dy}{N(y)} = \int M(x) dx + C. \quad (3)$$

Соотношение (3) дает возможность выразить  $y$  в  $\Phi$ -ии  $x$  и  $C$ , т.е. дает общее решение.

Пример:  $\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y}$ . Разделяя переменные:  $y dy = -x dx$ , находим общее решение:  $x^2 + y^2 = C$ .

Интегральные кривые образуют семейство концентрических кругов с центром в начале координат.

Однородное Д. у. 1-го порядка можно привести к виду:

$$\frac{dy}{dx} = f\left(\frac{y}{x}\right).$$

Для интегрирования вводим новую искомую функцию  $v$  при помощи соотношения:  $\frac{y}{x} = v$ , или  $y = vx$ . Отсюда  $dy = v dx + x dv$ .

Вставляя полученные выражения  $y$  и  $dy$  в данное Д. у., освобожденное от знаменателя  $dx$ , получим:  $v dx + x dv = f(v) dx$ , или  $x dv = [f(v) - v] dx$ , или, наконец,

$$\frac{dv}{f(v) - v} = \frac{dx}{x}.$$

Переменные разделены, и общее решение будет:

$$\int \frac{dv}{f(v) - v} = \ln x + C.$$

В полученном результате надо еще заметить  $v$  через  $\frac{y}{x}$ .

Линейное Д. у. 1-го порядка. Так называется Д. у., в которое  $y$  и  $\frac{dy}{dx}$  входят в 1-й степени. Оно м. б. написано в виде:

$$\frac{dy}{dx} + P \cdot y = Q, \quad (4)$$

где  $P$  и  $Q$ — $\Phi$ -ии от  $x$  (или, в частности, по-

стоянные). Если в частности  $Q \equiv 0$ , то имеем линейное дифференциальн. уравнение вида:

$$\frac{dy}{dx} + P \cdot y = 0,$$

которое решается разделением переменных:

$$\frac{dy}{y} = -P dx; \quad \ln y = -\int P dx + C.$$

Взяв произвольное постоянное в виде  $C = \ln C_1$  и потенцируя, получим окончательное выражение общего решения:

$$y = C_1 e^{-\int P dx}.$$

Для интегрирования ур-ия вида (4), при  $Q$  тождественно не равном 0, полагаем искомую  $\Phi$ -ию  $y$  равной произведению двух  $\Phi$ -ий от  $x$ , напр.,  $y = u \cdot v$ . Подставляя в ур-ие (4), имеем:  $u'v + u(v' + P \cdot v) = Q$ . Подбираем функцию  $v$  так, чтобы выражение в скобках равнялось тождественно нулю:  $v' + P \cdot v \equiv 0$ , откуда  $v = e^{-\int P dx}$ ; тогда получим:  $u' = Q e^{\int P dx}$ ,  $u = \int Q \cdot e^{\int P dx} dx + C$  и, наконец, общее решение:

$$y = e^{-\int P dx} \left[ C + \int Q e^{\int P dx} dx \right].$$

Интегрирующий множитель. Всякое Д. у. 1-го порядка может быть представлено в виде:

$$M(x, y) dx + N(x, y) dy = 0. \quad (5)$$

Левая часть ур-ия (5) будет полным дифференциалом, если существует такая функция  $u(x, y)$ , что ее полный дифференциал  $du = M(x, y) dx + N(x, y) dy$ . Это значит, что  $M = \frac{\partial u}{\partial x}$ ,  $N = \frac{\partial u}{\partial y}$ , а для выполнения этих равенств, как доказывается в дифференциальном исчислении, необходимо и достаточно, чтобы имело место тождество:

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}. \quad (6)$$

В этом случае ур-ие (5) принимает вид:

$$du = 0,$$

и его интеграл будет  $u(x, y) = C$ . При выполнении условия (6) Д. у. (5) интегрируется так: считаем  $y$  постоянным ( $dy = 0$ ) и интегрируем полученное равенство  $du = M(x, y) dx$  по  $x$ ; получаем:

$$u = \int M(x, y) dx + \varphi(y).$$

Мы написали  $\varphi(y)$  вместо постоянн. интегрирования, т.к. она может зависеть от  $y$ , принятого за постоянное. Для определения  $\varphi(y)$  дифференцируем полученное равенство по  $y$  и вследствие равенства  $\frac{\partial u}{\partial y} = N$  получаем:

$$\varphi'(y) = N - \int \frac{\partial M}{\partial y} dx,$$

откуда интегрированием по  $y$  найдем  $\varphi(y)$ , а следовательно, и  $u$ . Если условие (6) не выполнено, оказывается все же возможным найти такую функцию  $u(x, y)$ , по умножении на которую уравнения (5) левая часть его становится полным дифференциалом. Такая функция называется интегрирующим множителем.

Пример. Д. у.  $y dx - (x + y) dy = 0$ ; левая часть его не является полным дифференциалом. Уравнение имеет интегрирующий



множитель  $\frac{1}{y^2}$ ; умножив на него, получим:

$$\frac{dx}{y} - \frac{x+y}{y^2} dy = 0; \quad M = \frac{1}{y}, \quad N = -\frac{x+y}{y^2};$$

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x} = -\frac{1}{y^2};$$

условие (6) выполнено. Имеем:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{y}; \quad u = \int \frac{dx}{y} + \varphi(y) = \frac{x}{y} + \varphi(y);$$

дифференцируем по  $y$  и приравниваем результат  $N$ :

$$-\frac{x}{y^2} + \varphi'(y) = -\frac{x+y}{y^2},$$

откуда  $\varphi'(y) = -\frac{1}{y}$ ;  $\varphi(y) = -\ln y$ . Интеграл искомого уравнения есть  $u = \frac{x}{y} - \ln y + C$ .

**Д. у. высших порядков.** Д. у. 2-го порядка. Из Д. у. 2-го порядка только весьма немногие типы имеют решения, выражаемые с помощью знака неопределенного интеграла над данными функциями (знака квадратуры). Рассмотрим нек-рые из этих типов.

а) Д. у. не содержит  $y$  и  $\frac{dy}{dx}$ ; оно имеет вид:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = f(x).$$

Интегрируя 2 раза, получаем общее решение:

$$\frac{dy}{dx} = \int f(x) dx + C_1;$$

$$y = \int \left[ \int f(x) dx \right] dx + C_1 x + C_2.$$

Сюда относится рассмотренное нами ур-е:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g.$$

б) Д. у. не содержит  $y$ ; оно имеет вид:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = f\left(x, \frac{dy}{dx}\right).$$

Вводим вспомогател. переменное  $p = \frac{dy}{dx}$ ; уравнение будет 1-го порядка и примет вид:

$$\frac{dp}{dx} = f(x, p).$$

Если найдем его общее решение  $p = \varphi(x, C_1)$ , то имеем:

$$\frac{dy}{dx} = \varphi(x, C_1),$$

откуда  $y = \int \varphi(x, C_1) dx + C_2$ .

в) Д. у. не содержит  $x$ ; оно имеет вид:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = f\left(y, \frac{dy}{dx}\right).$$

Вводим новое переменное  $p = \frac{dy}{dx}$  и выражаем  $\frac{d^2y}{dx^2}$  следующим образом:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{dp}{dx} = \frac{dp}{dy} \cdot \frac{dy}{dx} = p \cdot \frac{dp}{dy}.$$

Получаем Д. у. 1-го порядка:

$$p \frac{dp}{dy} = f(y, p).$$

Проинтегрировав его, получим  $p = \varphi(y, C_1)$ , или  $\frac{dy}{dx} = \varphi(y, C_1)$ . Разделяя переменные и интегрируя, получаем общее решение:

$$\int \frac{dy}{\varphi(y, C_1)} = x + C_2.$$

Линейные Д. у.  $n$ -го порядка вида:

$$y^{(n)} + p_1 y^{(n-1)} + \dots + p_{n-1} y' + p_n y = f(x), \quad (7)$$

где  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , вообще говоря, ф-ии от  $x$ ; мы будем рассматривать, гл. обр., случай, когда все они—постоянные; тогда имеем ли-

нейное Д. у. с постоянными коэффициентами. Если  $f(x) \equiv 0$ , то Д. у. называется однородным (или без правой части), в противном случае неоднородным. Для линейного однородного Д. у. справедливы теоремы: если  $y_1$  есть решение уравнения, то  $Cy_1$  ( $C$ —постоянное) тоже—решение; если  $y_1$  и  $y_2$ —решения, то  $y_1 + y_2$  тоже—решение. Поэтому для нахождения общего решения однород. линейной Д. у. достаточно найти  $n$  частных решений (удовлетворяющих условию т. н. линейной независимости)  $y_1, y_2, \dots, y_n$ ; тогда общее решение напишется так:

$$y = C_1 y_1 + C_2 y_2 + \dots + C_n y_n. \quad (8)$$

Для неоднородного уравнения доказывается теорема: если известно частное решение  $Y$  неоднородного Д. у. и общее решение (8) соответствующего однородного ур-ия (т. е. получаемого из уравнения (7) заменой  $f(x)$  нулем), то общее решение неоднородн. уравнения есть:  $y + Y$ . Переходим к уравнению однородному линейному с постоянными коэффициентами. Наша задача свелась к нахождению  $n$  частных решений. Ищем их в форме:  $y = e^{rx}$  ( $r$  еще неизвестное постоянное). Имеем:  $y' = r e^{rx}$ ,  $y'' = r^2 e^{rx}$ , ...,  $y^{(n)} = r^n e^{rx}$ . Подставляя в левую часть уравнения (7) эти значения  $y, y', \dots, y^{(n)}$ , получим выражение:  $e^{rx} (r^n + p_1 r^{n-1} + \dots + p_{n-1} r + p_n)$ ; приравнявая это выражение 0 и замечая, что  $e^{rx} \neq 0$ , получаем для  $r$  алгебраическое ур-е  $n$ -й степени (характеристическое ур-е):  $r^n + p_1 r^{n-1} + \dots + p_{n-1} r + p_n = 0$ . Это ур-е имеет  $n$  корней:  $r_1, r_2, \dots, r_n$ . Если они различны, получаем  $n$  различных (линейно независимых) частных решений:  $e^{r_1 x}, e^{r_2 x}, \dots, e^{r_n x}$ , и общее решение напишется в виде:

$$y = C_1 e^{r_1 x} + C_2 e^{r_2 x} + \dots + C_n e^{r_n x}.$$

В случае, если какой-нибудь корень, пусть  $r_1$ , имеет кратность больше 1, например 3, этому корню соответствуют три частных решения:  $e^{r_1 x}, x e^{r_1 x}$  и  $x^2 e^{r_1 x}$ . Если в числе корней характеристич. уравнения есть мнимые сопряженные корни:  $\alpha + \beta i$  и  $\alpha - \beta i$ , то им соответствуют частные решения  $y_1 = e^{(\alpha + \beta i)x}$  и  $y_2 = e^{(\alpha - \beta i)x}$ . Пользуясь формулой

$$e^{\beta i x} = \cos \beta x + i \sin \beta x$$

и беря вместо  $y_1$  и  $y_2$  их линейные комбинации  $\bar{y}_1 = \frac{y_1 + y_2}{2}$ ,  $\bar{y}_2 = \frac{y_1 - y_2}{2i}$ , получим два действительных частных решения:

$$y_1 = e^{\alpha x} \cos \beta x, \quad \bar{y}_2 = e^{\alpha x} \sin \beta x.$$

Пример.  $y'' + y' + y = 0$ . Характеристическое ур-е:  $r^2 + r + 1 = 0$ ; его корни:

$$r_1 = -\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - 1} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} i; \quad r_2 = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} i.$$

Частные решения:

$$y_1 = e^{\left(-\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} i\right)x}, \quad y_2 = e^{\left(-\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} i\right)x},$$

или же:

$$\bar{y}_1 = e^{-\frac{1}{2}x} \cos \frac{x\sqrt{3}}{2}, \quad \bar{y}_2 = e^{-\frac{1}{2}x} \sin \frac{x\sqrt{3}}{2}.$$

Общее решение:

$$y = e^{-\frac{1}{2}x} \left( C_1 \cos \frac{x\sqrt{3}}{2} + C_2 \sin \frac{x\sqrt{3}}{2} \right).$$

Чтобы получить решение неоднородного ли-

нейного  $D. y.$ , надо найти его частное решение. Если правая часть  $f(x)$  имеет вид  $e^{\alpha x} p(x)$ , где  $p(x)$  — многочлен, то частное решение ищется в таком же виде:  $Y = e^{\alpha x} \cdot q(x)$ , где  $q(x)$  — многочлен с неопределенными коэффициентами, к-рые подбираются так, чтобы  $Y$  удовлетворял неоднородному уравнению. Общее решение, как указано выше, будет  $y + Y$ , где  $y$  — решение однородного ур-ия.

Интегрирование с помощью рядов. Если решение  $D. y.$  не выражается в элементарных ф-ях, можно искать его выражение в виде степенного ряда. Это метод особенно часто применяют к линейным  $D. y.$  с переменными коэфф-тами для нахождения частных решений. Он состоит в следующем: ищем решение в форме степенного ряда

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + \dots + A_n x^n + \dots \quad (9)$$

с неопределенными коэфф-тами  $A_0, A_1, A_2, \dots$ . Подставляя в  $D. y.$  вместо  $y$  ряд (9) и вместо  $y', y''$  — ряды, получаемые формальным дифференцированием ряда (9), мы должны получить тождество; приравнявая нулю коэффициенты при разных степенях  $x$ , получим систему уравнений для определения  $A_0, A_1, A_2, \dots$ , при чем некоторые из этих коэффициентов могут остаться неопределенными, — они войдут в решение как произвольные постоянные.

Пример. Рассмотрим  $D. y.$  Бесселя нулевого порядка:  $xy'' + y' + xy = 0$ . Подставляя в него вместо  $y$  и его производных ряд (9) и ряды, получаемые почленным дифференцированием, и собирая члены при одинаковых степенях  $x$ , получим тождество:

$$A_1 + (1 \cdot 2A_2 + 2A_2 + A_0)x + (2 \cdot 3A_3 + 3A_3 + A_1)x^2 + \dots + [n(n-1)A_n + nA_n + A_{n-2}]x^{n-1} + \dots = 0.$$

Отсюда, приравнявая нулю коэфф-ты при различных степенях  $x$ , находим:  $A_1 = 0, A_2 = -\frac{A_0}{2^2}$  и вообще  $A_n = -\frac{A_{n-2}}{n^2}$ . Т. о.,

$$A_3 = A_5 = \dots = A_{2n-1} = 0;$$

$$A_4 = \frac{A_0}{2^2 \cdot 4^2} = \frac{A_0}{2^4 \cdot (1 \cdot 2)^2}; \dots$$

$$\dots A_{2n} = (-1)^n \frac{A_0}{2^{2n} (1 \cdot 2 \dots n)^2}.$$

$A_0$  осталось неопределенным; полагая  $A_0 = 1$ , найдем частное решение уравнения Бесселя:

$$y = I_0(x) = 1 - \frac{x^2}{2^2 \cdot 1^2} + \frac{x^4}{2^4 \cdot (1 \cdot 2)^2} - \frac{x^6}{2^6 \cdot (1 \cdot 2 \cdot 3)^2} + \dots$$

Это — функция Бесселя 1-го рода (см. *Бесселевы функции*).

**Система обыкновенных дифференциальных уравнений.** Задача ставится так: найти  $n$  функций  $y_1, y_2, \dots, y_n$  независимого переменного  $x$ , удовлетворяющих  $n$  ур-иям, в к-рые входят независимые переменные, искомые ф-ии и их производные. Дифференцируя данные ур-ия несколько раз по  $x$ , мы получаем добавочные  $D. y.$ ; из полученной системы можно исключить все искомые функции, кроме одной, и свести, т. о., задачу к интегрированию одного  $D. y.$  (высшего порядка).

Пример. Дана система двух дифференциальных уравнений:

$$\frac{d^2 y_1}{dx^2} - 3y_1 - y_2 = 0, \quad \frac{d^2 y_2}{dx^2} + 2y_1 = 0.$$

Дифференцируем 1-е уравнение по  $x$ :

$$\frac{d^2 y_1}{dx^2} - 3 \frac{d y_1}{dx} - \frac{d y_2}{dx} = 0;$$

заменяя  $\frac{d y_2}{dx}$  из 2-го ур-ия через  $-2y_1$ , получим:

$$\frac{d^2 y_1}{dx^2} - 3 \frac{d y_1}{dx} + 2y_1 = 0$$

(линейное  $D. y.$  3-го порядка с постоянными коэфф-тами). Его общее решение:

$$y_1 = (C_1 + C_2 x) e^x + C_3 e^{-2x}.$$

Из 1-го ур-ия находим:

$$y_2 = -3y_1 + \frac{d^2 y_1}{dx^2} = -2C_1 e^x - 2C_2(x-1)e^x + C_3 e^{-2x}.$$

Обратно, всякое  $D. y.$   $n$ -го порядка можно заменить системой  $D. y.$  1-го порядка введением новых функций. Пусть уравнение имеет вид (1); наряду с  $y$  вводим новые функции  $y_1 = y', y_2 = y'', \dots, y_{n-1} = y^{(n-1)}$ . Тогда данное уравнение примет вид:

$$F(x, y, y_1, y_2, \dots, y_{n-1}, \frac{d y_{n-1}}{dx}) = 0,$$

и к нему присоединятся еще  $n-1$  ур-ий:

$$\frac{d y}{dx} = y_1, \quad \frac{d y_1}{dx} = y_2, \dots, \frac{d y_{n-2}}{dx} = y_{n-1}.$$

Общее решение системы  $n$   $D. y.$  1-го порядка  $\frac{d y_i}{dx} = f_i(x, y_1, \dots, y_n), \dots, \frac{d y_n}{dx} = f_n(x, y_1, \dots, y_n)$  (10) зависит от  $n$  произвольных постоянных; оно имеет вид:

$$y_1 = \varphi_1(x, C_1, \dots, C_n), \dots, y_n = \varphi_n(x, C_1, \dots, C_n); \quad (11)$$

для определения произвольных постоянных т. б. заданы начальные значения искомых ф-ий; при  $x = x_0$  должны иметь:  $y_1 = y_1^0, \dots, y_n = y_n^0$  (где  $x_0, y_1^0, \dots, y_n^0$  суть заданные числа). Систему решений (11) можно представить в другом виде, разрешая  $n$  ур-ий относительно  $n$  величин  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ; получим:

$$\varphi_1(x, y_1, \dots, y_n) = C_1, \dots, \varphi_n(x, y_1, \dots, y_n) = C_n. \quad (12)$$

Соотношения (12) называют интегралами системы (10).

Уравнения в полных дифференциалах с 3 переменными. Рассмотрим ур-ия вида

$$P dx + Q dy + R dz = 0,$$

где  $P, Q, R$  — данные ф-ии от  $x, y, z$ . Если существует интегрирующий множитель  $\mu(x, y, z)$ , по умножении на который левая часть ур-ия становится полным дифференциалом от нек-рой функции  $u(x, y, z)$ , то ур-ие примет вид  $du = 0$ , интеграл его будет, очевидно,  $u(x, y, z) = C$ . Оказывается, не всякое ур-ие имеет интегрирующий множитель; для его существования необходимо и достаточно тождествен. выполнение условия:

$$P \left( \frac{\partial Q}{\partial z} - \frac{\partial R}{\partial y} \right) + Q \left( \frac{\partial R}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial z} \right) + R \left( \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial Q}{\partial x} \right) = 0.$$

**$D. y.$  с частными производными.** Так называется ур-ие, связывающее искомую ф-ию от нескольких независимых переменных, эти переменные и частные производные от искомой ф-ии.  $D. y.$  с частными производными 1-го порядка с искомой ф-ией  $z$  и независимыми переменными  $x$  и  $y$  имеет вид:

$$F(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}) = 0.$$

Если производные  $\frac{\partial z}{\partial x}$  и  $\frac{\partial z}{\partial y}$  входят в 1-й

степени, мы имеем линейное уравнение с частными производными. Оно имеет вид:

$$P \frac{\partial z}{\partial x} + Q \frac{\partial z}{\partial y} = R, \quad (13)$$

где  $P, Q, R$ —заданные ф-ии от  $x, y, z$ . Его интегрируют следующим образом. Пишем систему (двух) обыкновенных Д. у.

$$\frac{dx}{P} = \frac{dy}{Q} = \frac{dz}{R}. \quad (14)$$

Как ранее указано (12), она имеет 2 интеграла:  $u(x, y, z) = C_1$ ;  $v(x, y, z) = C_2$ . Тогда общее решение ур-ия (13) примет вид:  $v=f(u)$ , где  $f$ —произвольная ф-ия. Т. о., общее решение Д. у. с частными производными зависит от произвольной ф-ии. Для ее определения д. б. даны начальные условия (задача Коши): при  $x = x_0, z$  должна обращаться в данную ф-ию  $\varphi(y)$ : а именно  $z = \varphi(y)$ .

Пример.  $x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} = z$ . Система (14) есть

$$\frac{dx}{x} = \frac{dy}{y} = \frac{dz}{z};$$

ее интегралы:  $\frac{y}{x} = C_1; \frac{z}{x} = C_2$ . Общее решение:

$$z = f\left(\frac{y}{x}\right)$$

( $f$ —произвольная функция).

Из Д. у. с частными производными 2-го порядка рассмотрим как пример ур-ие колебания струны. Если  $t$  обозначает время,  $x$ —расстояние точки струны от одного конца ( $x=0$ ),  $x=l$ —второй конец струны,  $z$ —уклонение точки струны от положения равновесия,  $a$ —постоянную, то Д. у. напишется так:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}. \quad (15)$$

Для нахождения определенного решения д. б. заданы: 1) граничные условия:  $z=0$ , при  $x=0$  и при  $x=l$ , для всякого  $t$ ; 2) начальные условия: мы должны при  $t=0$  иметь:  $z=f(x), \frac{\partial z}{\partial t} = f_1(x)$  (где  $f$  и  $f_1$ —заданные ф-ии). Ищем частное решение в виде  $z=XT$ , где  $X$  зависит только от  $x, T$ —только от  $t$ . Подставляя это выражение для  $z$  в уравнение (15), находим:

$$\frac{T''}{a^2 T} = \frac{X''}{X}.$$

Так как левая часть зависит только от  $t$ , а правая—только от  $x$ , то последнее равенство возможно лишь, если обе части равны одной и той же постоянной  $-k^2$ ; получаем:

$$X'' + k^2 X = 0; T'' + a^2 k^2 T = 0.$$

Для 1-го уравнения имеем частные решения:  $X = \cos kx; X = \sin kx$ . Используя граничные условия, имеем  $X(0) = 0, X(l) = 0$ ; решение  $\cos kx$  не подходит, а решение  $\sin kx$  удовлетворяет условиям лишь при  $k=0, \pm \frac{\pi}{l}, \pm \frac{2\pi}{l}, \dots, \pm \frac{n\pi}{l}, \dots$  Отбрасывая нуль и отрицательные значения, получим численное множество решений для  $T$  вида:

$$\cos \frac{n\pi at}{l}, \sin \frac{n\pi at}{l}$$

и бесчисленное множество частных решений для  $z$ :

$$\cos \frac{a\pi t}{l} \sin \frac{\pi x}{l}, \cos \frac{2a\pi t}{l} \sin \frac{2\pi x}{l}, \dots$$

$$\dots, \cos \frac{n\pi at}{l} \sin \frac{n\pi x}{l}, \dots;$$

$$\sin \frac{a\pi t}{l} \sin \frac{\pi x}{l}, \sin \frac{2a\pi t}{l} \sin \frac{2\pi x}{l}, \dots$$

$$\dots, \sin \frac{n\pi at}{l} \sin \frac{n\pi x}{l}, \dots$$

Решение данного Д. у. ищем в виде бесконечной суммы частных решений с постоянными коэфф-тами  $a_n, b_n$ :

$$z(x, t) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \left( a_n \cos \frac{n\pi at}{l} + b_n \sin \frac{n\pi at}{l} \right) \sin \frac{n\pi x}{l}. \quad (16)$$

Для определения постоянных  $a_n, b_n$  воспользуемся начальными условиями; полагая в (16)  $t=0$ , получим:

$$\sum_{n=1}^{n=\infty} a_n \sin \frac{n\pi x}{l} = f(x),$$

т. е.  $a_n$  определяются как коэфф-циенты разложения данной ф-ии  $f(x)$  в тригонометрический ряд Фурье (см. *Гармонический анализ*). Далее, дифференцируя (16) по  $t$  и полагая  $t=0$ , имеем:

$$\sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{n\pi a}{l} b_n \sin \frac{n\pi x}{l} = f_1(x),$$

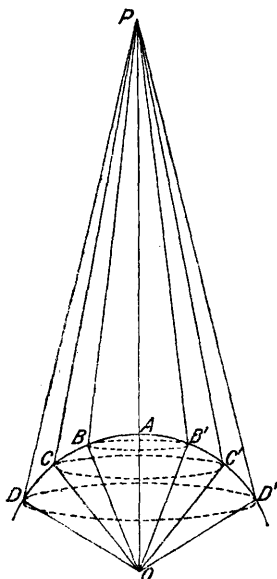
откуда  $b_n$  определяются через коэфф-ты разложения  $f_1(x)$  в ряд Фурье.

Лит.: Филлипс Г., Дифференц. ур-ия, пер. с англ., М.—Л., 1926; Тамаркин И. Д. и Смирнов В. И., Курс высшей математики для техников и физиков, т. 2, Л., 1926; Стеклов В. А., Основы теории интегрирования обыкновен. дифференц. ур-ий, М.—Л., 1927; Forsyth A. R., Lehrbuch d. Differentialgleichungen, 2 Aufl., Brschw., 1923. В. Степанов.

**ДИФФРАКЦИЯ**, явления, наблюдаемые при огибании волнами встречных препятствий. Чаще всего при этом подразумевают нарушение прямолинейности распространения возмущения и интерференционные процессы, сопровождающие огибание. Строго говоря, Д. всегда сопутствует распространению волн (являясь, в сущности, синонимом этого распространения), но в непосредственно явной и отчетливой форме она обнаруживается для любых волн в том случае, когда размеры огибаемых препятствий соизмеримы с длиной волны или значительно меньше последней. Обычные звуковые, сейсмические и радиотелеграфные волны вполне удовлетворяют этому условию, и потому нарушение прямолинейности распространения и другие диффракционные явления здесь привычны. Большое значение—теоретическое и практическое—Д. имеет для оптики, ибо наличие диффракцион. явлений здесь—основной довод в пользу волновой теории света, главное средство для изучения свойств световых волн во всех частях спектра и одновременно—непреодолимое препятствие, ставящее предел разрешающей способности оптич. приборов (см. *Оптические приборы, Микроскоп*). Д. света легко наблюдать при рассматривании удаленного малого источника света сквозь очень узкие отверстия и сетки, при прохождении света около малых препятствий. Нек-рые метеорологич. явления (радуга, круги вокруг солнца и луны)—диффракционного происхождения. Д. объясняется и рассеяние света мутными средами. При наблюдении с белым светом в результате Д. и интерференции происходит разложение света в спектр, благодаря чему возникают различные хроматические картины.

В монохроматич. свете Д. обнаруживается чередующимися темными и светлыми интерференционными полосами, кругами или пятнами. При некоторых условиях Д. сопровождается также поляризационными явлениями. Д. существует для волн любой длины, начиная от длинных электромагнитных волн и кончая жесткими  $\gamma$ -лучами.

Характер диффракционных картин зависит от формы препятствий или отверстий, их размеров, способов наблюдения, состава падающего света и других условий. На вкладном листе (см. диффракционные картины 1 и 2, по фотографиям А. Г. Калашникова)



Фиг. 1.

виден результат прохождения параллельных видимых лучей через широкое отверстие в экране PQ и через очень узкое (тысячные доли мм). Свет скользил по фотографической пластинке, поставленной  $\perp$  к экрану, и запечатлевал свой след на пластинке. Для широкого отверстия практически остаются в силе законы геометрии оптики—образуется правильная геометрическая тень; для узкого отверстия эти законы резко нарушаются, свет через отверстие идет по всем направлениям, но по некоторым преимущественно. Если бы отверстие было сужено до десятитысячных долей мм и далее, то распространение света стало бы равномерным по полушарию. На вкл. л., 3, видна сложная диффракционная картина при прохождении через клиновидную щель, контуры которой отмечены пунктиром. На вкл. л., 4, приведена фотография диффракционной картины, получающейся при прохождении света через малое круглое отверстие; на вкл. л., 5,—фотография тени конского волоса; на вкл. л., 6,—фотография тени маленького диска. В отличие от 1 и 2, фотографии 3—5 (по В. К. Аркадьеву) сделаны на большом расстоянии от огибаемого тела и с пластинкой, расположенной  $\perp$  к световому пучку.

Точная теория явлений Д. даже для самых простых случаев—одна из наиболее трудных, в математич. отношении, задач физической оптики. Существует несколько методов решения диффракционных задач. Наиболее прост и нагляден метод Френеля; он основан на принципе Гюйгенса, дополненном принципом интерференции (см.). Трудность задачи в том, что волновая функция распределена по всему окружающему объему, и первый способ ее упрощения состоит в том, чтобы свести объемную функцию к функции, распределенной по поверхности. Это и достигается в элементарной прибли-

женной форме принципом Гюйгенса. Действие светящейся точки O на данную точку P (фиг. 1) заменяется действием поверхности волновой сферы ADD'. Френель разбивает эту сферу на зоны (зоны Гюйгенса-Френеля) след. образом. Из точки P радиусами  $PA + \frac{1}{2}\lambda$ ,  $PA + \frac{2}{2}\lambda$ ,  $PA + \frac{3}{2}\lambda$ , ... проводят сферы, касающиеся сферы ADD' на шаровые зоны. Последующая зона, в среднем, имеет фазу волновой функции, противоположную предыдущей, и действие соседних зон (при отсутствии препятствий между O и P) приблизительно нейтрализуется благодаря интерференции. Простой расчет показывает, что действие свободной, незакрытой волны на P сводится к действию половины центральной зоны, что и соответствует в первом приближении прямолинейному распространению света. Если некоторые зоны полностью или частью закрыты каким-либо экраном, то, меняя положение точки P, будем получать в ней попеременно то усиление то ослабление света, что соответствует полосам, пятнам, кольцам. Метод Френеля неточен, он дает постоянную ошибку в фазе на  $\frac{\pi}{2}$  (что не сказывается, впрочем, на интенсивности, единственно доступной опыту величине) и, кроме того, связан с другими упрощающими, произвольными предположениями относительно действия зон. Тем не менее для большинства простых диффракционных задач этот метод вполне пригоден и дает хорошее совпадение с опытными данными.

Различают два типа задач: 1) Д. сферич. волн (Д. Френеля) и 2) Д. плоской волны, наблюдаемой в параллельных лучах, например при помощи зрительной трубы, наведенной «на бесконечность» (Д. Фраунгофера). Решение задач первого типа значительно сложнее, чем второго. Окончательное выражение для интенсивности J в некоторой точке диффракционной картины имеет вид  $J = A^2(C^2 + S^2)$ , где A—постоянная величина, а C и S выражаются через т. н. и н т е г р а л ы Ф р е н е л я:

$$\xi = \int_0^u \cos \frac{\pi}{2} u^2 du; \eta = \int_0^u \sin \frac{\pi}{2} u^2 du.$$

Таблицы для этих интегралов имеются во всех подробных изложениях диффракционных явлений. Легко видеть, что

$$d\xi^2 + d\eta^2 = du^2,$$

т. е. u может считаться как элемент дуги нек-рой кривой, отнесенной к осям  $\xi, \eta$ . Тангенс угла наклона кривой к оси  $\xi$ , т. е.

$$\operatorname{tg}(\tau) = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} u^2\right),$$

т. е.  $\tau = \frac{\pi}{2} u^2$ , радиус кривизны кривой

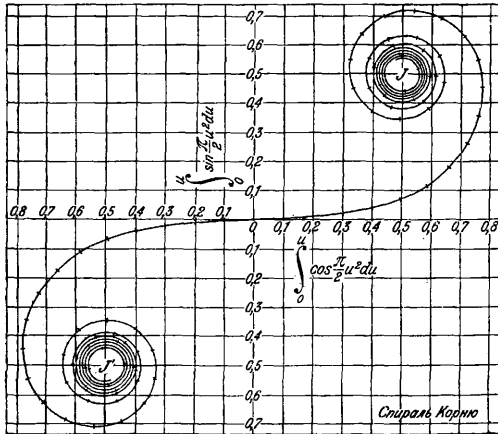
$\rho = \frac{du}{d\tau} = \frac{1}{\pi u}$ , т. е. обратно пропорционален длине дуги. Кривая асимптотически закручивается вокруг точек  $(+\frac{1}{2}, +\frac{1}{2})$  и  $(-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})$ .

т. е. является спиралью (спираль Корню, фиг. 2). Спираль Корню служит весьма полезной геометрической интерпретацией интегралов Френеля, которая позволяет очень быстро представить общий характер диффракционной картины.

Более точный метод решения дифракционных задач дан Кирхгофом. Объемную волновую функцию  $\Phi$ , удовлетворяющую волновому уравнению, Кирхгоф при помощи теоремы Грина сводит к функции на произвольной поверхности, охватывающей данную точку наблюдения. Значение волновой функции в этой точке, по Кирхгофу:

$$\Phi_0 = \frac{1}{4\pi} \int \int_S \left[ \frac{1}{r} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial n} \right) - \cos(n, r) \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\Phi}{r} \right) \right] dS,$$

где интегрирование производится по всей указанной поверхности  $S$ ,  $r$ —расстояние



Фиг. 2.

некой точки поверхности от точки наблюдения,  $n$ —внешняя нормаль к поверхности; в подынтегральной функции, в  $\Phi$ , время  $t$  заменено через  $t - \frac{r}{c}$ , где  $c$ —скорость света. Приведенная ф-ла и заменяет полностью принцип Гюйгенса-Френеля, являясь, в отличие от последнего, вполне точной. Однако, при практическом применении к дифракционным задачам и этот метод не дает безукоризненно строгого решения; для этого требуется точное знание значений  $\Phi$  и  $\frac{\partial \Phi}{\partial n}$  на вспомогательной поверхности; в действительности же относительно этих функций приходится делать приближенные более или менее вероятные предположения, что удастся довольно точно сделать в отношении коротких волн и трудно выполнимо для длинных.

Наконец, точное решение дифракционных задач принципиально м. б. получено непосредственным интегрированием уравнений Максвелла при данных граничных условиях. Задачи такого рода весьма трудны и решены только для немногих простейших случаев. По мере усовершенствования теории получается все более тесное согласие теории и опытных данных, при чем для лучей, диффрагированных под большими углами по отношению к первоначальному направлению (Д. Гуи), необходимо прибегать к точным методам. Современное развитие квантовой волновой механики (де-Бройль, Шредингер) позволяет надеяться, что классическая волновая теория дифракции света почти целиком (по крайней мере в отноше-

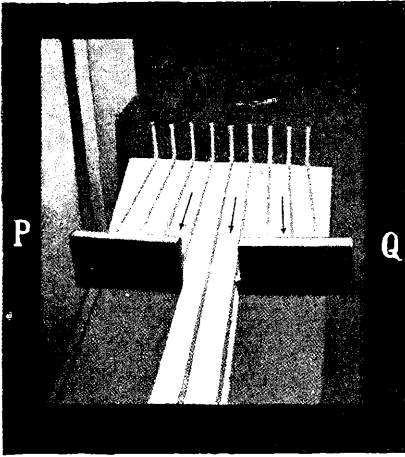
нии ее математического остова) может быть перенесена и в квантовую теорию света.

Дифракционные решетки. Явление Д. используется для разложения света в спектр в дифракционных решетках. Последние состоят из большого ряда щелей, расположенных на равных расстояниях и разделенных непрозрачными промежутками. В простейших дифракционных решетках щели получают алмазной штриховкой плоского стекла посредством делительной машины. С таких решеток могут получаться целлюлоидные реплики. Простую плоскую дифракционную решетку можно также получить, фотографируя в значительно уменьшенном масштабе соответствующий чертеж. Дифракционные решетки для больших спектральных установок делают не для проходящего, а для отраженного света; штриховку наносят на сферических вогнутых поверхностях из зеркального металла. На таких решетках, достигающих 15 и более см в диаметре, посредством делительной машины, сконструированной Роуландом и усовершенствованной Майкельсоном и Вудом, удается наносить сотни тысяч штрихов (1 000—1 500 на мм). При работе с вогнутыми отражающими дифракционными решетками становится излишним применение линз, сама решетка фокусирует спектры; благодаря этому возможно изучение в вакууме спектров крайнего ультрафиолетового света от 100 до 10  $\mu$ , который поглощается в кварце и флюорите (Милликен). Действие дифракционных решеток как спектрального прибора основано на Д. света от каждой щели в отдельности и на интерференции света, исходящего из всех щелей. Теория дифракционных решеток для простейшего и практически важного случая Д. Фраунгофера (см. выше) может быть получена различными методами как на основании предположения о совершенной независимости монохроматических компонентов сложного света (ньютонская смесь цветов), так и на основании учения о белом свете как некотором импульсе, который гармонически разлагается периодической дифракционной решеткой.

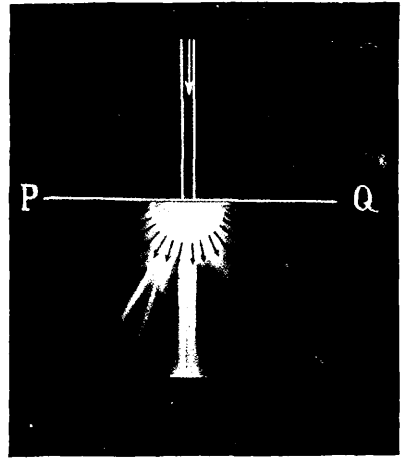
Теория приводит к такому выражению для интенсивности дифракционной картины в данной точке поля:

$$J = J_0 \left[ \frac{\sin \frac{\mu a}{2}}{\frac{\mu a}{2}} \right]^2 \left[ \frac{\sin \frac{n \mu \delta}{2}}{\frac{\sin \mu \delta}{2}} \right]^2,$$

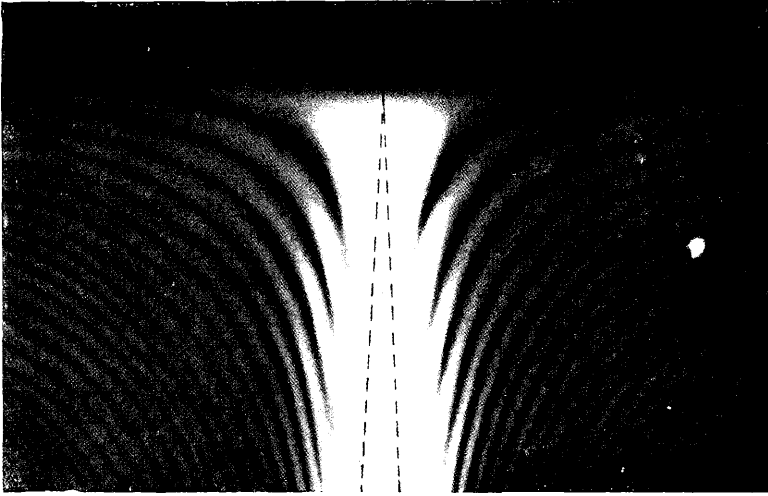
где  $J_0$ —постоянная для данного случая величина;  $a$ —ширина щели;  $\delta$ —постоянная дифракционной решетки, т. е. расстояние между центрами двух последовательных щелей,  $\mu = \frac{2\pi}{\lambda} \sin \varphi$ , где  $\varphi$ —угол Д.;  $n$ —число щелей. Указанная функция представляет ряд чередующихся максимумов и минимумов. Основная группа тех и других, имеющая наибольшее значение при больших  $n$ , определяется равенством  $\mu \delta = \frac{2k\pi}{n}$ , где  $k$ —ряд целых чисел. При  $k$  равном 0 или целому кратному от  $n$  получаются максимумы, в остальных случаях—минимумы.



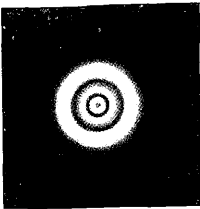
1



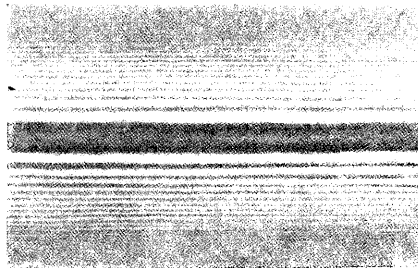
2



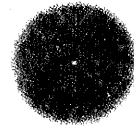
3



4



5



6

Дифракционные картины: 1. При прохождении параллельных лучей через широкое отверстие. 2. То же через узкое отверстие. 3. При прохождении света через клиновидную щель. 4. То же через малое отверстие. 5. Тень конского волоса. 6. Тень маленького диска.

Помимо указанных максимумов и минимумов имеются и другие, но значение их при большом  $n$  и надлежащем выборе отношения  $\frac{\delta}{a}$  ничтожно. Обозначим:  $k = m \cdot n$ , где  $m = 0, 1, 2 \dots$ , и введем значение  $\mu$  в написанную формулу для максимумов; тогда она выразится в таком виде:  $\sin \varphi_m = \frac{m\lambda}{\delta}$ . Для  $m = 0$  положение максимума не зависит от длины волны, получается неразложенное изображение коллиматорной щели (спектр нулевого порядка), для  $m = 1, 2, \dots$  положение максимума зависит от  $\lambda$ , и свет разложится в спектры (спектры 1-го, 2-го и т. д. порядков) по обе стороны от спектра нулевого порядка. Из ф-лы  $\sin \varphi = \frac{m\lambda}{\delta}$  для  $\delta \gg \lambda$  легко видеть, что длина спектра 2-го порядка будет вдвое больше, чем 1-го т. д. Отношение длин волн крайнего красного и крайнего фиолетового в видимом спектре приблизительно равно 2, поэтому спектры 2-го, 3-го и т. д. порядков будут все больше налагаться друг на друга, только спектр 1-го порядка останется чистым. Если, наоборот,  $\lambda > \delta$ , то, как можно видеть из формулы  $\sin \varphi = \frac{m\lambda}{\delta}$ , никакого спектра, помимо неразложенного спектра нулевого порядка, получиться не может. Поэтому кристалл, являющийся в сущности пространственной дифракционной решеткой, благодаря правильному расположению молекул не дает никакого дифракционного спектра при пропускании видимых лучей, но обнаруживает Д. для лучей Рентгена с короткой волной.

Характеристикой оптич. качеств дифракционной решетки служит ее разрешающая способность. Таковой называется отношение длины волны  $\lambda$  к наименьшей разности длины волн  $\Delta\lambda$  двух соседних спектральных линий, которые еще воспринимаются как отдельные линии. Из уравнивания дифракционной решетки следует, что  $\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m \cdot n$ , т. е. разрешающая способность тем больше, чем выше порядок спектра  $m$  и число щелей  $n$ . Работа со спектрами высоких порядков затрудняется их слабостью и наложением спектров, поэтому повышение разрешающей способности делается главным обр. за счет увеличения  $n$ . С наиболее совершенными современными решетками возможны измерения до тысячных долей  $\text{Å}$ . Значительное повышение разрешающей способности м. б. достигнуто при почти скользщем падении лучей на решетку; этим воспользовался в последнее время Тибо для получения рентгеновских спектров от простой стеклянной решетки при отражении. Если придать углублениям штрихов на дифракционной решетке некоторый угол относительно плоскости решетки, то при известных условиях получается чрезвычайное усиление спектра какого-нибудь одного порядка; такой наклон получается применением резцов специальной формы. Дифракционные решетки такого типа (эшелетт Вуда) не получили, однако, распространения в силу практических трудностей. Спектры чрезвычайно высоких порядков используются в интерференционных спектрографах.

Дифракционные решетки с различными штриховками (прямой, круговой) изредка применялись еще с 18 века для получения цветовой игры на пуговицах и других предметах. Вуд применил дифракционную решетку для цветной фотографии, но этот метод не получил распространения.

Лит.: А р к а д ь с в В., Дифракция Френеля, «Ж», 1912, т. 44, Физич. отд., вып. 4; К а л а ш и н К о в А., Дифракция Гуи-Зоммерфельда, «Ж», 1912, т. 44, Физич. отд., вып. 3; А н д р е е в Н., Электрич. колебания и их спектры, М., 1917; М ö g l i c h F., *Beugung, Handbuch d. physikalischen Optik*, hrsg. von Gehecke, B. 1, p. 499, Lpz., 1927; B o u a s s e H. et C a r r i è r e Z., *Diffraction*, P. 1923; R i e m a n n G. F. and W e b e r H., *Die Differential- u. Integralgleichungen der Mechanik und Physik*, T. 2, p. 433. B r a u n s c h w e i g, 1927; M i c h e l s o n A. A., *Studies in Optics*, Chicago, 1927. С. В а ш и л о в.

**ДИФфуЗИЯ**, происходящий во времени процесс выравнивания концентраций (парциальных давлений) в газе, жидкости или твердом теле, стремящийся к равновесному состоянию одинаковости концентраций. Такое определение Д. относится к системам, состоящим не менее, чем из двух компонентов, но и в однокомпонентном газе тоже может происходить Д., если под Д. понимать уравнивание давления во всех частях газа.

Д. изучалась с начала 19 в. Дальтоном, Бертолле и Гремом, но только Фик в 1855 г. развил количественную теорию Д., показав, что кинетика Д. вполне аналогична кинетике *теплопроводности* (см.), теория к-рой была развита Фурье. Причиной Д. является наличие градиента концентрации  $c$  по направлению  $x$ , т. е.  $\frac{dc}{dx}$ . Первый закон Фика для массы вещества  $dm$ , диффундирующей за время  $dt$  через поверхность  $S$ , при условии, если градиент концентрации перпендикулярен к  $S$ , выразится таким образом:

$$dm = -DS \cdot \frac{dc}{dx} \cdot dt. \quad (1)$$

Знак (-) указывает на то, что  $dm > 0$ , если  $\frac{dc}{dx} < 0$ , т. е. если  $c$  падает с возрастанием  $x$ ;  $D$ —коэфф-т Д., измеряемый количеством вещества, диффундирующим за время  $dt = 1$  через  $S = 1$  при градиенте  $\frac{dc}{dx} = 1$ ; размерность  $[D] = \left[ \frac{\text{длина}}{\text{время}} \right]^2$ ; в абсолютной системе единиц  $D$  измеряется в  $\text{см}^2/\text{сек}$ . Если принять, что  $D$  не зависит от  $c$ , то из первого получается второй закон Фика:

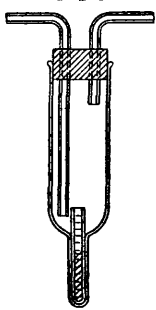
$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Физически это означает, что изменение  $c$  со временем в данном элементе объема системы может происходить только в случае различия градиентов  $\frac{\partial c}{\partial x}$  с обеих сторон этого элемента, т. е. только в случае, когда  $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$  не равно нулю. Когда  $\frac{\partial c}{\partial x} = \text{Const}$ , то  $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = 0$  и по (2)  $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ .

Наибольший интерес представляет Д. в газах и жидкостях. Д. в твердых телах происходит крайне медленно, хотя Робертс-Аустен интересными опытами и показал, что в прижатых друг к другу концам брусках металлов (например, Au и Pb) происходит диффузия (спустя долгое время брусочки резались на слои и анализировались).

Д.—результат теплового молекулярного движения, и потому наличие процессов Д. является одним из доказательств молекулярного строения вещества. Здесь рассматривается Д. только свободная. О Д. через перегородки см. *Диализ и Осмотическое давление*. Математическая теория Д., сводящаяся, главным образом, к исследованию интеграла 2-го закона Фика при различных предельных условиях, была развита в особенности Стефаном (1879 г.).

Д. газов и паров исследовалась двумя экспериментальными методами. Первый метод, кинетический, использованный в особенности Лошмитом и Обермайером, состоит в измерении парциального давления или концентрации одного из компонентов в одном определенном слое диффузионного сосуда (диффузиометра) с течением времени.



Фиг. 1.

Второй, стационарный, метод (Стефана) состоит в том, что в концах сосуда концентрации искусственно поддерживаются все время постоянными: в нижней части поддерживается максимальная концентрация тяжелого компонента, например, соответствующая этому компоненту в чистом виде (Д., как всегда, производят против действия силы тяжести), а в верхней части с этого компонента поддерживается равной нулю. Тогда устанавливается стационарное, т. е. независящее от времени, состояние Д., при чем исследуется распределение  $c$  с высотой  $x$  (измеряется постоянный градиент  $\frac{dc}{dx}$ ). Стационарный метод усовершенствован Винкельманом и применен им к Д. паров. При этом пользуются, напр., прибором, изображенным на фиг. 1. Жидкость, находящаяся в капиллярной трубке, поддерживает у своей поверхности давление насыщенного пара. Во внешней же трубке все время циркулирует какой-либо газ при атмосферном давлении, так что у конца капилляра парциальное давление пара жидкости равно 0, и жидкость испаряется только благодаря стационарной диффузии. Измеряя *катетометром* (см.) понижение уровня жидкости в капилляре, находит коэффициент диффузии пара в данный газ. Ниже в таблице приводятся некоторые значения  $D$  в  $см^2/сек$ .

Значения коэффициента диффузии.

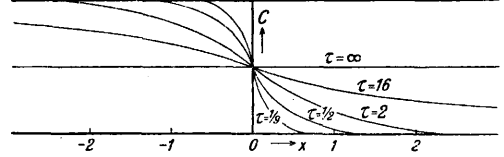
Диффундирующий пар	$t^\circ$	Диффузия в		
		воздухе	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (этиловый спирт)	0°	0,102	0,069	0,378
	40,4°	0,137	0,090	0,503
	66,9°	0,148	0,103	0,543
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (бензол)	0°	0,075	0,053	0,291
	19,9°	0,088	0,061	0,341
	45,0°	0,101	0,072	0,399

Кривые распределения  $c$  с высотой  $x$  для разных моментов времени  $\tau$  (в общем случае) представлены на фиг. 2.

Молекулярно-кинетич. теория Д. в газах была разработана Клаузиусом, Максвеллом и другими и особенно Ланжевенем; простейшая теория дает для  $D$  выражение:

$$D = \frac{\lambda \cdot v}{3},$$

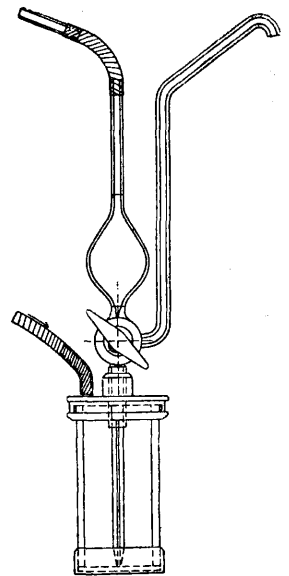
где  $\lambda$ —средняя длина свободного пути,  $v$ —средняя скорость молекулярного (теплового) движения. Это выражение пригодно только



Фиг. 2.

для малых  $c$  одного из компонентов или для Д. газа «в самого себя», и из него видно, что  $D$  должен быстро возрастать с  $t^\circ$ , пропорционально  $T^{\frac{3}{2}}$ ; как видно из таблицы,  $D$  действительно возрастает с темп-рой, при чем  $D = kT^n$ , где  $n$  изменяется от 1,7 до 2,0.

Для связи  $D$  с внутренним трением  $\eta$  газа молекулярно-кинетическ. теория дает:  $D = \frac{\eta}{\rho}$ , где  $\rho$ —плотность газа. При изменении парциального давления (или  $c$ ) диффундирующего вещества  $D$  почти не изменяется. Д. в жидкостях подчиняется тем же законам и исследуется теми же методами, что и в газах. Так, Грем, Ёгольм и другие, а в особенности Сведберг, применяли кинетич. метод, выбирая из диффузиометра при помощи сифонной трубки последовательно 3—4 слоя одинакового объема и анализируя их на содержание диффундирующего растворенного вещества. На фигуре 3 представлен один из самых удобных диффузиометров — прибор Сведберга. Заполнение пробной пипетки производится тем же методами, что и в газах. Заполнение пробной пипетки производится давлением воздуха, вдуваемого резиновой грушей или посредством газометра. Простейший метод измерения коэффициента  $D$ , без взятия проб, состоит в измерении коэффициента преломления для разных  $x$  или, при стационарном методе, в измерении отклонения луча, проходящего через



Фиг. 3.

кюветку, где происходит Д., напр. в измерении смещения метки, видимой в микроскоп через кюветку (микроскопич. метод Фюрта). Для осуществления стационарности можно на дно сосуда помещать слой чистого диффундирующего вещества. Заполненный водой сосуд помещают в большую банку с проточ-



ной водой постоянной  $t^{\circ}$  (Фик). При этом все время  $c$  внизу сосуда будет наибольшей, а наверху  $c=0$ ; так как  $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ , то  $\frac{\partial c}{\partial x} = \text{Const}$ , т. е.  $c$  будет линейно изменяться с  $x$ .

Законы Д. электролитов изучены Нернстом, показавшим, что для случая полной диссоциации (в слабых растворах)

$$D = \frac{2uv}{u+v} \cdot RT,$$

где  $u$ ,  $v$ —подвижности катиона и аниона;  $u \neq v$ , и потому ионы разного знака диффундируют с разной скоростью, что создает влему, где есть градиент концентрации, электр. разность потенциалов—диффузионный потенциал, существующую пока вследствие Д. концентрации не выравняются. Д. электролитов разными методами исследовал В. С. Титов, показавший, между прочим, применимость закона Фика и к смесям электролитов, если концентрации их рассчитывать в грамм-эквивалентах.  $D$  в жидкостях, как и в газах, значительно возрастает с  $t^{\circ}$  и очень мало изменяется с  $c$ . Д. является чрезвычайно важным молекулярным свойством для суждения о величине растворенных частиц, т. е. о коллоидности или кристаллоидности растворенного вещества (его степени дисперсности). Кристаллоиды, находясь в растворе в виде отдельных молекул или ионов, диффундируют быстро, Д. же коллоидов (см.) из-за большой величины их частиц—молекулярных сгустков (мицелл) сильно замедлена (в 100 и более раз) сравнительно с кристаллоидами. Рассматривая растворенные (наприм., коллоидные) частицы как шарики радиуса  $r$ , движущиеся в вязкой среде, и пользуясь для силы сопротивления среды движению каждого шарика выражением Стокса  $F' = -6\pi\eta v$  ( $\eta$ —вязкость среды,  $v$ —установившаяся скорость движения, обусловленного наличием градиента осмотического давления  $RT \frac{dc}{dx}$ ), Эйнштейн и Смолуховский пришли к выражению:

$$D = \frac{RT}{6\pi N\eta} \cdot \frac{1}{r} = \frac{A}{r};$$

$D$  обратно пропорционален  $r$  и  $\eta$  (закон Сведберга), и его измерение может служить для определения размеров частиц.  $D$  связан далее простым соотношением со средним квадратичн. перемещением  $\bar{x}^2$  коллоидных частиц при броуновском движении (см.):

$$\bar{x}^2 = 2 \cdot D \cdot \tau,$$

где  $\tau$ —время, для которого вычислено  $\bar{x}^2$ .

В гелях, т. е. в застывших, полутвердых коллоидных растворах (напр., в желатине), Д. протекает практически с той же скоростью, что и в чистом растворителе. Этим пользуются для устранения вредного влияния конвекционных токов при диффузионных измерениях. Все обычные измерения Д. затруднительны из-за необходимости тщательно охранять прибор от сотрясений и от колебаний  $t^{\circ}$  и потому производятся обычно в подвальных помещениях.

Лит.: Тимирязев А. К., Кинетич. теория материи, М.—П., 1923 (молек. кинетич. теория Д. в газах); Titow W. S., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1913, В. 84, p. 15; Jellinek K., Lehrb. d. phys. Chemie, В. 2, p. 609—840, Stg., 1927 (общий обзор); Arndt K., Handbuch d. phys.-chem. Tech-

nik, 2 Auflage, p. 602, Stg., 1923 (методы измерений); Stefan J., «Wiener-Berichte», Wien, 1879, В. 2, p. 79, 161 (математическая теория); Schen E. und Guin's H. R., «Ztschr. f. phys. Chemie», Leipzig, 1922, В. 103, p. 349, 1924, В. 113, p. 157 (обзор новых методов); Svedberg T., Existenz d. Moleküle, Leipzig, 1912.

П. Ребиндер.

**ДИХРОИЗМ**, изменение окраски (в проходящем свете) в анизотропных окрашенных телах в зависимости от направления световых лучей. Дихроизм обнаруживают многие кристаллы: турмалин, берилл, дымчатый топаз, пеннин и другие окрашенные тела, испытывающие временную или случайную анизотропию (закаленные окрашенные стекла, текущие жидкости). Д. неразрывно связан с двойным лучепреломлением; индекс поглощения, так же как и показатель преломления, зависит от направления луча в кристалле. Д. обнаруживают оптич. одноосные системы; в оптич. осей двухосных окрашенных кристаллах имеются три взаимно перпендикулярные направления, по которым окраска существенно различна; в этом случае говорят о трихроизме. Совокупность Д. и трихроизма называют плеохроизмом. Для качественного обнаружения Д. могут служить дихроскоп Гайдингера, состоящий из кристалла исландского шпата, помещенного между маленькой квадратной диафрагмой и лупой. Если перед диафрагмой поместить тело, обладающее Д., то два рядом стоящие изображения диафрагмы в поле зрения будут окрашены различным образом. Количественное определение дихроизма может быть произведено спектрофотометрически. Дихроизмом удобно пользоваться для изучения двойного преломления в окрашен. средах. Дихроизм не следует смешивать с *дихроматизмом* (см.), совершенно не зависящим от анизотропии и определяемым чисто физиологическими особенностями зрения.

Лит.: Becker A., Kristalloptik, Stuttgart, 1903; Weigert F., Optische Methoden d. Chemie, Leipzig, 1927; Drude P., Lehrbuch der Optic, Leipzig, 1912.

С. Васильев

**ДИХРОМАТИЗМ**, резкое изменение окраски (в проходящем свете) некоторых растворов и стекол при изменении концентрации; например, слабые растворы цианина имеют синюю окраску, сильные—красную; если посмотреть на освещенную солнцем траву через синее кобальтовое стекло, то трава будет казаться синей, если же приложить к кобальтовому стеклу еще желтое, то трава покажется красной; нек-рые зеленые стекла, сложенные вместе, пропускают только красный цвет. Причина Д.—в наличии в соответствующих средах двух спектральных областей со слабым поглощением, разделенных сильной полосой абсорбции. Пусть в одной из таких областей, наприм., зеленой, поглощение несколько больше, чем в другой—красной, но в то же время яркость падающего света в зеленой части больше, чем в красной; тогда при слабой концентрации или же небольшой толщине стекла предмет будет казаться зеленым. Наоборот, при увеличении концентрации зеленый свет практически целиком поглотится, но красный—будет проходить. Дихроматизм может быть использован для разного рода световых эффектов.

С. Васильев

**ДИЭЛЕКТРИКИ**, вещества, в к-рых может существовать электрич. поле. Электрич. заряды, находящиеся в Д., смещаются под действием поля, ослабляя его. Если в Д. имеются заряды, способные свободно перемещаться, то их движение будет продолжаться до тех пор, пока поле внутри Д. не будет компенсировано полем, создаваемым этими зарядами. Чем выше электропроводность вещества, тем быстрее исчезает в нем электрич. поле. Поэтому электрич. свойства таких тел, как металлы или хорошие электролиты, м. б. обнаружены только при очень кратковременных или частопеременных процессах. Типичными же Д., к к-рым обычно и относится это название, являются вещества, обладающие весьма большим удельным сопротивлением в  $10^7 \Omega$  и выше до  $10^{20} \Omega$ . Количественной характеристикой Д. является диэлектрич. коэфф.  $\epsilon$ —отношение между электростатич. индукцией  $D$  и напряжением поля  $E$ :

$$D = \epsilon E. \quad (1)$$

Если внутри Д. перпендикулярно к силовым линиям представить себе узкую щель площадью в  $1 \text{ см}^2$ , то на обеих сторонах щели, благодаря смещению положительных зарядов в одну сторону, а отрицательных—в противоположную, появится электрич. заряд  $P$ , к-рый называется диэлектрич. поляризацией. Число линий индукции, создаваемой этой поляризацией, будет  $4\pi P$ , к-рые вместе с линиями основного поля  $E$  создадут индукцию  $D$ :

$$D = E + 4\pi P. \quad (2)$$

Поляризация  $P$  может считаться пропорциональной электрич. полю  $E$ :

$$P = kE. \quad (3)$$

Коэфф.  $k$  называется коэфф-том электризации. Существенную роль в учении о Д. играет также сила  $F$ , действующая внутри Д. на любую из его молекул. Чтобы подсчитать эту силу, нужно было бы выделить вокруг молекулы небольшое шаровое пространство. На молекулу, кроме внешнего поля  $E$ , будут действовать также поля окружающих молекул, вызывая поляризацию среды:

$$F = E + aP. \quad (4)$$

В случае молекул, обладающих достаточной симметрией  $a = \frac{4}{3}\pi$ . Так как поляризация молекул вызвана действующей на них силой  $F$ , то можно считать

$$P = \beta F, \quad (5)$$

где  $\beta$  будет пропорционально числу поляризованных молекул  $N$ . Если обозначить плотность вещества через  $\rho$ , а его молекулярный вес через  $M$ , то для единицы объема  $N = \frac{\rho}{M}$ , и, следовательно, поляризация  $P$  единицы объема равна

$$P = \gamma \frac{\rho}{M} F. \quad (6)$$

Здесь  $\gamma$  выражает поляризуемость отдельных молекул. Приведенные формулы дают следующие соотношения:

$$\epsilon = 1 + 4\pi k, \quad (7)$$

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{\rho} = \frac{4}{3} N \gamma. \quad (8)$$

Ф-ла (8) представляет собою выражение закона Клаузиуса-Моссоти. Стоящая в левой части величина, которая может быть названа молекулярной поляризацией, характеризует собой химические свойства данного вещества. Она не зависит от его плотности и агрегатного состояния.

Поляризация Д. может иметь двойное происхождение: во-первых, раздвижение противоположных зарядов внутри каждого атома и каждой молекулы и, во-вторых, поворот по направлению электрич. поля молекул, если они по своей химич. структуре обладают уже электрич. диполем. В первом случае диэлектрич. постоянная почти не зависит от  $f^\circ$  и мало зависит от частоты переменного поля вплоть до тех высоких частот (порядка  $10^{12}$  пер/сек. и выше), где уже начинает сказываться резонанс с собственными колебаниями молекул. В этом случае диэлектрич. постоянная  $\epsilon$  близка к квадрату показателя преломления  $n$  для длинных волн:  $\epsilon \cong n^2$  и не превышает 3—4. Во втором случае поворот диполей по направлению поля противодействует тепловому движению, стремящемуся разбросать их по всевозможным направлениям. Чем ниже температура, тем слабее это противодействие и тем выше диэлектрическая постоянная.

Дебай, которому принадлежит теория дипольной поляризации и ее опытное изучение, дал для молекулярной поляризации следующее выражение:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{\rho} = \frac{4\pi}{3} N \gamma + \frac{4\pi}{3} N \frac{\mu^2}{3kT}. \quad (9)$$

Здесь первый член правой части выражает, как в (8), поляризацию, вызванную только смещением зарядов, а второй член—поляризацию вследствие поворота диполей;  $\mu$  представляет собою электрич. момент диполя, а  $T$ —абсолютную темп-ру.

Зависимость диэлектрич. постоянной от частоты в случае поворота диполей определяется испытываемым им трением при повороте. С увеличением частоты наступает уменьшение диэлектрич. постоянной, и при больших частотах в выражении (9) остается только первый член. Точно так же при переходе в твердое состояние поворот диполей либо делается невозможным либо чрезвычайно затрудняется уже при небольших частотах. И в этом случае выражение (9) сводится к одному первому члену. Обычно второй член значительно больше первого, и поэтому Д. с вращающимися диполями обладают диэлектрич. постоянной порядка нескольких десятков (для воды, например,  $\epsilon \cong 80$ ). В очень сильных электрич. полях диэлектрич. постоянная дипольных жидкостей падает, т. к. наступает насыщение. Очевидно, напр., что дальнейшее нарастание поля не может увеличить поляризацию, когда все диполи повернутся вдоль поля. Наконец, присутствие диполей в молекулах проявляется в величине сил молекулярных взаимодействий, которые ведут к образованию сложных ассоциированных молекул [в случае воды, напр.,  $(\text{H}_2\text{O})_6$ ,  $(\text{H}_2\text{O})_4$ ,...]. Дипольные моменты  $\mu$  имеют следующие значения для нек-рых жидкостей и газов в электростатич. единицах: вода  $1,87 \cdot 10^{-18}$ ; хлористый водород  $2,15 \cdot 10^{-18}$ , ни-

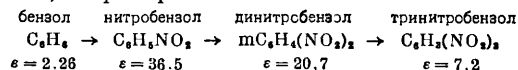
тробензол  $0,57 \cdot 10^{-18}$ ; ацетон  $0,34 \cdot 10^{-18}$ ; этиловый эфир  $1,18 \cdot 10^{-18}$ ; уголекислота  $0,14 \cdot 10^{-18}$ ; окись углерода  $0,12 \cdot 10^{-18}$ .

**А. Иоффе.**

Поляризуемость диэлектрич. сред, очевидно, зависит от смещаемости зарядов внутри отдельной молекулы и от смещаемости молекул в отношении друг друга. Первая показывает принципиальную зависимость диэлектрич. коэф-та от химич. состава молекулы, а вторая—от физич. состояния диэлектрич. среды как агрегата молекул.

Зависимость от состава. О зависимости диэлектрич. коэф-та от состава имеется несколько ценных указаний. Наиболее связанное из них разработано П. И. Вальдемом (в 1910 г.). Он подтвердил установленную Эггерсом (в 1904 г.) неаддитивность диэлектрич. коэф-та: объединяясь в молекулы, атомы и атомные группы изменяют диэлектрич. свойства друг друга. Затем Вальден установил существование атомных групп двойного рода — диэлектрофоров и диэлектрогенов. Диэлектрофоры бывают трех родов: электроотрицательные радикалы (ОН, NO<sub>2</sub>, СО, SO<sub>2</sub>, Н—СО, С=О); со-

единение многовалентных элементов между собой [CN, SCN, NCS (изородан), NH<sub>2</sub>]; галогидные ионы (F, Cl, Br, J). Диэлектрогены—это электроположительные радикалы (Н, СН<sub>2</sub>, СН, ..., С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>, ..., т. е. водород, алкиловый, алилиловый и т. п. остатки). Диэлектрофоры—носители большой проводимости; диэлектрогены—условие раскрытия свойств диэлектрофоров. Диэлектрофоры при сочетаниях между собой не дают веществ высокой индуктивности. Равным образом не дает таких веществ и сочетание диэлектрогенов. Но вступление одного диэлектрофора в молекулу, содержащую одни только диэлектрогены, значительно повышает индуктивность. Примерами являются: Н<sub>2</sub>О, СН<sub>3</sub>ОН, HCN, СН<sub>3</sub>NO<sub>2</sub> с соответствующими диэлектрич. коэф-тами—80, 35, 95 и 40. Дальнейшее введение в ту же молекулу новых диэлектрофоров (второго, третьего и т. д.) ведет к понижению индуктивности; например:



Но если второй вводимый в молекулу диэлектрофор отличен от первого, то они друг друга не подавляют, и индуктивность сложной молекулы оказывается возросшей; напр.:



Твинг предложил ф-лу для вычисления диэлектрич. коэф-та  $\epsilon$  в зависимости от состава вещества:

$$\epsilon = \frac{D}{M} \sum_{k=1}^n a_k \cdot \epsilon_k$$

Здесь  $D$ —плотность вещества,  $M$ —мол. вес его,  $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_k$ —особые числа, характеризующие диэлектрич. поведение атомов или их групп,  $a_1, a_2, \dots, a_n$ —числа этих атомов или групп. Для элементарных атомов с

ат. в.  $A_x$ , коэфф.  $\epsilon_x$  равен  $2,6 A_x$  или, иногда, аликвотной части этой величины; атомные же группы имеют особые соответствующие коэф-ты индуктивности, напр.: 1 356 для ОН, 1520 для СО и т. д. Формула Твинга иногда вводит, однако, в грубую ошибку.

Траубе дает соотношение:

$$\frac{M}{D} = \epsilon - 2,6D = c,$$

где  $c$  изменяется между 0 и 30, но остается постоянной для целых классов тел.

Соотношение Ланга, относящееся к газам:

$$\frac{\epsilon - 1}{s} = 0,000123,$$

где  $s$  есть сумма валентностей всех атомов, входящих в молекулу газа (например,  $s$  для СО<sub>2</sub> будет 8).

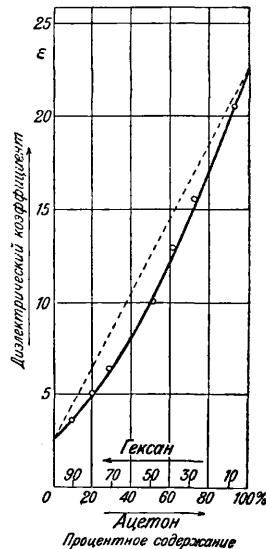
Согласно правилу Д. К. Добросердова, индуктивность у металлоидов возрастает в периодич. системе: по горизонтальным рядам вместе с валентностью, а по вертикали— вместе с атомным весом.

Индуктивность смесей и растворов. Смеси жидкостей между собою

в различных отношениях не дают для  $\epsilon$  точной линейной зависимости. Фиг. 1 показывает пример такой зависимости для смесей гексана с ацетоном. Пунктиром проведена кривая зависимости  $\epsilon$  той же смеси от плотности при соответствующем процентном составе. Предложенные различными исследователями выражения для зависимости  $\epsilon$  от пропорции раствора оказались, по исследованию Добросердова, одинаково точно выражающими ход явления, так что опыт не дал пока решающего основания для выбора какого-либо из них. Весьма приблизительно  $\epsilon$  все-таки подчиняется закону смешения, и поэтому растворы, при весьма малом содержании электролита, почти неумовно меняют индуктивность, хотя проводимость возрастает, напр., в 5-6 раз; даже при изменении проводимости в 1 000 раз индуктивность изменяется лишь в пределах 1%. Для дисперсных сред связь между диэлектрич. коэф-циентом  $\epsilon$  среды и коэф-тами  $\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n$  фаз, имеющих плотности  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , выведена Моссотти и Клаузиусом на основании предположения о сферичности частиц ( $n-1$  веществ), взвешенных в среде. Это соотношение выражается след. образом:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \sum_{k=1}^{k=n} \frac{D_k}{d_k} \cdot \frac{\epsilon_k - 1}{\epsilon_k + 1},$$

где  $D_1, D_2, \dots, D_n$ —частные плотности указанных фаз в смеси (т. е. отношение каждой массы каждой фазы к полному объему смеси).



Фиг. 1.

Соотношение Моссотти-Клаузиуса подтверждено опытом, поскольку частицы действительно были сферичны.

Зависимость  $\epsilon$  от давления. Опытном установлена, как и следовало ожидать, линейная зависимость индуктивности от давления  $p$  в газах, вида

$$\epsilon_p = 1 + b \cdot p,$$

где  $b$ —постоянный множитель, а  $p$ —давление. Для жидкостей установлено небольшое увеличение  $\epsilon$  (порядка 1—3%) при возрастании  $p$  до 200 и более *atm*, а для твердых Д. определенных результатов пока не получено.

Зависимость  $\epsilon$  от  $t^\circ$ . Темперный коэфф. индуктивности Д. довольно значителен; у газов и жидкостей он отрицателен, а у твердых тел б. ч. положителен. Жидкости подчиняются зависимости, установленной Аббеггом (в 1879 г.):

$$\epsilon = c \cdot e^{-\frac{T}{190}},$$

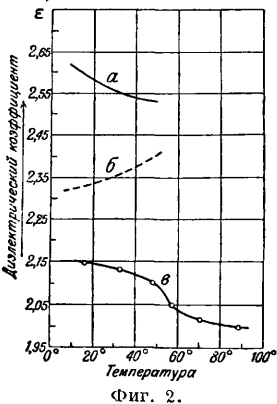
где  $c$ —константа вещества. Для воды в промежутке  $t^\circ$  от 4,7 до 20,75° имеется зависимость Геервагена:

$$\epsilon = 87,032 - 0,362t.$$

При сильном охлаждении (до -185°) различных жидкостей, имеющих  $\epsilon$  от 70,8 до 2,67 при 15°,  $\epsilon$  у всех их стремится почти к одной и той же величине, колеблющейся между 3,13 и 2,12. Наиболее общая зависимость  $\epsilon$  от  $T$  выведена теоретически Дебаем (в 1912 году) в предположении, что в Д. имеются квази-упругие электронные связи и жестко связанные диполи; это соотношение:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \frac{T}{d} = a + b \cdot T,$$

где  $d$ —плотность тела,  $a$  и  $b$ —константы вещества, из которых первая зависит от существования диполя. Разный смысл изменения  $\epsilon$  с  $t^\circ$  у твердых тел наглядно показан на фиг. 2; кривая  $a$  относится к сырому чистому паракаучуку,  $b$ —к эбониту,  $c$ —к парафину, при чем точка плавления его при 54° выражается перегибом кривой. У стекл повышение темп-ры от комнатной до 130° вызывает увеличение  $\epsilon$  от 3 до 10%, смотря по составу.



Фиг. 2.

Зависимость  $\epsilon$  от агрегатного состояния. При переходе жидкостей через критическое состояние индуктивность их не претерпевает скачка, но при плавлении изменяется прерывно и притом в сторону уменьшения. Кроме того, в твердых телах, при анизотропии,  $\epsilon$  различно в различных направлениях. Такого рода явления показывают кристаллы, древесина, слоистые диэлектрики и т. д.

Зависимость  $\epsilon$  от освещения. Поглощение квантов света оптич. средами ведет к изменению  $\epsilon$  этих сред, при чем при

повышении  $t^\circ$  обнаруживается максимум  $\epsilon$  (для фосфоресцирующего сернистого цинка при 127°). Этот эффект Гуддена-Поля установлен у т. н. «фосфоров» (фосфоресцирующих веществ). Индуктивность возрастает с течением времени (от 1 до 3 мин.) и, после того как прекращено световое возбуждение, падает тоже не сразу. Зависимости  $\epsilon$  от действия лучей радия, напротив, не оказалось (Ж. Гебан).

П. Флоренский.

**Электропроводность Д.** Наряду с диэлектрич. постоянной, каждый Д. обладает и некоторой электропроводностью, вызванной необратимым и значительным смещением зарядов внутри Д. Измерение электропроводности Д. затрудняется, помимо малости измеряемых величин, еще скоплением внутри Д. объемных зарядов, к-рые сильно искажают поле. Если к Д. приложить постоянную разность потенциалов  $V$ , то с течением времени раздвигаемые полем заряды образуют все растущую обратную электродвижущую силу  $P$ , уменьшающую поле в Д. Поэтому сила тока  $I$  в данный момент

$$I = \frac{V - P}{R} \tag{10}$$

уменьшается с течением времени. При замыкании на короткое появляется ток обратного направления  $I_k = \frac{-P}{R}$ , также убывающий со временем.

Трудность измерения сопротивления  $R$  и обратной величины, электропроводности,  $S = \frac{1}{R}$  обуславливается измерением переменной во времени величины  $P$ . В иных случаях нарастание  $P$  происходит за малые доли секунды, и, определяя сопротивление  $R$  по ф-ле  $R \cong \frac{V}{I}$ , мы преувеличиваем  $R$  иногда в сотни и тысячи раз. Пока количества электричества, протекшие через Д., невелики,  $R$  в ф-ле (10) сохраняет постоянное значение, но при длительном пропускании сильных токов (порядка  $10^{-3}$ — $10^{-5}$  А) наступает возрастание  $P$ , вызванное очисткой Д. от наилучше проводящих примесей. Обыкновенно очищаются только небольшие слои у одного из электродов, из к-рых уводятся примеси. Тогда в Д. появляется тонкий слой, гораздо хуже проводящий, чем остальная масса. В этом слое сосредоточивается почти все падение потенциала. Чем большее количество электричества прошло через Д., тем толще этот слой. В жидкости ток уводит, помимо ионов примесей, взвешенные в ней пылинки, которые заряжаются от соприкосновения с жидкостью. Эта очистка также ведет к уменьшению электропроводности.

Распределение объемных зарядов, создающих обратную эдс  $P$ , может быть двояким: они либо сконцентрированы в тонком слое (0,01—0,001 мм) у электрода либо же распределены по всей толще Д.—положительные заряды со стороны катода, отрицательные—у анода. С течением времени  $P$  возрастает до значения  $P_{max}$ , близкого к приложенной разности потенциалов  $V$ , и остаточный ток тогда падает до очень малых значений. С повышением  $t^\circ$  отношение  $\frac{P_{max}}{V}$  уменьшается, и остаточный ток составляет все большую часть

начального. И при низких  $t^\circ$  величина  $R_{max}$  не превосходит некоторого предела (2 000—5 000 V), определяемого тем, чтобы электрическое поле у электродов не превосходило  $10^8$  V/см.

Большинство Д. обладает электролитич. электропроводностью, при чем подвижность одного из ионов (чаще всего положительного) преобладает. С повышением  $t^\circ$  электропроводность растет

$$S = S_0 e^{-\frac{\alpha}{T}}$$

где  $\alpha$  имеет значение ок. 10 000. При нагревании на  $1^\circ S$  возрастает приблизительно на 10%, при нагревании на  $100^\circ$ —в  $10^5$  раз. Электропроводность нек-рых Д. при комнатной  $t^\circ$  имеет значение: абсолютно чистые квасцы  $20 \cdot 10^{-16}$ , обычные препараты квасцов  $\sim 10 000 \cdot 10^{-16}$ , кварцевое стекло  $< 2 \cdot 10^{-19}$ , слюда—от  $10^{-11}$  до  $10^{-1}$ , стекло от  $10^{-11}$  до  $10^{-15}$ , янтарь  $\sim 10^{-18}$ . В некоторых Д. (сера, сернистые металлы, нек-рые окислы) установлена была электронная электропроводность. Такой же электропроводностью обладают Д. с большим коэфф-том преломления  $n > 2$  (алмаз, селен) при освещении ультрафиолетовым светом. В каменной соли и аналогичных солях, окрашенных рентгеновскими лучами, свет также создает электроны, вызывающие электропроводность, повышенную в тысячи раз по сравнению с нормальной. При электронной проводимости  $t^\circ$ -ный коэфф. мал или даже отрицателен. Образование объемных зарядов имеет место и здесь.

Джоулево тепло, выделяемое током в Д., является основной причиной потерь энергии, наблюдаемых в особенности в переменных электрич. полях. Кроме того, как показал еще Максвелл, явления потерь и гистерезиса должны наблюдаться в Д., составленных из отдельных слоев, обладающих различным отношением электропроводности к диэлектрич. постоянной. Потери могут также вызываться поворотом диполей с трением (как, напр., в случае глицерина). Однако, вычисление джоулева тепла при правильном учете объемных зарядов дает правильные значения потерь, тогда как без этого учета получаются совершенно неверные результаты.

Изучение механизма прохождения тока приводит к теории диэлектрич. прочности (см. *Пробой*).

**А. Иоффе.**

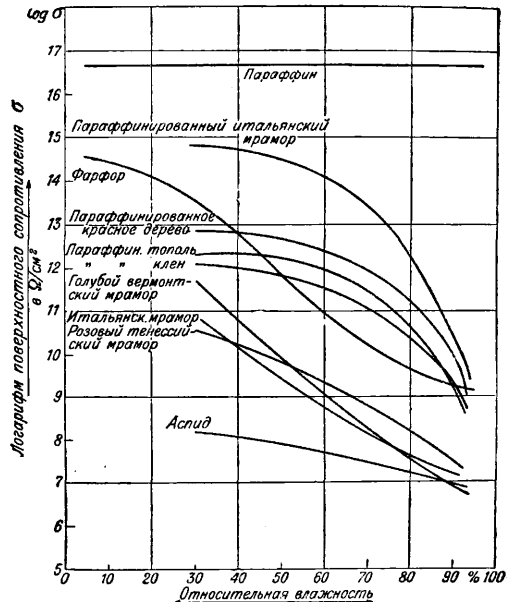
**Поверхностная электропроводность.** Прохождение тока по поверхности тел имеет порядок величины и самый механизм, отличные от таковых же при прохождении тока через толщу того же вещества. Это обусловлено особыми свойствами поверхности всякого тела, а также особыми условиями, в к-рых она находится. Механизм поверхностной электропроводности изучен весьма недостаточно. Факторы поверхностной электропроводности многочисленны. К числу их надо отнести: электросмотич. и электрофоретический процессы вдоль этой поверхности, особенно когда она соприкасается с жидкостью; адсорбированные на поверхности пленки влаги, коллоидов и других веществ; электролиты, возникшие за счет разложения, окисления, выветривания самого Д.; фотоэлектрич. эффект и т. д. Практически

наибольшее значение в явлениях поверхностной проводимости имеет адсорбированная влажность. По возрастающей поверхностной влажностью обычные Д. могут быть расположены в ряд: стекло, эбонит, янтарь, сера, парафин, церезин. В табл. 2 примерно

Табл. 2.—Потеря поверхности сопротивл. при увеличении влажности.

Вещество	Изменение относительной влажности в %		Потеря поверхн. сопротивл. в %
	от	до	
Эбонит полированный	82	93	98
Стекло . . . . .	49	60	96
Янтарь . . . . .	77,5	88	90

охарактеризовано изменение поверхностного сопротивления нек-рых веществ при изменяющейся влажности. На фиг. 3 показана (по Кертису) зависимость поверхностного сопротивления нек-рых изолирующих материалов от относительной влажности. При изменении влажности поверхностная проводимость особенно сильно меняется у тел с развитой поверхностью, наприм., у *волокнистых изоляционных материалов* (см.), *ваты* (см.) и т. п. Многие Д. обнаруживают фотоэлектрич. эффект, вследствие чего проводимость поверхностного слоя возрастает (сера, эбонит). Изменение проводимости от действия света особенно заметно обнаруживается у *селена* (см.) в весьма тонком слое (около 0,014 мм), а также у ряда минералов:

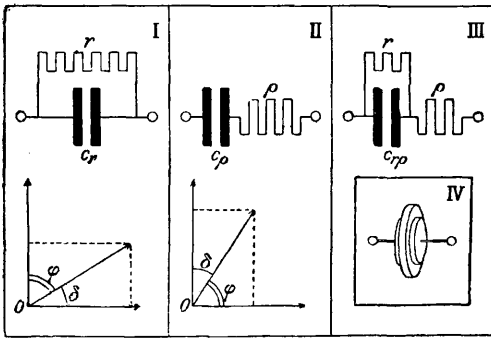


Фиг. 3.

висмутита ( $Bi_2S_3$ ), аргентита кубич. системы и акантита ромбич. системы ( $Ag_2S$ ), галенита ( $PbS$ ), пearцита ( $Ag_3AsS_3$ ), миаргирита ( $AgSb_2S_3$ ), джемсонита ( $Pb_2Sb_2S_5$ ), бурнонита ( $Cu_2Pb_2Sb_2S_5$ ), буланжерита ( $Pb_5Sb_4S_{11}$ ) и т. д. Из них наиболее замечательны висмутин и

буланжерит; один образчик последнего при переходе от полного солнечного света к темноте изменил свое сопротивление на 5 000%.

**Рассеяние энергии.** Угол диэлектрических потерь. На первой ступени точности при подходе к диэлектрику за



Фиг. 4.

ним не признается никакой проводимости; такой отвлеченный, или схематич., Д. обладает лишь индуктивностью и способен при наложении на него поля к передаче лишь нормального емкостного тока. На второй ступени приближения учитывается также кондуктивность Д.; под схему этого идеального, или совершенного, Д. подходят до известной степени газы и нек-рые твердые Д. (напр., парафин); ток через них складывается из емкостного  $I_1$  и нормального тока проводимости  $I_2$ . Однако большинство действительно существующих Д. никак не м. б. подведены и под схему совершенного Д. Зарядный ток конденсатора с такими Д., наряду со слагаемыми  $I_1$  и  $I_2$ , имеет третье слагаемое—аномальный ток  $I_3$ , прямой или обратный—в зависимости от возрастания или убывания поля. Это—явление электрического гистерезиса (см.). При периодич. изменении поля действительно существующие Д. дают вследствие гистерезиса смещение фазы на нек-рый угол  $\delta$ , называемый углом диэлектр. потерь. Следствием этих потерь бывает выделение в Д. теплоты (теплота Сименса), сверх теплоты Джоуля. Физическая причина этих явлений с формальной стороны есть электрич. неоднородность среды, при чем происходит смещение электрич. масс, отстающее по фазе от поля. Во многих случаях к этой неоднородности в особенности ведет присутствие электролитов в тончайших каналах, рассеянных по Д. Угол диэлектрических потерь может, согласно Бетману, служить мерой степени несовершенства Д.; Бетман предлагал даже делить вещества на Д. и проводники по пограничному значению  $45^\circ$  для угла потерь.

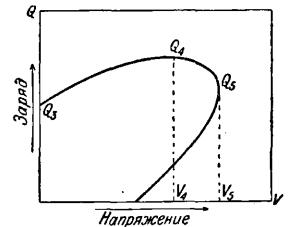
Анизотропность Д. ведет также к неравенству угла потери по разным направлениям (см. *Анизотропный проводник*). Конденсатор (Фиг. 4, IV) с диэлектрич. потерями м. б. заменен эквивалентным ему схематич. конденсатором, но имеющим еще присоединенную к нему систему проводников: параллельных I, дающих утечку, последовательных II, дающих электрическую вязкость, и, наконец, комбинированную систему III.

Явление диэлектрич. потерь, неизвестное первоначально, делает невозможным сохранить прежние электростатич. понятия о емкости конденсатора и диэлектрич. коэфф-те его среды. В самом деле, мыслить установившееся состояние конденсатора с действительным Д. не приходится; если же говорить о состоянии его динамики, то возникает вопрос, на каком именно из моментов надо остановиться, так как в изменяющемся поле заряд такого конденсатора непрерывно меняется. В то время как вектор заряжающей эдс  $V$  описывает некоторый контур, в соответственные моменты заряд  $Q$ , тоже вектор, дает другой контур. Чтобы получить величину емкости  $C$  и диэлектрич. коэффицента, согласно первоначальному определению, необходимо разделить комплексную величину  $Q$  на такую же  $V$ . Это отношение, во-первых, все время меняется, само представляя функцию времени, и, во-вторых, выражается комплексной величиной, а на плоскости—нек-рым контуром; вид этого контура зависит не только от свойств диэлектрич. среды, но и от характера изменения эдс. Т. о., понятия емкости и диэлектрич. коэфф-та становятся вполне неопределенными. На практике произвол выбора суживается применением полей исключительно синусоидных, и тогда заряд конденсатора графически выражается эллипсом (ТЭ, т. V, ст. 626, фиг. 2); емкость конденсатора тогда будет отношением ординаты эллипса к соответственной абсциссе. Однако и это, в сущности искусственное, сужение понятия о емкости (соответственно—о диэлектрич. коэфф-те) оставляет неопределенную возможность выбора той или другой из ординат.

Как более выдающиеся виды емкости можно отметить: 1) мгновенную емкость  $Q_1/V_1$ —при весьма кратковременном действии эдс; 2) максимальную емкость  $Q_2/V_2$ —при весьма длительном приложении постоянной эдс; 3) емкость в данное мгновение  $Q_t/V$ ; 4) емкость при переменной эдс  $Q_4/V_5$ ; 5) активную составляющую емкости при переменной эдс  $Q_3/V_5$ ; 6) реактивную составляющую емкости  $Q_5/V_5$ . Величины  $Q_3$ ,  $Q_4$ ,  $Q_5$  показаны на фиг. 5.

Рассеяние энергии в практических применяемых Д. (изоляция кабелей, различные ходовые изоляционные материалы и т. д.) обычно характеризуется значениями коэфф. мощности между 1 и 6%, чаще всего—в среднем  $2\frac{1}{2}\%$ . У наилучших изоляционных материалов угол диэлектрических потерь не превышает  $1^\circ$ ; при этом он возрастает, как показывают примеры в табл. 3, не в соответствии с проводимостью.

Зависимость угла потерь от разных факторов. Угол диэлектрич. потерь  $\delta$  зависит от физического состояния Д., возрастая при температурах, дающих у сплавов особую неоднородность, вследствие плавления одной из фаз. Величина  $\delta$  зависит, далее, от строения Д. и его выработки и



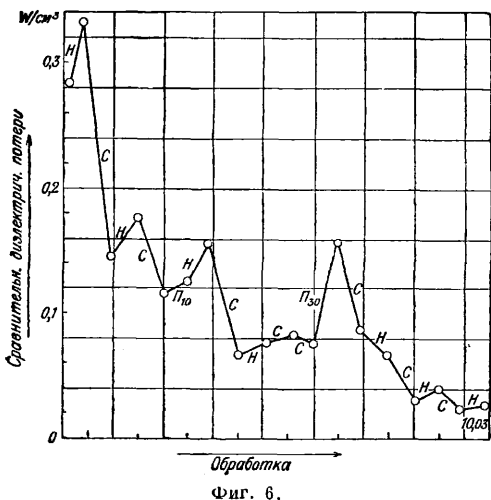
Фиг. 5.

Табл. 3. — Примеры соотношения  $\delta$  и проводимости.

Вещество	Угол потери	Вещество	Угол потери
Горный хрусталь . . . . Слюда . . . . Плавленый горный хрусталь . . . .	Проводимость $\kappa = 10^{-14}$ мхо-см	Янтарь . . . .	17,0'
		Тверд. научук	22,1'
		Прессшпан . . .	91,7'

может служить, по мнению нек-рых исследователей, наилучшим критерием для суждения о качестве Д. Присутствие влажноти в Д., особенно в волокнистых изоляционных материалах и в дереве, значительно повышает  $\delta$  и проводимость, просушка же ведет к обратным последствиям. Фиг. 6 наглядно показывает (по Скиннеру), как изменяются диэлектрич. потери микарты при последовательных обработках;  $H$  означает нагревание в печи,  $C$  — сушку в пустоте,  $\Pi$  — постарение в воздухе, длительность (в часах) которого указана индексом.

Весьма вредно в отношении рассеяния энергии поля присутствие в Д. воздушных пузырьков, пленок и зазоров: на эти воздушные промежутки, заключенные в Д. большой индуктивности, приходится особенно большие значения градиента, и потому при повышении напряжения градиент особенно легко делается здесь критическим и вызывает ионизацию; эта последняя ведет к постарению изоляции и, кроме того, к резкому повышению коэфф-та мощности. Вероятно, наличием воздушных и влажных пленок объясняется также существенная зависимость угла потерь (и емкости) в конденсаторах с тонкими Д. от вида обкладок, накатки их и степени близости к Д. Диэлектрич. потери  $W$  возрастают с градиентом  $E$  поля в параболическом отношении ( $W = a \cdot E^2$ ), при чем

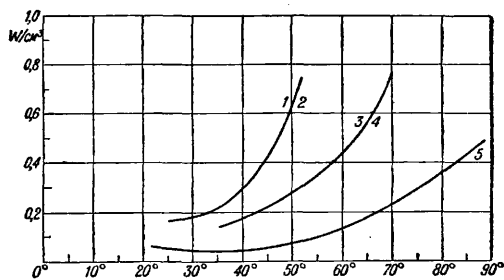


Фиг. 6.

порядок параболы  $n$  меняется с  $t^\circ$  и веществом, равно как и постоянная  $a$ . Так, когда  $t^\circ$  возрастает от 15 до 120°, то  $n$  у целого ряда Д. падает от 2,7 до 1,9; при  $t^\circ$  ниже 100° коэфф-т мощности возрастает и притом пропорционально градиенту поля; при  $t^\circ$  выше 100° коэфф. мощности убывает,

часто обратно пропорционально градиенту, а иногда тоже растет или имеет минимум. По исследованию Фригона, существует невыгоднейшая толщина Д., при которой он наименее рассеивает энергию поля, каково бы ни было напряжение. Во многих случаях величина

диэлектрич. потерь убывает с течением службы Д., который, как говорят, «формируется» переменным полем; точно также Д. конденсатора, после длительной зарядки последнего, обнаруживает меньшую утечку — «очищается». С возрастанием  $t^\circ$  диэлектрические потери в большинстве Д. значительно возрастают, но в нек-рых случаях могут иметь максимум, объясняемый увеличением однородности Д. Зависимость диэлектрич. потерь от  $t^\circ$  — параболич. вида  $W = \beta \cdot t^m$ ,



Фиг. 7.

при чем  $\beta$  и  $m$  тоже изменяются с  $t^\circ$ , но сравнительно медленно. Так, во многих случаях в  $t^\circ$ -ном промежутке 0—25° показатель  $m = -0,3$ , а между 70 и 125° его значение = 3,6. Фиг. 7 дает пример кривых диэлектрич. потерь в слюдяных изоляционных трубках соответственно возрастанию  $t^\circ$ ; кривая 1 относится к микафоллию, сливающаяся с ней кривая 2 — к 70—80%-ной слюде, 3 и 4 — к чистой слюде, 5 — к микартафоллию. Зависимость диэлектрич. потерь  $W$  от частоты исследовалась теоретически (И. Иордан, Е. фон-Швейдлер, К. В. Вагнер) и экспериментально. Эта зависимость — параболич. вида  $W = \gamma \cdot \omega^k$ , где  $k > 0,5$  и  $< 1$ ; при этом  $k$  тоже зависит от  $\omega$ , но изменяется медленно и с возрастанием  $\omega$  стремится к 1.

На основании исследования Ж. Гранье, все твердые Д. можно разделить на два разряда. Разряд I (напр., слюда, эбонит):  $\gamma$  — мало,  $k$  — близко к 1; при постоянном поле утечки ничтожны; рассеиваемая энергия переменного поля мала и пропорциональна частоте; диэлектрич. коэфф-т неизменен. Разряд II (напр., дерево, мрамор):  $\gamma$  — велико;  $k$  — при обыкновенных частотах близко к 0,5; при постоянном поле утечки велики; рассеиваемая энергия при переменном поле велика при малых частотах и делается сравнительно меньшей при больших; диэлектрич. коэфф. с ростом частоты убывает; Д. II разряда посредственны при низких частотах и улучшаются при высоких. В жидкостях, кроме глицерина, вязкие диэлектрики. потери при технических частотах и радиочастотах ничтожны, и потому даже явно проводящие

жидкости оказываются при высоких частотах хорошими Д. (напр., у воды угол потерь при частоте 65 мегациклов—ок.  $1^\circ$ ). Зависимость диэлектрических потерь от  $f^\circ$  меняется с частотой. Фиг. 8 показывает (по К. В. Вагнеру) ход этого явления на примере бумажной изоляции кабелей высокого напряжения.

Диэлектрич. потери при относительном движении. Относительное смещение силового поля и Д. сопровождается диэлектрич. трением—вязким гистерезисом; поэтому подвижное поле сообщает телу некоторое ускорение, зависящее от проводимости  $\kappa$  и индуктивности  $\epsilon$  тела ( $m$ ) и среды ( $c$ ). В частном случае шарообразного тела с радиусом  $r$ , вращающегося вокруг оси с угловой скоростью  $\omega$ , поле градиента  $E$  сообщает Д. вращающийся момент; он выражается соотношением, найденным А. Лампа:

$$D = \frac{12 \pi r^3 \cdot E^2 \omega [(2\epsilon_c + 1)\kappa_m - (\epsilon_m + 1)\kappa_m]}{(2\epsilon_c + \epsilon_m + 3)^2 \omega^2 + 16\pi^2 (2\epsilon_c - \kappa_m)^2}$$

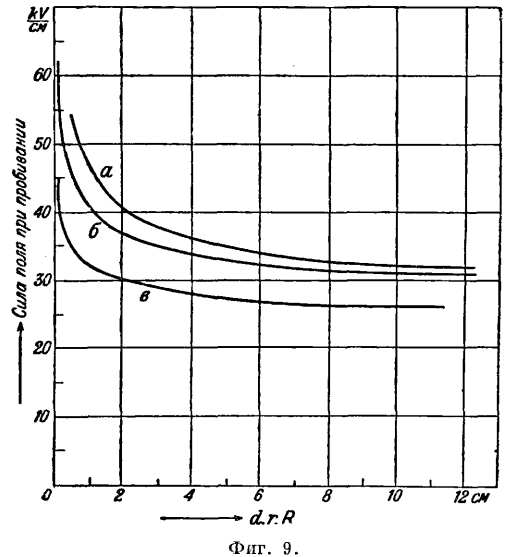
при чем индексы  $m$  и  $c$  относят соответственные величины к телу и среде;  $\kappa$  выражена в электростатических единицах. Вращение диэлектрика демонстрируется двигателем Р. Арно, аналогичным магнитному двигателю Феррариса.

**Электрический пробой.** Понятие о пробое. Изолирующая способность Д., т. е. их противодействие выравниванию электрич. потенциалов, всегда имеет нек-рый предел прочности, при чем изоляция дает отказ либо постепенно (и тогда мы говорим о проводимости) либо весьма быстро, практически—внезапно. В последнем случае явление отказа называется пробоем. С физической стороны пробой есть чрезвычайно быстрое, и притом нарастающее, усиление электрич. тока, проходящего через Д. Очевидно, этот перенос электрич. масс в значительном, и притом быстро возрастающем, количестве может происходить лишь за счет освобождения их из диэлектрич. среды и, следовательно, предполагает разрушение ее. Т. о., пробой происходит, когда превзойдена электрич. прочность (или крепость) Д., а напряжение, дающее пробой, соответствует разрушающему усилию в механическом сопротивлении материалов. Так как разрушающей причиной служит работа силы поля ( $E$ ), то сравнимость напряжения и пробоя при разной толщине Д. до известной степени м. б. достигнута, если дается не самое напряжение пробоя  $V$ , а соответственный градиент поля  $\frac{\partial V}{\partial n}$ ; в случае равномерного поля,

$E = \frac{V}{h}$ , где  $h$ —толщина пробиваемого Д. По основаниям, излагаемым ниже, оказывается весьма затруднительным установить, что именно следует разуметь под мерой пробойной крепости, как константы вещества, а равным образом определить условия и приемы измерения этой константы так, чтобы получать во всех случаях сравнимые ре-

зультаты. Как установлено опытом, электрическая (или также диэлектрическая) крепость зависит от химич. состава Д., его молекулярного микроскопического строения,  $t^\circ$ , влажности, внешних ионизирующих деятелей, быстроты подъема напряжения, формы и размеров электродов пробойника, давления их на испытуемый образец, толщины воздушных зазоров между Д. и электродами или между слоями Д., частоты приложенного напряжения, формы волны его, толщины слоя испытуемого образца, числа произведенных опытов, прежней службы Д., длительности его существования, хотя бы он и не находился в работе, и разных других сопровождающих обстоятельств.

Виды пробоя. Разрушение Д. при пробое можно представить себе трояким: во-первых, как чисто электрич. разрыв силами поля молекул или атомов Д.; во-вторых, как нарастающую ионизацию Д., подобную газовой проводимости в круто восходящей части ее характеристики; в-третьих, как тепловое проплавление или прожигание Д. током, быстро усиливающимся при известных условиях неустойчивого теплового равновесия. Все эти виды пробоя на самом деле м. б. в Д.; вид пробоя в каждом отдельном случае определяется главн. обр.  $t^\circ$ -ными условиями пробоя (теплопроводностью и теплоемкостью Д. и электродов,  $t^\circ$  среды) и толщиной пробиваемого слоя, к-рая отчасти тоже характеризует тепловые условия. Пробой чисто электрич. характера происходит в очень тонких слоях, где

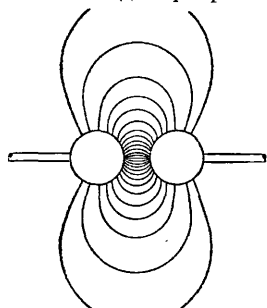


Фиг. 9.

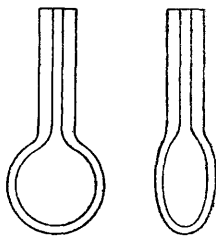
невозможна ионизация ударом и где хорошая теплоотдача не благоприятствует нарушению теплового равновесия. Подсчет показывает, что чисто электростатическ. разрушение идеальной кристаллической решетки каменной соли требует градиента около 130 MV/cm; на самом деле эта величина меньше, наприм., 0,6 MV/cm для каменной соли, а для стекла 1,02 MV/cm. Внезапное появление проводимости разреженных газов в электрич. поле при возрастании градиен-



та его Э. Бути объяснял ионизацией газовых молекул вследствие разрыва их силами электрич. поля; однако последние недостаточны для разрыва только статического,



Фиг. 10.

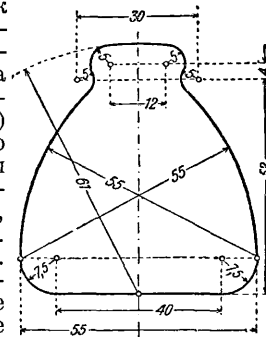


Фиг. 11.

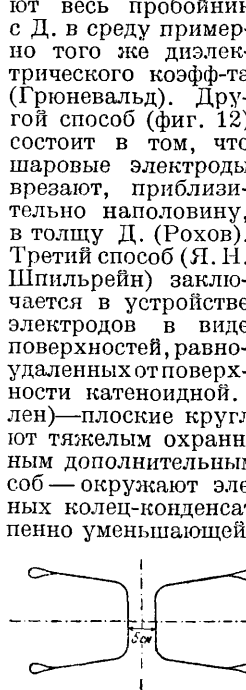
но, вероятно, облегчают ионизацию ударом. Пробой Д. в силу ударной ионизации происходит не только в газовых, но также и в жидких и в твердых средах. Практически наиболее часто происходит электрич. пробой теплового характера. Теория этого процесса, разработанная К. В. Вагнером, Дж. Л. Р. Гайденом и Ч. П. Штейнмецом, основана на подсчете теплового баланса в Д. между притоком джоулевой и сименсовой теплоты, образующейся действием минимального тока в Д., и отдачей ее вследствие теплопроводности и теплоемкости того же Д. Если тепловой баланс не превосходит нулевого значения, то Д. остается целым; если теплота возникает в избытке, то начинается более или менее быстрый перегрев соответственного места Д., влекущий за собою увеличение проводимости и угла потерь; вследствие этого опять усиливаются оба источника теплообразования, что, в свою очередь, ведет по тем же причинам к ускоренному нарастанию  $t^\circ$ . Таким обр.,  $t^\circ$  участка, в котором тепловое равновесие было нарушено, б. или м. быстро поднимается до разрушения Д. (расплавление, химич. разложение, прожигание) при весьма значительн. электропроводности.

Значение геометрич. факторов при пробое. Каков бы ни был механизм пробоя, исходным началом всех его видов служит электрическое поле; поэтому именно форма поля, т. е. распределение силовых линий в пространстве, а не сама по себе разность потенциалов, определяет характер процесса. Таким образом, в явлениях пробоя существенное значение имеют величина и форма электродов, между к-рыми происходит пробой. Фиг. 9 показывает, по А. Швайгеру, зависимость силы пробивающего поля от размеров и вида электродов. Кривая а относится к шаровым электродам радиуса R, кривая б—к цилиндрическим коаксиальным, с внутренним радиусом r, а кривая в—к круглым пластичатым, радиуса d. Во всех указанных случаях пробивающее поле неоднородно (пример—на фиг. 10); этим обстоятельством затрудняется сопоставле-

ние испытаний на пробивную крепость, раз только меняются размеры и форма электродов и их взаимное расстояние. Неоднородность поля в особенности повышается при пробое твердых Д., когда диэлектрич. среда оказывается по меньшей мере из двух разнородных тел. Поэтому, когда желают достигнуть большей однородности поля, изготовляют из испытуемого материала трубочки с резервуарами (фиг. 11), которые и служат электродами (Мосьцкий), или же погружают весь пробойник с Д. в среду примерно того же диэлектрического коэфф-та (Грюневальд). Другой способ (фиг. 12) состоит в том, что шаровые электроды врезают, приблизительно наполовину, в толщу Д. (Рохов). Третий способ (Я. Н. Шпильрейн) заключается в устройстве электродов в виде поверхностей, равноудаленных от поверхности катеноидной. Четвертый способ (Аллен)—плоские круглые электроды снабжают тяжелым охранным кольцом, подложенным дополнительным слоем Д. Пятый способ—ограждают электрод системой охранных колец-конденсаторов (фиг. 13) постепенно уменьшающейся емкости, выравнивающих градиент внутреннего поля (Зоппенштейн). Практически чаще всего пользуются плоскими электродами с закругленными краями. Те же электроды, при известном усовершенствовании, применяются в грушевидной форме (фиг. 14, размеры в мм) или в виде электродов Роговского (фиг. 15). Английск. нормы рекомендуют пробой между диском и шаром радиусом в 25 мм, при чем электрич. крепость E получается от произведения  $V/h$  на особый коэфф.  $\beta$ , к-рый представляет собой функцию толщины h и дается таблицей или графически. Наконец, К. В. Вагнер предложил для однородности поля прокладывать между Д. и электродом кусок соответственно пропитанного дерева или же вообще полупроводника W (фиг. 16). Пробивная крепость Д. оказывается более однородной при большем размере электродов, чем при меньшем; кроме того, изменяются также и средние значения. Затем, пробивная крепость меняется также от давления электродов, а именно—падает при его возрастании, асимптотически стремясь

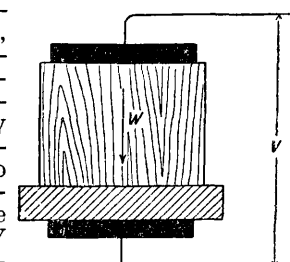


Фиг. 14.



Фиг. 15.

усовершенствовании, применяются в грушевидной форме (фиг. 14, размеры в мм) или в виде электродов Роговского (фиг. 15). Английск. нормы рекомендуют пробой между диском и шаром радиусом в 25 мм, при чем электрич. крепость E получается от произведения  $V/h$  на особый коэфф.  $\beta$ , к-рый представляет собой функцию толщины h и дается таблицей или графически. Наконец, К. В. Вагнер предложил для однородности поля прокладывать между Д. и электродом кусок соответственно пропитанного дерева или же вообще полупроводника W (фиг. 16). Пробивная крепость Д. оказывается более однородной при большем размере электродов, чем при меньшем; кроме того, изменяются также и средние значения. Затем, пробивная крепость меняется также от давления электродов, а именно—падает при его возрастании, асимптотически стремясь



Фиг. 16.

к постоянному значению, к которому близко подходит при давлении 0,6 кг/см<sup>2</sup>. Зависимость пробойной крепости от толщины Д. особенно заметна, при чем кривая соответственной зависимости имеет вид приблизительно равносторонней гиперболы, одна из осей которой—ось силы поля, а другая—параллель оси толщины (фиг. 17). В тонких слоях Д. имеют весьма большую электрич. крепость; при толщинах в несколько  $\mu$  крепость достигает нескольких МВ/см; так, пробойная крепость воздуха при толщине в 1  $\mu$  доходит до 1,5—1,7 МВ/см, а слюды, при толщине 14,5  $\mu$ ,—до 7—8 МВ/см. Зависимость пробойного напряжения  $V_{пр.}$  от толщины выражалась различными способами:

- $V_{пр.} = c \cdot h^{\frac{2}{3}}$  (I) (Баур)
- $h = a \cdot V_{пр.} + b \cdot V_{пр.}^2$  (II) (Штейнмец)
- $V_{пр.} = f \cdot \sqrt{h}$  (III) (Кинцбруннер, Мосъицкий)
- $V_{пр.} = E \cdot h$  (IV) (Швайгер, Вальтер, Мосъицкий)
- $E_{пр.} = a + b \cdot h$  (V) (Гаррис); при установлении краевого эффекта или под маслом
- $V_{пр.} = gh^n$  (VI) (Крог);  $\frac{1}{2} < n < \frac{2}{3}$ , плоско-параллельные электроды
- $V_{пр.} = hh$  (VII) (Мосъицкий); коаксиальные цилиндры
- $V_{пр.} = lh \pm m$  (VIII) (Грюневальд); плоско-параллельн. электроды
- $V_{пр.} = \frac{h}{nh + p}$  (IX) (Шуманн); шарообразные электроды

Здесь буквы *a, b, c, f, g, h, l, m, n, p* означают характерные постоянные данного вещества, а  $E_{пр.}$ —его пробойную крепость.

Опыты показывают, что при сравнительно значительных толщинах устранение краевого эффекта дает пробойное напряжение, пропорциональное толщине Д., т. е. независимость электрической крепости от толщины.

Значение физических факторов при пробое. Электрическая крепость Д. в большинстве случаев существенно зависит от  $t^\circ$  и, как общее правило, есть убывающая функция ее. В следующей сводке данных показана зависимость электрич. крепости от  $t^\circ$  (по Флайту) для некоторых употребительн. материалов (числа выражают остающуюся у данного материала при 100° электрич. крепость в % крепости при 30°).

Бумага . . . . .	30
Микарга . . . . .	50
Прессшпан . . . . .	70
Лак. прованное полотно	60
Различные слюдяные изоляц. материалы (слоидное полотно и бумага, микафоль, мапанит—твердый и жидкий) . . . . .	90

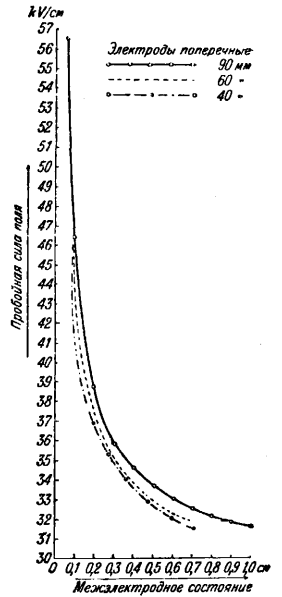
Однако, у нек-рых материалов электрич. крепость при повышении  $t^\circ$  может проходить через максимум, в связи с происходящей при этом просущкой Д. Напротив, влажность Д., особенно волокнистых или губчатых, даже при ничтожном содержании ее, существенно понижает электрич. крепость,

создавая протоки молионам и ионам. Так, напр., трансформаторн. масло, вполне сухое и при чистых электродах пробойника, имеет электрическую крепость 230 кВ/см, тогда как слегка сырое—ок. 20 кВ/см; уже 0,01% влаги понижает крепость масла вдвое. По Фризе, крепость масла  $E$  (в кВ/см) связана с содержанием влажностью  $p\%$  гиперболически:

$$E = \frac{0,11}{p} + 20.$$

Т. к. пробой совершается работой сил поля, то он не м. б. в строгом смысле мгновенным и запаздывает, делаясь возможным лишь по достижении импульсом сил достаточной величины. Классификация явлений пробоя по длительности наложения поля представлена ниже в табл. 5.

Время как фактор пробоя сказывается на пробое особенно своеобразно при напряжении, накладываемом ударно: пробой некоторых Д. происходит здесь, как взрыв. Т. н. фактор времени, или коэфф. удара  $\alpha$  (отношение крепости при ударном напряжении к крепости при напряжении непре-



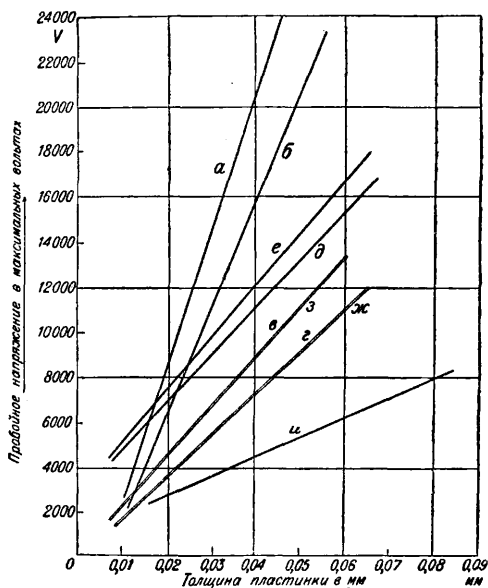
Фиг. 17.

Табл. 5.—Классификация явлений пробоя по длительности напряжения поля.

Нагрузка	Длительность нагрузки	Скорость подъема напряжения $\frac{dV}{dt}$	Фактор, понижающий электрическую крепость
Ударная . . . . .	От $10^{-4}$ до $10^{-3}$ сек.	Порядка 2МВ/сек.	Быстрое нарастание градиента, особенно повторное
Кратковременная	От неск. сек. до неск. мин.	Порядка 1кВ/сек.	Подъем $t^\circ$
Продолжительная	От неск. час. до неск. суток	Практически равна нулю	Утомление
Долговременная	Месяцы и годы	Практически равна нулю	Постарение

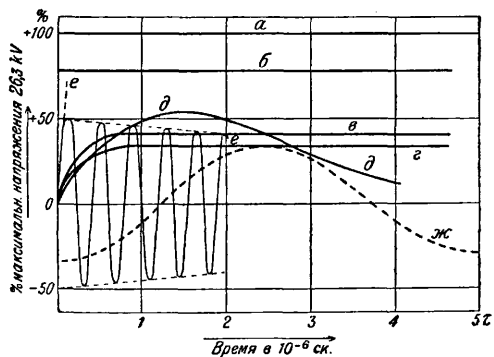
рывном), у одних Д. близок к 1—это тела электрически хрупкие; у других Д. он значительно больше 1, и такие тела причисляются к электрически вязким. В отношении электрич. удара газы напоминают твердые тела механики, тогда как твердые тела в электрич. отношении подобны газам в механике. Т. о., атмосфера представляет электрически твердую, но хрупкую, среду. В некоторых случаях Д. выдерживают удар хуже, чем постоянную нагрузку. Различное отношение Д. к удару объясняется наличием электрич. неоднородности, т. е. неравенства релаксации отдельных участков; последняя может иметь причиной либо различные индуктивности их (и тогда Д. выдерживают по-

стоянное или медленно переменное напряжение) либо различие проводимости (тогда Д. более стойки в отношении ударов).



Фиг. 18.

Фактор времени возрастает с увеличением пробойного расстояния и с крутизной фронта волны напряжения. В отношении твердых Д. электрич. удар действует кумулятивно, если не произошло пробоя сразу. Действие полей высокой частоты тоже связано с ударным характером напряжения каждой полу волны. Зависимость пробойной крепости от характера изменения поля наглядно показана на фиг. 18, по Гроневальду. Одна и та же (мадрасская) слюда испытывалась здесь на пробой нагрузками следующих видов: *a*—постоянное напряжение, *б*—переменное напряжение 50 пер/сек., *в*—однократный непериодич. удар, *д*—периодич. удар, *е*—прерванный удар, *жс*—удар разрядки конденсатора, *з*—напряжение большой частоты трансформатора Тесла, *и*—удар по предварительно поляризованному в противоположном



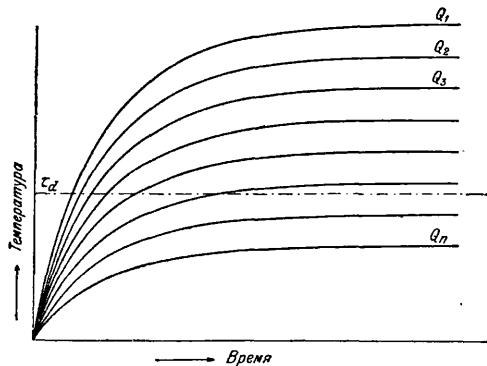
Фиг. 19.

смысле Д. Вид этих напряжений показан на фиг. 19. Пробой с кратковременной нагрузкой обусловлен накоплением теплоты Джоу-

левой и сименсовой. При этом  $t^\circ$  тела и время  $\tau$  действия поля связаны соотношением:

$$t = \frac{Q}{a} \left( 1 - e^{-\frac{a}{c} \tau} \right),$$

где  $Q$ —тепловая мощность процесса,  $c$ —теплоемкость тела,  $a$ —коэфф. теплоотдачи, при чем предполагается, что  $Q$ ,  $c$ ,  $a$  не меняются с  $t^\circ$ . Так назыв. постоянная времени (время, равное  $c : a$ ) показывает, насколько медленно поднимается  $t^\circ$ . Семейство соответственных кривых для разных значений  $Q : a$  представлено на фиг. 20. Параллель оси абсцисс дает в пересечении с этим семейством время, при котором Д. достигает заданной  $t^\circ$ . Зная зависимость электрич. крепости от  $t^\circ$ , можно установить на основании этого время, по прошествии к-рого Д. будет пробит. Пробой продолжительной нагрузкой обусловлен, наряду с нагревом, также диэлектрич. утомлением, к-рое медленно проходит, если Д. получает достаточный отдых. Наконец, пробой долговременной нагрузкой обусловлен постарением Д.—как от длительного действия поля, так и от независящих от поля причин. Постарение Д. отличается от утомления невосстановимостью первоначального состояния при отдыхе. Процесс постарения м. б. весьма различным: понижение дисперсности в коллоиде, перекристаллизация, проникновение влаги в поры



Фиг. 20.

и капилляры, полимеризация и деполимеризация, окисление, растрескивание, различные химич. изменения и т. д. Постарение Д. ускоряется электролизом, высокой или низкой  $t^\circ$  и, особенно, резкими изменениями  $t^\circ$ , действием озона и окислов азота, производимых короной, газовой ионизацией и т. д.

**Особые явления в Д.** Основные свойства диэлектриков находятся в зависимости от множества факторов, в том числе от самого поля и его изменения во времени. Это ведет к различным своеобразным явлениям в службе Д. Таковы: облегчение пробоя в присутствии пылеобразн. или рыхлых тел (эффект Волькотта); пьезоэлектрич. расширение кристаллов, ведущее к расшатыванию кристаллич. Д. в переменном поле (эффект Писли); стриктоэлектрич. явления, изменяющие форму Д. и, кроме того, ведущие к разрежению газа вдоль поверхности Д., с соответственным облегчением коронобразования (эффект Штауффера); электростатич. притяжения при наличии полупроводников (эффект

Ионсена-Рабека); ослабление электрич. крепости изоляции при введении в нее дополнительных изолирующих масс; преждевременный пробой, когда в месте пробоя получается резонанс гармоники; сохраняющаяся поляризация, если диполи закрепляются в ориентированном положении (электрет Хивисайда); дихроизм некоторых диэлектриков в электрическом поле; эффект Эверседа в волокнистых диэлектриках (см. *Волокнистые изоляционные материалы и Вата*); поляризация диэлектриков (эффект Иоффе и Кузнецова); анизотропные и униполярные явления в диэлектриках и т. д.

Использование Д. в технике м. б. весьма обогатено, если будут установлены соотношения, связывающие между собою различные свойства Д., хотя бы эти соотношения и не получили строго количественного характера. Пока таких соотношений установлено немного (например, правило Торнтон, по которому имеется пропорциональность между теплопроводностью диэлектриков и модулем Юнга). Дальнейшее см. в статьях: *Изоляционные электротехнические материалы и Изоляторы*.

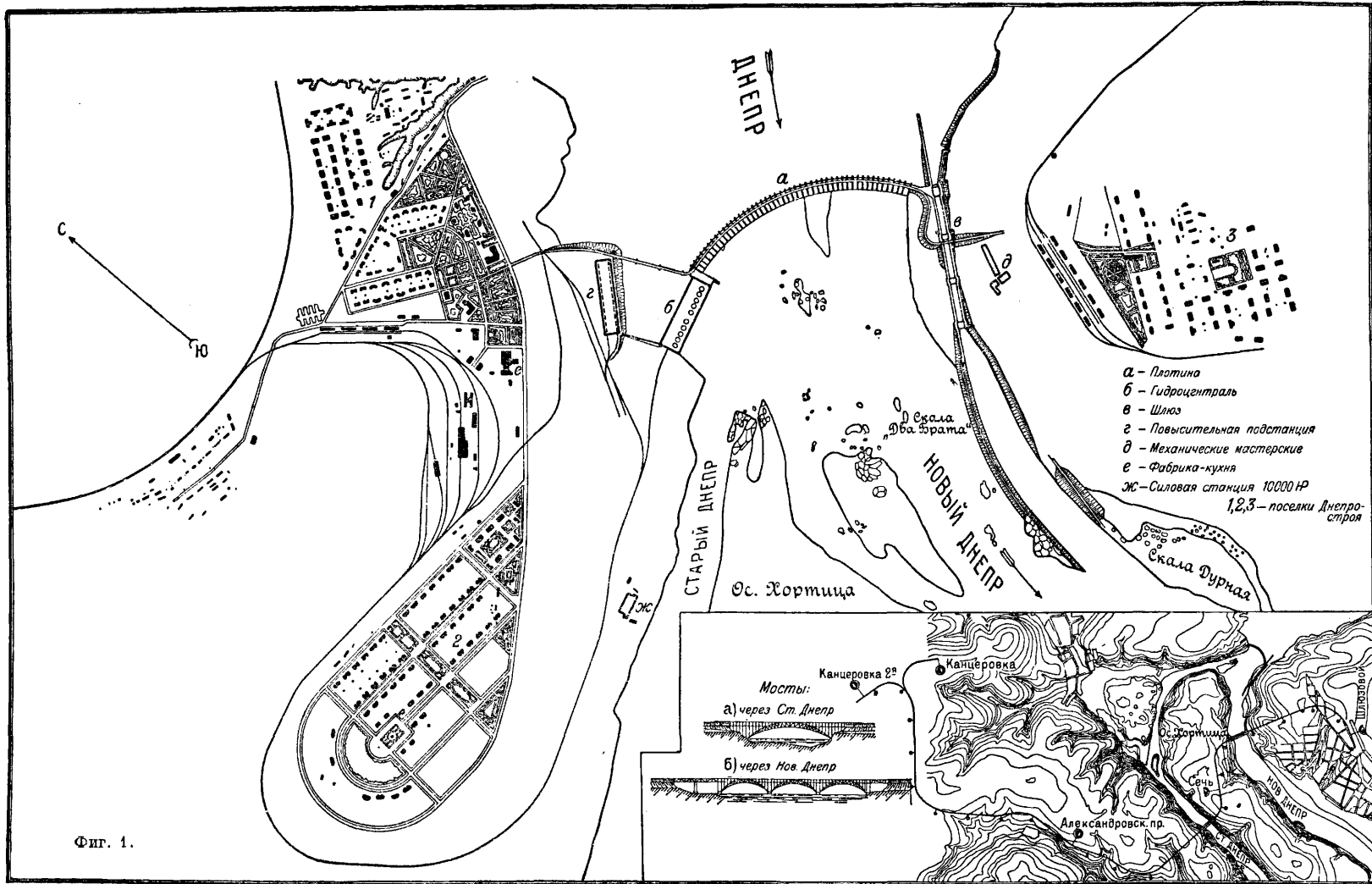
Лит.: Иоффе А. Ф., Физика кристаллов, М.—Л., 1929; Косоногов И. И., К вопросу о диэлектриках, Киев, 1901; Бялобрыжский Ч. Ф., Ионизация жидких и твердых диэлектриков, «Университетские изв.», Киев, 1912, 5, стр. 1—34, 9, стр. 35—126; Флоренский П. А., Диэлектрики и их техническое применение, Москва, 1924; Швайгер А., О материалах электрической изоляции, Берлин, 1922; Хвольсон Д. А., Курс физики, т. 4, 5, Берлин, 1923; Воргман И. И., Основания учения об электрических и магнитных явлениях, т. 1—2, Петроград, 1915—16; Добросердов Д. К., Исследование диэлектрической постоянной в связи с составом и строением, Казань, 1908; Сиротинский П. И., Перенапряжения и защита от перенапряжений в электрических установках, М., 1924; Maxwell С., A Treatise on Electricity and Magnetism, 3 ed., v. 1, § 52, Oxford, 1904; Handbuch der Elektrizität und d. Magnetismus, hrsg. v. L. Graetz, B. 1, Lpz., 1918; Güntherschulze A., Dielektrika, Handbuch der Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Schell, B. 12, p. 493—560, B., 1927; Schwaiger A., Elektrische Festigkeitslehre, 2 Aufl., B., 1925; Demuth W., Die Materialprüfung d. Isolierstoffe d. Elektrotechnik, 2 Auflage, Berlin, 1923; Schumann W. O., Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen, Berlin, 1923; Petersen W., Hochspannungstechnik, Stg., 1911; Zipp H., Handbuch d. elektr. Hochspannungstechnik, 5 Aufl., Lpz., 1923; Semenov N. u. Wallther A., Die physikalische Grundlagen d. elektr. Festigkeitslehre, B., 1928; «Ergebnisse d. exakten Naturwissenschaften», Berlin, ab 1922; Kraus Ch. A., The Properties of Electrically Conducting Systems, N. Y., 1922; Whitehead J. B., Lectures on Dielectric Theorie and Insulation, New York, 1927. Обширная литература по диэлектрикам рассеяна в различных журналах; в вышеуказанных книгах можно найти дальнейшие указания. П. Флоренский.

**ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ**, см. Диэлектрики.

**ДНЕПРОСТРОЙ**, капитальные сооружения на реке Днепре, имеющие целью, с одной стороны, использовать энергию порожиистой части Днепра между гг. Днепропетровской и Запорожской, а с другой,—сделать Днепр в этой части течения судоходным. Этот грандиозный проект (разработанный проф. И. Г. Александровым) начал осуществляться лишь в 1927 г., когда СНК СССР декретировал постройку Днепропетровской государственной гидроэлектрической станции, плотины и шлюзов на р. Днепре, а также постройку новых железнодорожных мостов через Днепр, вместо затопляемого Кичкасского железнодорожного и шоссеиного мо-

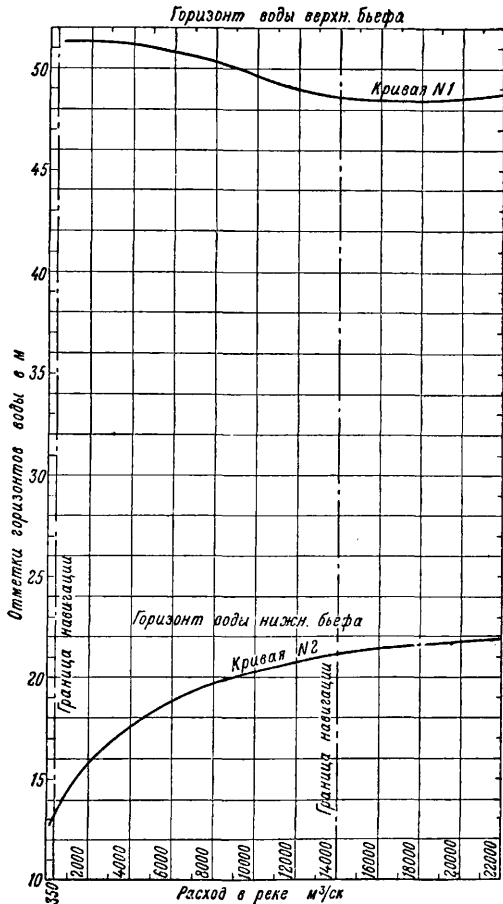
ста. Узел Днепропетровских сооружений расположен вблизи гор. Запорожья у селения Кичкас. Днепр в этом месте круто, почти под прямым углом, меняет направление течения, проходя так называемое Волчье Горло, и далее островом Хортицей разветвляется на два рукава—Старый и Новый Днепр, к-рые у южной оконечности Хортицы снова сливаются в общее русло. Между Волчьим Горлом и Хортицей разбросан ряд островков и отдельных скал различной величины (фиг. 1), при чем по линии Большого и Малого о-вов скалистое дно реки подымается до наиболее высоких отметок, образуя как бы порог. Скалистые берега обеспечивают надежное примыкание плотины к берегам, природные условия русла реки и существование трех рукавов облегчают производство работ, а наличие как в основании, так и в берегах прекрасного качества гранитного массива позволяет сосредоточить весь перепад порожиистой части Днепра (~37 м) в одном месте. Все эти обстоятельства, вместе взятые, и побудили избрать это место для сооружения Днепропетровской плотины.

**Основные сооружения.** Плотина. Нормальная отметка верхнего бьефа (указанная в проекте проф. Николаи и подтвержденная дополнительными обследованиями проф. Александрова) принята равной 51,20 м и соответствует среднему стоянию высоких вод в районе Днепропетровска. Условие неподтопления Днепропетровска паводками требует, при увеличении расхода, снижения горизонта воды у плотины по закону, изображенному на поменьшем графике (фиг. 2), где максимальному расходу 20 400 м<sup>3</sup>/сек соответствует понижение горизонта до 48,76 м. Горизонт нижнего бьефа повышается с увеличением расхода от 13,40 при низкой межени до 21,75 м при максимальном расходе. Соответственно получаемый перепад колеблется в пределах от 38 до 27 м, при чем расчетная нормальная величина перепада составляет 37,0 м. Требование пропуска столь значительного паводка, и притом при пониженном против нормального горизонте, обусловило выбор типа плотины с возможно более широким развитием водосливной части, закрытой подвижными затворами. Соответственно с этим, водосливная часть плотины занимает всю ширину русла реки, имея общее протяжение 760,50 м, разбитое промежуточными быками, толщиной по 3,25 м, на 47 пролетов шириною по 13 м в свету. При полученной общей ширине водослива в 611 м и коэфф-те расхода, принятом (по теоретич. соображениям, подтвержденным опытами лаборатории ЦАГИ) равным 0,455, толщина переливающегося слоя при расходе 20 400 м<sup>3</sup>/сек получилась равной 6,50 м, соответственно чему порог водосливной части заложен на отметке 42,25 м. Плотина спроектирована бетонная гравитационного типа (фиг. 3). Хотя она и расположена в плане по кривой, для более удобного примыкания к берегам, но, вследствие слишком большого радиуса кривизны (600 м) и малого отношения высоты плотины к ее длине, она не могла быть рассчитана как сводчатая для ее облегчения. Отметка заложения основания плотины колеблется от 0 до 26 м в бе-



Фиг. 1.

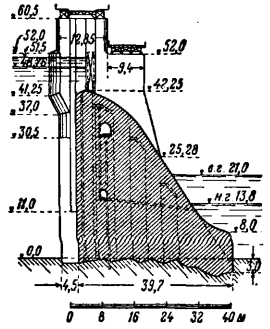
реговых пролетах, так что высота ее глухой части достигает 42,25 м, чему соответствует ширина основания в 39,70 м. Высота быков плотины доходит до 60 м. Общий объем бетонобетонной кладки плотины составляет около 700 000 м<sup>3</sup>. При таких размерах эта плотина является одной из крупнейших в мире. Постройка ее предположена по методу гребенки. В первой стадии работ выводятся под защитой перемычек быки плотины и основания под заключенные между ними секции до отметки 12,00 м. Затем, пропуская воду через незаполненные секции, как через водосливы, часть из них закрывают щитами, заложеными в пазы быков, и под их защитой выводят кладку заполнения слоем в несколько м. Переставляя щиты последовательно во все пролеты, повышают таким образом отметку порога водослива на всем протяжении, после чего



Фиг. 2.

начинается укладка следующего слоя бетона, и т. д. до достижения гребня плотины. Таким методом постройки избегают устройства донных отверстий, ослабляющих тело плотины. Секции быков снабжены, для большей их устойчивости, с обеих сторон контрфорсами по 0,75 м, образующими штрабу для сопряжения с соседними секциями. Соответственно методу работ напорная грань

плотины принята вертикальной. Очертание сливной поверхности определено путем лабораторных испытаний из условия отсутствия вакуума под переливающейся струей. Оголовок плотины от напорной грани до ее гребня заложением 2,5 м очерчен по коробовой кривой, очерченной радиусами 1,5 и 4,5 м. Полученные в лаборатории ЦАГИ на опытах с пространственной моделью эмпирически координаты точек сливной поверхности уложились на двух параболических кривых, плавно сопрягающихся в расстоянии 8,3 м от гребня плотины. На отметке 25,28 м кривая слива переходит в касательную прямую, к которой в нижней части примыкает обратная круговая кривая, служащая для образования сопряжения плотины с руслом реки. В виду того, что скалистое русло мало



Фиг. 3.

подвержено размыву, предположено ограничиться соответствующей формы устройством сопряжения плотины с дном, защищающим русло от усиленного размыва, и не строить специального успокоителя. Быки плотины выдерживают дополнительную горизонтальную реакцию щитовых закрытий плотины, а также воспринимают давление льда, в виду чего потребовалось для усиления их профиля выдвинуть их в сторону верхнего бьефа на 4,5 м против напорной грани плотины. В этом выступе размещены пазы щитов, служащих для возведения кладки секций плотины. В верхней части выступ быка увеличен до 7,0 м, для образования обтекаемой формы носа быка и для необходимого в этой части уширения, с целью размещения на нем временного строительного моста. Передняя часть быка возвышается до отметки 60,50 м и служит опорой кранового моста. По уступам быков, расположенным с низовой стороны на отметке 52,00 м, проходит мост под шоссе для дороги с прокладкой одного трамвайного пути, допускающего пропуск по мосту отдельных нормальных ж.-д. вагонов. С низовой стороны быки ограничены вертикальной гранью, опускающейся до отметки гребня плотины, подчеркивая линию раздела глухой и сквозной частей плотины; дальше идет наклонная грань, сопрягающая бык с телом плотины на уровне перехода от криволинейной сливной поверхности к касательной плоскости. В теле плотины предусмотрена дренажная система, состоящая из вертикальных труб, расположенных в расстоянии 6,0 м от напорной грани плотины, и двух смотровых галлерей, заложённых на отметках 31,00 и 15,00 м. Просочившаяся вода собирается в нижней галлее и отводится в нижний бьеф расположенными в каждом пролете отводящими трубами. Дренаж нижней части плотины ниже отметки 15,00 м, а также и основания, не предположен. Во избежание просачивания воды под основание

предполагается произвести его цементацию при помощи двух рядов скважин, расположенных по напорной грани плотины. Водоспускные отверстия плотины закрываются щитами Стоея, двигающимися в пазах быков плотины. На случай повреждения щитовых затворов служат шандорные щиты, входящие в пазы щитов для постройки плотины. Шандорные щиты, как и построчные щиты, гребенки, в виду необходимости их установки в текучую воду, выполнены в виде сквозного каркаса, опускающегося в воду под действием собственного веса; после его установки отдельные панели каркаса закрываются щитками Булле, которые в случае необходимости могут быть дожаты грузом. Как щиты Стоея, так и шандорные щиты обслуживаются двумя кранами, двигающимися по парному мосту, уложенному по быкам плотины. В примыканиях к левому берегу, между последним пролетом плотины и шлюзом, расположен под защитой глухой части плотины монтажный парк, служащий для сборки и ремонта щитов Стоея. Крановый мост продолжен над парком на 50 м и перекрывает его двумя пролетами по 17,5 м в свету. В эти пролеты подаются собранные щиты, которые кантуются и подымаются кранами для их установки на место. Один из пролетов, кроме того, служит складом для запасного щита и двух шандорных щитов.

Шлюз. Судоходное сообщение обоих бьефов обеспечивается предполагаемой на левом берегу трехкамерной шлюзовой лестницей, верхняя голова которой расположена против корня плотины. Шлюз предназначен для речного судоходства с грузооборотом 1,9 млн. т. Размеры камер: длина 120 м, ширина 18 м, минимальная глубина на корнях 3,6 м. Отметку верхнего короля проект принял в 44,90 м, исходя из самого низкого горизонта верхнего бьефа 48,50 м, соответствующего максимальному судоходному расходу 14 000 м<sup>3</sup>/сек. Отметка нижнего короля 10,20 м и соответствует минимальному горизонту, допускающему движение полногрузных судов в нижнем бьефе, 13,80 м. Отметки королей и площадок стен шлюза определены из условия, чтобы при любых возможных соотношениях горизонтов верхнего и нижнего бьефов шлюзование могло производиться без всяких дополнительных впусков или выпусков воды. Исключение сделано только в нижней камере, где речная стенка снабжена широким водосливом, расположенным на отметке 27,50 м, сливающим во время половодья излишнюю воду в нижний бьеф; это дало возможность снизить стенки нижней камеры на 1,9 м. При назначении отметок промежуточных королей, кроме того, соблюдено условие, чтобы при любом реальном соотношении горизонтов глубина на средних королях была не меньше меньшей из глубин на верхнем и нижнем королях. Отметка водослива 3-й камеры подобрана так, чтобы ворота трех нижних голов получились одинаковой высоты. Ворота верхней головы высотой 7,4 м предполагаются ригельного типа. Ворота 2-й, 3-й и 4-й голов имеют высоту 18,1 м; при этой высоте сводчатый тип ворот дал замет-

ную экономию в весе по сравнению с ригельным, что и побудило на нем остановиться. Вес каждой створки нижних ворот составит ок. 110 т. Для защиты ворот от навала судов, что особенно опасно для вторых ворот, при поломке к-рых получается прорыв верхнего бьефа, перед верхними двумя воротами предполагается устройство заградительных цепей, затормаживающих наваливающееся судно. На случай ремонта шлюза в верхней и нижней его головах предполагается устройство однотипных шандорных закрытий, при чем для подачи шандор устанавливается на каждой из голов по деррику. Опускание и подъем шандор осуществляется механически домкратами. При снабжении шандор роликами такое ограждение м. б. опущено в текучую воду, что необходимо для ограждения верхней головы в случае прорыва вторых ворот шлюза. Тяга судов принята односторонняя, 8 кабестанами, установленными по 2 по длине каждой камеры. На случай увеличения грузооборота замена кабестанов электровозной тягой будет возможна без коренных перестроек. Система наполнения шлюза принята донная—двумя расположенными симметрично относительно оси шлюза галлерейми с поперечными прорезами для выпуска воды в камеру. Затворы расположены в боковых стенах голов шлюза на уровне галлерей верхней из примыкающих камер. Во избежание засасывания воздуха при таком их расположении, затворы предполагаются герметические клинкетного типа (Butterfly). Подход к верхней голове защищен со стороны верхнего бьефа прямым пирсом, длиной 240 м, примыкающим к голове шлюза, в виде стенки на каменной аркаде. В сторону берега верхняя аванкамера значительно расширена и ограждена откосами, защищенными мощными каменными отсыпями. Низовой подход шлюза огражден со стороны реки прямым каменным пирсом длиной 226 м, переходящим далее в расположенную по кривой дамбу, сопрягающую его со скалой Дурной. Судоходный канал подхода прорезает скалу Дурную, состоящую из прекрасного гранита и служащую каменным карьером для всех работ левого берега. Со стороны берега низовой подход, как и верховой, огражден защищенными откосами и дамбой, служащими для причала ожидающих очереди караванов. Идущая по плотине дорога пересекает шлюз мостом, расположенным ниже второй головы шлюза.

Станция. На правом берегу к плотине примыкает через посредство сопрягающего устоя силовая станция. Мощность станции определяется ок. 750 000 IP, хотя река обеспечивает в маловодные годы зимою только от 200 до 250 тысяч IP; остальная часть энергии покрывается рекой только часть года, и нехватка должна быть покрыта паровым резервом.

По принятому проекту предполагается установить 10 агрегатов, мощностью около 80 000 IP каждый. Агрегат состоит из вертикальной турбины Френсиса, непосредственно соединенной с трехфазным генератором, дающим ток напряжением 11 000 V. Эта энергия для передачи на потребляющие

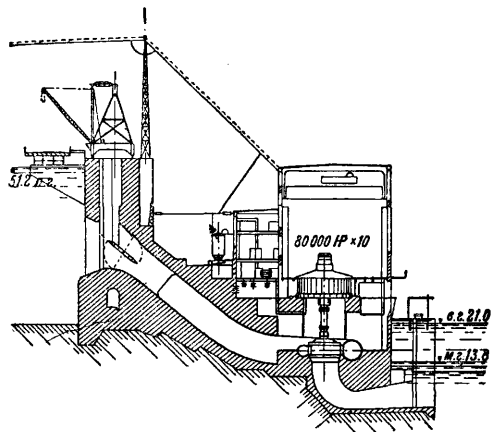
з-ды будет трансформироваться на 110 000 В, а в случае осуществления электрич. связи с Донецким бассейном—на 220 000 В. Все оборудование станции и трансформаторных подстанций будет выполнено по типу современных крупных станций; в частности, подстанции предполагено осуществить по типу открытых подстанций, не требующих никаких зданий.

Напорная грань здания станции составляет с касательной к оси плотины угол в  $7,5^\circ$ , отступая по отношению к грани плотины на 20 м в сторону нижнего бьефа. Соответственно числу агрегатов, станция имеет 10 панелей по 22 м. Одиннадцатый пролет той же величины помещен посредине длины станции и служит для установки двух вспомогательных малых турбин, мощностью по 3 000 IP, обслуживающих местные нужды станции. В этом же пролете размещены монтажная площадка для сборки турбин и генераторов и ряд помещений для вспомогательных устройств. Общая длина станции—242 м. В конце станции к ней примыкает под углом в  $100^\circ$  к напорной грани глухая плотина, сопрягающая станцию с берегом. Примыкающая со стороны верхнего бьефа к корню плотины территория спланирована на отметку 54 м и ограничена со стороны воды защищенным откосом, расположенным в плане под углом  $35^\circ$  к оси силовой станции. Напорной гранью станции, концевой плотиной и откосом спланированной территории ограничивается аванкамера, служащая для подвода воды к станции. Шоссейная дорога, проведенная по плотине, на сопрягающем устье поворачивает в сторону берега и пересекает входное сечение аванкамеры трехпролетным мостом.

Станция состоит из щитового отделения, представляющего собой ограничивающую аванкамеру плотину со входными устройствами напорных трубопроводов турбин, и собственно силовой станции, соединенных между собой напорными трубопроводами (фиг. 4). Входные сечения трубопроводов поделены промежуточными быками на три части, закрываемые каждая клинкетными затворами системы Butterfly. В быках предусмотрены малые водопроводные галереи, закрытые вспомогательным затвором и служащие для предварительного наполнения водой напорной трубы и спиральной камеры, с целью уравнивания давления воды на главные затворы перед их открытием. Перед щитами расположены пазы для шандорного закрытия на случай ремонта, а с наружной стороны стенки щитового отделения установлены ограждающие решетки. Затворы напорных труб обслуживаются установленными на стенке щитового отделения лебедками. Для обслуживания шандорных затворов и решеток, а также для монтажа затворов, по стенке ходит кран, подъемной силой около 90 т.

Собственно станция состоит из бетонной подводной части, включающей всасывающие трубы, спиральные камеры и фундаментные конструкции генераторов и верхней части здания. В подводной части также размещены все вспомогательные устройства для турбогенераторов, как то: вентиляция для охла-

ждения генераторов, трубопроводы, регуляторы турбин, электрич. кабели и пр. Верхняя (надводная) часть здания включает в себе машинный зал, имеющий пролет в свету 18,2 м, высоту 20 м при полной длине около 250 м. К машинному залу со стороны щитового отделения примыкает расположенный над напорными трубами корпус, шириной 8 м, служащий для размещения распределительного устройства низкого напряжения. В этом же корпусе в средней части расположено распределительное устройство местных нужд и главный пульт управления.



Фиг. 4.

Рядом с корпусом распределительн. устройства на открытых площадках установлены трансформаторы, по три однофазных трансформатора на каждый агрегат. От трансформаторов ток, напряжением 110 000 В, воздушными линиями передается через аванкамеру на распределительную подстанцию, расположенную на спланированном берегу аванкамеры. На распределительной подстанции предполагается также установить трансформаторы со 110 000 на 220 000 В для передачи в Донецкий бассейн.

Стоимость всех работ первой очереди, включая и вспомогательные устройства, составляет в круглых цифрах 203 млн. р., а именно: на плотину 35 млн., на гидростанцию 47 млн., на шлюз 18 млн., на вспомогательные устройства 45 млн., на желдор. строительство и новые мосты 24 млн. р.; остаток сметной суммы покрывает остальные более мелкие расходы—по отчуждению, технич. консультации и т. п.

**Вспомогательные работы.** Объем работ по Д. далеко выходит за пределы наших советских капитальных работ, и даже в Европе найдется немного объектов, равноценных ему в этом отношении. Тем не менее к осени 1928 г. уже закончен в основном весь подготовительный период организации работ, в течение к-рого необходимо было создать на месте ряд вспомогательных устройств и приспособлений и оборудовать самое место работ необходимыми механизмами.

Главнейшей частью вспомогательных сооружений было сооружение временной, простой, но все же достаточно мощной силовой станции. Мощность станции была предварительно определена в 7 000 kW, и ее оборудование состоит из 4 котлов системы Бабкок и Вильнокс по 400 м<sup>2</sup> каждый, 2 турбин, по 3 500 kW каждая,



с соответствующим электр. оборудованием. Топливо временной силовой станции—нефтяное. К осени 1928 г. на строительстве установлены 363 мотора, общей мощностью 14 000 HP. Для питания этих моторов устроены 53 трансформаторных помещения, с распределительными устройствами, мощностью 16 097 kW. Высоковольтных воздушных трехфазных линий проложено 12 км, низковольтных—ок. 100 км.

Вторым существенно важным вспомогательным устройством является железнодорожн. сеть на территории строительства. Сеть состоит из путей нормальной колеи, достигших к осени 1928 г. протяжения до 60 км; паровозный парк состоит из 50 мощных паровозов. Подвижной состав исчисляется в 70 самоопрокидывающихся американских вагонов, около 20 большегрузных платформ и до 200 нормальных платформ.

Для производства работ применяют целый ряд новейших механизмов и приемов. Подрывные работы ведутся с помощью жидкого кислорода, обладающего значительной бризантной силой и являющегося наиболее безопасным в смысле «залежки» невзорвавшихся патронов в шнуре. Для работ снятым воздухом устроены 4 неподвижные компрессорные станции, подающие до 300 м<sup>3</sup>/мин сжатого до 6 атм воздуха и несколько мелких передвижных компрессоров. Массовая работа по уборке скалы (до 1,4 млн. м<sup>3</sup>) выполняется экскаваторами на гусеничном ходу: шестью паровыми, емкостью ковша 1,3 м<sup>3</sup>, четырьмя электрическими, емкостью 3 м<sup>3</sup>, и одним на ж.-д. ходу, емкостью ковша 2,25 м<sup>3</sup>. Крановое оборудование строительства к разгару работ по основным сооружениям будет доведено до 25 паровозных кранов, мощностью 40 т со стрелой до 20 м, и 18 дерриков, жестких и вантовых, грузоподъемностью 10—20 т и стрелой до 35 м.

В основных сооружениях Д. надо уложить свыше 1 млн. м<sup>3</sup> бетона, при чем средняя суточная интенсивность бетонирования составляет 2 000 м<sup>3</sup>, а наибольшая потребная производительность доходит до 3 000 м<sup>3</sup>. Чтобы справиться с этой задачей, на обоих берегах построены мощные камнедробильные и бетонные з-ды; часовая производительность каждого из камнедробильных заводов около 3 000 т в две смены; производительность каждого бетонного з-да, считая на замес 5 минут, составляет за две смены при 15 часах работы машин 1 600 м<sup>3</sup>.

Механизация проведена и во всех других более мелких работах. Общая мощность паровых двигателей отдельных рабочих машин, вместе с мощностью указанных выше электромоторов, составляет 24 000 HP.

**А. Винтер и П. Лаупман.**

**Экономическое значение Днепростроя.** Для экономической оценки Днепростроя надо отдельно рассмотреть его энергетическое и транспортное значение.

Днепровская гидроэлектрическая станция является мощным источником дешевой энергии. При установке агрегатов общей мощностью в 550 000 kW Днепровская станция могла бы дать свыше 2,5 млрд. kWh, и притом эта энергия будет значительно дешевле тепловой, которую можно было бы получить в районе по цене не ниже 2—2,5 к. за kWh. При высокой стоимости Д. около 200 млн. р.) дешевый ток получается не только благодаря большой выработке энергии, но также и благодаря тому, что часть стоимости сооружений может быть перенесена на транспорт. В виду большого значения Д. для транспорта такое перечисление экономически целесообразно, т. к. в этом случае получается возможность дать очень дешевые тарифы на днепровскую энергию. Предполагаемая стоимость днепровского тока для отдельных потребителей колеблется в пределах от 0,5 к. за kWh (для алюминия) до 2,5—3 к. (для коммунального и местного потребления). Для некоторых потребителей энергия будет отпускаться даже по 0,4 к., однако при условии пользования этой энергией не непрерывно в течение всего года, а в то время, когда в Днепре имеется избыток воды. Для производств, допускающих перерывы в работе, такая «сезонная» энергия представляет известную экономическ. ценность.

В разрабатываемом ныне плане потребителей днепровской энергии уже намечаются такие производства (гл. обр., производство ферро-марганца), которые предполагают работать по сезонам в зависимости от наличия воды в реке. За счет развития таких сезонных производств возможно полнее использовать мощность Днепра, которая сильно колеблется в зависимости от времени года, падая до 160 000 kW в зимние месяцы и поднимаясь выше 1 млн. kW в половодье.

Сильно колеблющийся режим Днепра выдвигает отстояваемую многими (А. А. Горевым и др.) идею соединения Днепровской гидроэлектрич. станции с тепловыми станциями Донецкого бассейна. Такое соединение двух энергетических систем, давая возможность останавливать тепловые станции в периоды избытка воды в Днепре, являлось бы удобным способом утилизации сезонной энергии Днепра; однако, выгода этого соединения несколько уменьшается в силу дороговизны электропередачи, стоимость к-рой исчисляется в 25 млн. р. По мнению противников этой идеи, дороговизна сооружения и эксплуатации этой электропередачи перевешивает выгоды от использования сезонной энергии, и они предлагают решать проблему наиболее полного использования Днепра путем организации сезонных производств и создания тепловых резервов на месте. Основным потребителем днепровского тока явится ряд новых производств, самая возможность возникновения которых в стране обусловлена наличием дешевой энергии. Это—производство алюминия, ферро-марганца и других сплавов (ферро-силиция, ферро-хрома и т. д.). Два з-да—алюминиевый и Днепро-сплав—при полном их развитии потребуют ок. 1 млрд. kWh. Затем, важными потребителями днепровского тока явятся некоторые новые химическ. производства и з-д высококачественной стали. Стоимость всех этих новых заводов, по предварительным подсчетам, определяется в 120 млн. р. В общей сложности для всех этих новых производств необходимо от 1 до 1,5 млрд. kWh. Кроме Запорожья, днепровским током предполагается снабжать и Днепропетровск. Среди возможных потребителей днепровского тока некоторыми намечается металлургич. завод, к-рый надо перенести из Кривого Рога в Запорожье. Защитники идеи сооружения нового металлургич. з-да в непосредственном соседстве с Днепровск. гидроэлектрич. станцией указывают на то, что возможность получения днепровского тока позволяет отказаться от сооружения собственной станции, и в то же время даст возможность повысить качество металла путем введения процесса дорафинировки мартеновской или бессемеровской стали в электрических печах.

При тарифе 0,5 к. для алюминиевого производства, 0,80—для производства ферро-сплавов, 0,75—для химическ. производств и 1,2—для электростали только в первый год не удастся получить полностью 6% на затраченный капитал. В последующие годы прибыль будет больше 6%.

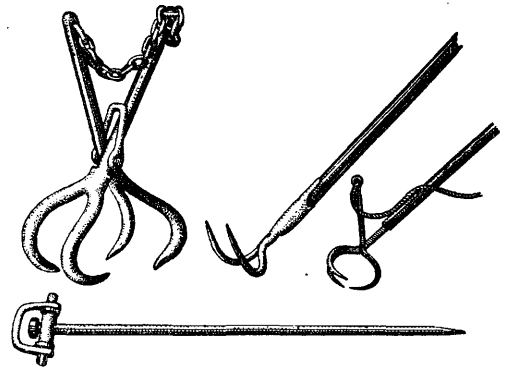
Что касается транспортного значения Д., то прежде всего необходимо иметь в виду, что Днепр в своем естественном состоянии

разделяется на два несообщающихся между собой бассейна. Вся порожистая часть между Днепропетровском и Запорожьем совершенно несудоходна, и только незначительное количество леса в плотках проскальзывает через пороги. Д., делая судоходной порожистую часть Днепра, прежде всего создаст удобное водное сообщение между двумя крупными промышленными центрами, одним, уже ныне существующим—Днепропетровском, и другим, ожидаемым—Запорожьем; но еще более важным д. б. создаваемая им возможность сквозного судоходства по Днепру. В бассейне верхнего Днепра имеются грузы, тяготеющие к лежащим ниже порогов рынкам, и, наоборот, имеется много грузов, к-рые могли бы пойти вверх по Днепру в Днепропетровск и выше. Главную роль в днепровском грузообороте будут играть хлеб, отправляемый вниз, и нефть—вверх по течению. Кроме того, в связи с развитием приднепровской металлургии, надо ожидать появления значительного количества металлов и других грузов. Учитывая особые преимущества водного транспорта и малую насыщенность района ж. д., можно ожидать на Днепре в порожистой его части грузооборота порядка 3 млн. т. Что касается проектируемой новой ж. д. Демурино—Марганец, то помимо того, что сооружение этой дороги является первым этапом сверхмагистральной Донецкий бассейн—Кривой Рог, надо прежде всего иметь в виду, что эта дорога значительно улучшает транспортные показатели Запорожья, сокращая расстояние до Донецкого бассейна на 66 км, или на 22%. С другой стороны, новая дорога облегчает работу 1-й Екатеринославской дороги, крайне перегруженной на нек-рых участках. Если бы отказать от постройки новой дороги, то пришлось бы затрачивать значительные средства на повышение пропускной способности 1-й Екатеринославской дороги.

*Лит.:* Александров Н. Г., Днепрострой, т. 1, М., 1929; М а л ы ш е в В. М., История проблемы использования порожистой части Днепра. Материалы к проекту проф. И. Г. Александрова, вып. 2, М., 1925; Материалы к проекту проф. И. Г. Александрова, вып. 1—5, М., 1925—28; Предварительная экспертиза проекта Днепровской гидрометрич. станции, изд. Центр. электротехнич. совета, Л., 1926; Материалы по экспертизе американской фирмы Х. Купер и К<sup>о</sup>. изд. Центр. электротехнич. совета, М., 1926; Днепровская гидроэлектрич. станция и использование ее энергии, Материалы комиссии по разработке ген. плана потребителей днепровской энергии при президиуме ВСНХ СССР, М., 1929; Днепрострой. «Бюллетень Гос. днепровского строительства», М., 1928, 1—6; А л е к с а н д р о в Н. Г., Днепрострой, Москва, 1927; е г о ж е, Днепрострой, «ПХ», 1926, 12; Ш а п о ш н и к о в Н. Н., Днепрострой и производство металла, Харьков, 1927; Ч е в е р д н а А. Ф., Днепровско-Бугский бассейн и транспортное значение его речных путей, Киев, 1927. **Н. Шапошников.**

**ДНООЧИСТИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ** имеют целью обеспечить безопасное плавание по рекам путем очистки русел от таких засорений, которые могут вызвать аварию судов. К подобным засорениям относятся отдельные камни, затонувшие деревья или пни, называемые вообще карчами, утерянные с судов якоря и с плотов лоты и, наконец, затонувшие суда. Все эти предметы представляют настолько серьезную опасность, что удаление их с ходовой полосы является элементарнейшей обязанностью технич. надзора, а до выполнения этой ра-

боты такие препятствия для судоходства должны быть обставлены предостерегательными знаками. Меры по очистке русел от засорений не должны, однако, ограничиваться удалением последних только с ходовой полосы; необходимо также производить периодические очистки бечевника от таких камней и деревьев, которые угрожают падением в воду при подъеме берега. Для отыскания подводных препятствий производят т. н. траленье в пределах ходовой полосы. Роль трала играет снасть с подвешенными к ней в нескольких точках грузами. Закрепив конец трала на двух лодках, едут на них против течения, волоча снасть по дну. Когда снасть задевает за препятствие, ставят здесь п л о в у ч у ю в е ш к у и продолжают работу дальше. Способ выемки из речного русла отдельных предметов зависит от рода предмета, сопротивления его подъему и от глубины реки. Небольшие камни и карчи весом до 80 кг могут быть извлекаемы вручную



посредством железных граблей (см. фиг.), которыми рабочие действуют с плотов или, если глубина небольшая, стоя на дне реки. Для удаления предметов весом более 80 кг прибегают к приспособлениям, служащим отдельно для захвата и отдельно для подъема.

Для захвата камней применяют стальной болт вилы щипцы (см. фиг.). Стальной болт вставляется в пробурвленную в камне, наклонно к горизонту воды, скважину и удерживается в ней при подъеме силою трения, для чего ось болта не должна проходить через ц. т. камня. Щипцы при помощи рукояток накладывают на камень, который зажимается при натяжении подъемного каната. Более тяжелые камни сначала накачивают на специальную ц е п н у ю с е т к у, концы которой собирают вместе и зацепляют за крюк подъемного механизма; так же поступают и с тяжелыми карчами. Для небольших карчей применяют ввинчиваемые в них «ш т о п о р ь». Камни и карчи весом более 3 т предварительно раздробляют при помощи взрывчатых веществ для извлечения по частям указанными выше способами.

Приспособления для п о д ъ е м а камней и карчей имеют разнообразное устройство в зависимости от тяжести поднимаемых предметов и оказываемого ими сопротивления при извлечении из русла. Отдельные

незначительного веса, камни и карчи, могут быть подняты при помощи дифференциальных блоков с переносных козел. При значительном весе карчей и камней подъем их производится при помощи пловучих подъемников (карче- и камнеподъемников) или пловучих кранов (карче- и камнеподъемных кранов). Снаряды первого типа представляют собою два жестко спаренных судна, между которыми оставлен некоторый свободный промежуток. Над промежуток между судами, на столбах, укреплен блок, а через него перекинута цепь, идущая к подъемному механизму (в качестве последнего чаще всего применяются лебедки). Обычная подъемная сила такого подъемника 5—6 т. Пловучий кран представляет собою однопалубное судно прочной конструкции, кормовая часть к-рого оканчивается отвесной плоскостью. По оси судна в кормовой части установлен подъемный кран, стрела которого (большей частью железная) свешивается за вертикальную кормовую грань. Обычно подъемная сила кранов для речных работ 10—15 т. В случае невозможности поднять препятствие целиком, из-за его громоздкости или большого веса, его извлекают краном по частям.

Работы при помощи камне- и карчеподъемных снарядов, как сопряженные со значительной опасностью, производятся исключительно днем. Роль водолазов при этих работах заключается в перевязывании извлекаемых предметов, нагрузке мелких камней в специальную, приспособленную для их подъема железную корзину, а также в закладке взрывчатых веществ, в случае необходимости их применения. Такая необходимость всегда возникает при разборке крупных слежавшихся камней и сплошной каменной породы, а иногда также при разборке затонувших судов. Несмотря на то, что работа идет на малой глубине, надлежит не упускать из виду ни одной предписываемой правилами предосторожности. Вообще опускаться водолаза можно только тогда, когда наверху находится вполне знающий это дело боцман или десятник, который должен следить за сигнальной веревкой, за манометром насоса и за правильным положением подающих воздух шлангов.

Извлеченные предметы удаляют на дубах (больших лодках) или в специальных шаландах на берег в безопасные места или в затоны, ненужные для судоходства и рыболовства. При сплошной очистке реки на большом протяжении, организуют особые карчеподъемные партии; в состав каждой партии входит одна карчеподъемница со штатом в 10—12 чел., 3 шаланды и паровая пилюня. Такая партия обычно перемещается вниз по течению самоплавом, но работа ее бывает гораздо продуктивнее, если ей помогает также пароход, обслуживающий большей частью несколько таких партий одновременно.

Лит.: Юргевич Л., Перемычки с песчаной загрузкой и подводные взрывные работы, Киев, 1912; Акулов К., Бриллиг Е. и Марцели М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, М.—Л., 1927; Труды съездов русских деятелей по водным путям, СПб.

Н. Акулов.

**ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**, см. Землечерпательные снаряды.

**ДОББИ КАРЕТКА**, двухподъемная каретка в ткачестве; в русской фабричной практике этим названием нередко обозначают конструкцию завода Hattersley. См. Ткацкий станок.

**ДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**, промышленная деятельность по овладению дарами природы путем присвоения их в готовом виде или путем размоножения (при помощи естественных сил природы) растений и животных, к-рые или прямо удовлетворяют потребности человека или служат материалом для дальнейшей переработки. В узком смысле Д. п.—промышленная деятельность по извлечению из земли полезных ископаемых. Важнейшими отраслями Д. п. являются: земледелие, лесоводство, скотоводство, рыболовство, охота, горное дело. Таким образом, Д. п. охватывает весьма разнообразную и широкую хозяйственную сферу. По мере развития человечества, количество благ, получаемых от природы в готовом виде, отнительно сокращается, и все более расширяется сознательное воздействие на биологич. процессы для получения необходимых растений и животных.

Экономическая роль Д. п. в мировом хозяйстве чрезвычайно велика, так как Д. п. является важнейшим источником продовольствия (зерновые продукты, мясо, рыба, молочные продукты, яйца, фрукты, овощи, кофе, чай, какао и т. п.) и промышленного сырья (каменный уголь, железо и другие металлы, нефть, хлопок, шерсть, лен, джут, шелк, лес, каучук, кожа, меха и т. п.). Без неких видов сырья был бы совершенно невозможен гигантский рост современной индустрии с ее широким применением машин, колоссальным ж.-д. и промышленным строительством, громадным морским судоходством и т. п. Таковы уголь и железо, значение которых в мировом хозяйстве дает основание называть современную эпоху «эпохой угля и железа». Одно питание машин углем требует ежегодно 1,1 млрд. т угля, между тем как еще в 1850 г. его требовалось лишь 40 млн. т. Чрезвычайно велико и значение нефти как топлива и как материала для получения ряда ценных продуктов (осветительные и смазочные масла). Сделав возможным развитие авиации и автотранспорта, нефть стала важным сырым материалом в военном деле (аэропланы, подводные лодки, военный флот). Этим объясняется борьба между империалистич. государствами за драгоценные месторождения нефти, налаживающая свою печать на мировую политику.

Состо я н и е Д. п. обусловливается как естественными, так и социально-экономич. условиями данной страны. Географич. положение, рельеф территории, климат, почва, характер ископаемых оказывают определяющее влияние на возникновение и развитие соответствующих отраслей Д. п. Так, громадные пространства ценного чернозема, равнинный характер страны и благоприятные климатич. условия содействовали развитию земледелия в нашей черноземной полосе; богатство Англии и С. Ш. А. камен. углем и железом обусловило развитие в них мощной

каменноугольной и железодобывающей промышленности и т. д. Помимо естественных факторов, на рост Д. п. в огромной степени влияют социально-экономич. условия: частная собственность на землю и недра, анархия капиталистического хозяйства этот рост тормозят, сосредоточение основных отраслей Д. п. в руках государства при социализме и плановый характер социалистич. хозяйства содействуют этому росту.

Статистика Д. п. крайне несовершенна. Если в отношении отраслей, сосредоточенных в руках крупных предприятий (добыча угля, металла, каучука, хлопка и т. п.), учет ведется сравнительно полно, то в отношении отраслей Д. п., где заняты многие сотни миллионов мелких производителей, он представляет почти непреодолимые трудности. Продукция важнейших отраслей добывающей промышленности видна из табл.

Продукция важнейших отраслей добывающей промышленности.

Страны	Сбор в 1926/27 г.			
	Пшеница	Рис	Хлопок-волокно	Лен-волокно
	в млн. квинталов			
Азия*	99	796	12,8	0,06
Америка...	414	18	41,4	0,007
Африка...	29	21	4,0	0,01
Европа*	330	10	0,05	2,3
Океания...	46	0,06	0,01	—
СССР...	215	—	1,6	3,3
Мировой сбор...	1 131	845	59,8	5,6

Страны	Добыча в 1926 г.		
	Камен. уголь	Нефть	Золото
	в млн. т		в тыс. кг
Азия*	72,3	10,2	31,7*****
Америка...	614,4	129,4	72,6**
Африка...	13,4	0,2	54,6***
Европа*	439,0	4,2	309,6****
СССР...	26,4	8,8	10,9*****
Мировая добыча...	1 186,5	152,8	603

\* Без СССР.  
 \*\* В С.Ш.А.  
 \*\*\* В Канаде.  
 \*\*\*\* В Южно-Африканском Союзе.  
 \*\*\*\*\* В 1925 г.

Мировые ресурсы Д. п. весьма значительны. В области сельского хозяйства громадные еще не занятые под посевы площади имеются в Сев. Африке, Южн. Америке (Аргентине), Австралии и других странах. В С.Ш.А. площадь, могущая быть использованной под посевы, превышает более чем в три раза обрабатываемую под пшеницу площадь. Громадные неиспользованные земли имеются в СССР: в Сибири, Казахстане, Туркменистане, Узбекистане. Присоединение к пахотному фонду СССР площади чернозема Сибири, Туркменистана и Узбекистана могло бы удвоить теперешний сбор хлеба в СССР. При орошении 7,5 млн. га лёссовых земель Туркменистана и Узбекистана можно было бы обратить их под ценнейшие с.-х. культу-

ры. Мировые запасы главнейших видов промышленного сырья—угля, нефти, железа—таковы: залежи угля составляют 7 571 321 млн. т, в том числе в Северной Америке 5 073 426 млн. т, в Азии 1 463 707 млн. т, в СССР 428 000 млн. т. Истощение этих мировых запасов при темпе ежегодного роста добычи в 3% должно произойти в 173 года; в частности, срок истощения запасов в Англии—102 года, Франции—99 лет, Бельгии—92 г., С. Ш. А.—183 г., СССР—206 л., Азиат. части СССР—287 л. (по Рамзину). Геологическ. ресурсы нефти составляют 7 696 млн. т, в том числе в СССР 2 874 млн. т, в Южной Америке 1 230 млн. т, в С. Ш. А. 930 млн. т, в Персии и Месопотамии 775 млн. т. Истощение этих запасов—дело сравнительно близкого будущего. Поэтому обладание громадными запасами нефти дает СССР важные преимущества в мировом хозяйстве и выдвигает его на первое место в снабжении мирового рынка нефтью.

СССР обладает целым рядом пригодных для развития разнообразнейших отраслей Д. п.: огромными земельными пространствами, пригодными для произрастания ценных культур (пшеницы, хлопка, винограда, чая, табака), значительными рыбными богатствами (второе место в мире), обширными лесными площадями (28% всех мировых лесных ресурсов), неисчерпаемыми торфяными богатствами, способными удовлетворить только своим ежегодным приростом все топливные нужды населения (взамен дров, угля и нефти), и богатыми месторождениями полезных ископаемых. Последние расположены в различных районах СССР. Так, Урал обладает богатыми месторождениями железных руд, золота, платины, никеля, каменного угля, соли, драгоценных камней, Юг—залежами угля, соли, железн. и марганц. руд, ртути, Юго-Восток—соляными озерами и нефтяными месторождениями, Центральная часть—железными рудами, горючими сланцами, фосфоритами, Север—нефтью (Ухта), мрамором, гранитом, торфом, Кавказ—нефтью, рудами марганца, железа, серебра, цинка, Казахстан—золотом, серебром, нефтью, каменным углем, Сибирь—золотом, серебром, медью, графитом, Дальне-Восточный край—золотом, серебром, рудами свинца, олова, железа, каменным углем, нефтью. Помимо указанных выше районов, громадные месторождения железн. руд имеются в районе т. п. Курской аномалии: рудные богатства этого района превосходят все остальные мировые запасы, взятые вместе.

Природные богатства СССР, вследствие низкого уровня техники и недостатка капитала, или вовсе не используются или используются весьма недостаточно. Так, средний сбор хлеба с единицы площади у нас в 2 раза ниже, чем во Франции и в Австро-Венгрии, в 2½ раза ниже, чем в Германии, и в 3½ раза ниже, чем в Англии. Занимая большую площадь посева, чем С. Ш. А., СССР уступает им по сбору хлебов, что объясняется преобладанием у нас трехполья. Переход к более высокой с.-х. технике, помимо недостатка капиталов, чрезвычайно тормозится преобладанием у нас типа мелкого крестьянского хозяйства. Отсюда ряд осуществляе-

мых ныне мер по созданию крупных совхозов, колхозов и др., вооруженных машин. техникой. Разработка горных ископаемых значительно тормозится отсутствием соответствующих ж.-д. и других путей сообщения.

По мере своего развития мировое хозяйство предъявляет все большие требования на с.-х. и промышленное сырье. Поэтому сырьевая проблема стоит в центре внимания всех капиталистич. государств. Отсюда, в частности, тревога, которую проявляет Америка по поводу исчезновения сырья, откуда борьба отдельных капиталистич. групп между собой за сырье в колониях и жесточайшая эксплуатация колониальных народов. Наука открывает, правда, новые источники сырья: замена селитры добыванием азота из воздуха, естественного каучука—искусственным, получение нефти синтетич. методом, замена каменного угля белым углем и т. п. Надлежащее разрешение проблемы сырья может получить лишь при переходе мирового хозяйства на высшую ступень, что даст возможность рационально и планомерно использовать сравнительно ограниченные мировые ресурсы сырья. Однако, эта задача не м. б. разрешена при капиталистич. организации хозяйства. Сокращение нек-рых важных сырьевых ресурсов в капиталистических странах ставит перед СССР проблему—пользуясь своими природными преимуществами, организовать свою Д. п. таким образом, чтобы не только удовлетворить требования собственной индустрии и населения, но и экспортировать сырье за границу.

Более подробные данные об отдельных видах Д. п. см. в соответствующих статьях.

Лит.: Ден В. Э., Курс экономич. географии, 2 изд., Л., 1924; Тимофеев П. Г., Экономич. география СССР, 5 изд., М.—Л., 1928; Батуев М., Мировые источники сырья, М.—Л., 1928; Вейц, Производит. силы мирового хозяйства, М., 1927; Кр у б е р А., Хозяйство как эксплуатация естествен. богатств, М., 1925; «Весь мир»,—Всемирный политич. экономич. и финансовый справочник, М.—Л., 1928; «Мировое хозяйство». Сборн. статистич. материалов за 1918—27 гг., М., 1928; «Сырьевые проблемы промышленности», Сборник под общей ред. А. Л. Соколовского, М.—Л., 1924; Р а м з и н, Ресурсы энергии в СССР, «ИХ», 1925, 1 и 2; R e i c h w e i n A., Die Rohstoffwirtschaft d. Erde, Jena, 1928; Z e t s c h e D., Weltwirtschaftsgüter. Geographie, Gewinnung, Verarbeitung, Handel u. Preis. В., 1926. **Н. Деревенко.**

**ДОЖДЕВАНИЕ**, один из видов искусственного орошения земельных угодий. При нем вода распределяется по орошаемой площади закрытым трубопроводом под напором, а затем поступает в особые приборы для разбрызгивания над растениями в виде дождя. Д. требует высоких эксплуатационных расходов, сложного технического оборудования и ухода; поэтому оно применяется для орошения наиболее дорогих культур в механизированных хозяйствах. Дождевание применимо в районах неустойчивого увлажнения, в отдельные засушливые периоды в течение года или в отдельные годы. Д. имеет следующие достоинства: 1) при Д. расходуются меньшие количества оросительной воды (15—40 мм за один полив); 2) благодаря меньшему поступлению воды в почву явления заболачивания и засоления почвы, а также ухудшение ее физич. свойств (уплотнение) не так опасны, как при обычном орошении; по той же причине получают в почве более нормальные со-

отношения между содержанием влаги, воздуха и питательных веществ; 3) не требуется устройства мельчайшей регулирующей сети и планировки полей; 4) сбросная и дренажная сеть м. б. развиты слабее, а иногда и вовсе отсутствовать; 5) можно более точно дозировать количество даваемой растениям воды; 6) увлажняется не только почва, но и окружающий растения воздух, в связи с чем можно ожидать некоторого уменьшения транспирации влаги. К недостаткам дождевания, кроме указанных уже дороговизны эксплуатации и сложности установки, делающих этот способ мало доступным, относятся необходимость высокого давления в трубах, дороговизна трубопровода (до 65% всей стоимости), несовершенство аппаратуры (к-рая, впрочем, в последние годы совершенствуется) и малая пригодность для нек-рых культур и почв. При Д. происходят значительные потери воды относом ее ветром, оседанием на листьях растений и испарением. Д. применимо на разных почвах, но наиболее оно пригодно для нетяжелых, но достаточно влагоемких (суглинистых и богатых органическими веществами) почв. Легкие песчаные почвы, быстро пропускающие воду, невыгодно дождевать в условиях сухого климата, так как в этом случае требуются большие количества воды; Д. на легких почвах оказывается успешным лишь при большом количестве осадков (выше 600 мм в год), напр., во многих районах Западной Европы и, в частности, Германии. Практическое применение Д. находит пока в Германии и в С. Ш. А.

Установка для Д. состоит из: 1) двигателя, 2) насоса высокого давления, 3) нагнетательных проводящих труб с арматурой и 4) приборов, разбрызгивающих воду.

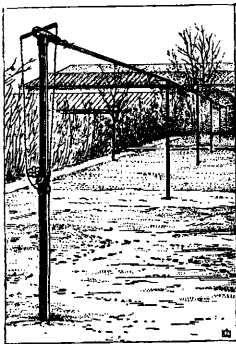
Из д в и г а т е л е й для Д. применяют двигатели внутреннего сгорания, паровые машины и электромоторы. Двигатели должны быть приспособлены к переменной нагрузке, к-рая резко колеблется в зависимости от удаления поливаемого участка, от места установки двигателя. Вегетные двигатели не применяются вследствие их недостаточной и, главное, непостоянной мощности, не дающей напора надлежащей величины и равномерности. Потребность в мощности на 1 га составляет от 0,2 до 0,4 л. Мощность двигателя для одной установки колеблется в среднем от 15 до 40 л.

Н а с о с ы ставят обычно центробежные, могущие нагнетать воду непосредственно в проводящие трубы. Их не приходится останавливать во время перестановки оросительных приборов. Насосы должны быть высокого давления, так как даже в устройствах средних размеров требуется напор около 5—6 atm: это обусловлено тем, что 1) потери напора в трубопроводе велики, 2) для распыления струи вода должна поступать в приборы под высоким давлением.

Система нагнетательных т р у б разделяется на главную и распределительную сети. Трубы в виду высокого давления д. б. железные или чугунные (диаметром 10—20 см). Главная сеть труб, проводящая воду от насоса к орошаемым угодьям, обычно укладывается под землей и состоит из

чугунных водопроводных труб с муфтами или фланцами. Распределительная сеть, разводящая воду по орошаемым полям, делается или в виде неподвижной постоянной сети, состоящей из труб с муфтами, или чаще—из переносных тонкостенных железных труб с фланцами и приспособлениями для легкого и быстрого соединения отдельных звеньев этих труб между собою. Постоянная система труб стоит дороже (больше труб), но зато эксплуатация ее легче; переносная же система дешевле и легче приспособляется к неровностям рельефа, но перекладка, сборка и разборка труб обходятся около 4—5 коп. на каждый *м*. труб. Выбор той или иной системы зависит от местных условий и в частности от интенсивности дождей: при интенсивном дождевании применяется неподвижная система; в противном случае — переносная. Система распределительных труб имеет следующие части: 1) соединительные тройники, или гидранты, для присоединения к трубам, боковым отводам и рукавам дождевых приборов; 2) задвижки на трубопроводе (через каждые 100—200 м) для возможности изолировать участки труб от напора воды; 3) спускные краны для опорожнения труб от воды (например, на зиму).

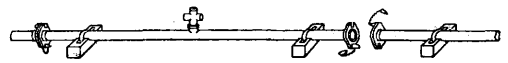
Оросительные аппараты, получающие воду из распределительного трубопровода под давлением, распыляют ее в виде дождя по орошаемому полю. В устройстве этих аппаратов и заключаются различия в системах Д. Существует свыше 20 систем разбрызгивающих аппаратов. В основе всех этих приборов лежит труба, в стенке к-рой на известных расстояниях сделаны отверстия, снабженные наконечниками, распыляющими проходящую через них под давлением воду. Эта труба соединяется гибким или жестким рукавом с распределительным трубопроводом. В одних системах эта труба помещается на колесах, образуя оросительную тележку, к-рая (в одиночку или в виде системы нескольких соединенных в ряд тележек) перемещается по полю, последо-



Фиг. 1.

ательно орошая полосу земли шириной 100 и более *м* вдоль распределительного «полевого» трубопровода (перпендикулярно к главному трубопроводу). В других системах Д. трубы, разбрызгивающие воду, помещаются на постоянных или переносных подставках на определенной высоте над орошаемой культурой. К первой группе систем Д. принадлежат оросительные системы Родаца, Гартмана, Щепковского, а из новейших — Тромплера. Аппараты этих систем представляют собой оросительные тележки, соединяемые гибким рукавом с водопроводными трубами; при этом в системах Щепковского и Тромплера несколько тележек соединены гибкими рукавами по длине, так

что вода проходит через все тележки; сразу орошается полоса земли длиной до 200 и шириной до 7 *м*; в системах же Гартмана



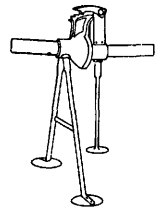
Фиг. 2.

и Родаца тележки работают индивидуально, орошая площадь в 200—400 *м*<sup>2</sup>, и потому их надо часто передвигать, прекращая во время передвижки пуск воды. Ко второй группе систем Д. принадлежат: 1) Немецкая, Ланнингера, и американская, где трубы помещаются над орошаемыми культурами на постоянных стойках, высотой 1—2 *м*, на расстоянии 18—20 *м* друг от друга. Диаметр труб—20—50 *см*. Трубы имеют по длине отверстия, через которые вода бьет на 8—10 *м* в сторону, и могут поворачиваться вокруг своей оси, так что орошается полоса в 15—20 *м* вдоль ряда труб (фиг. 1). 2) Новая система Краузе, в к-рой Д. производится трубами 40—57 *мм*, укладываемыми на железных козлах на высоте ок. 0,85 *м*; трубы имеют длину 6 *м* и соединяются очень быстро специально сконструированными гибкими



Фиг. 3.

муфтами. Каждая труба имеет на середине штуцер с вентилем и распылителем (дюзы), к-рый распыляет струю воды под углом 45° по кругу диаметром 6—8,5 *м*. Длина оросительных труб делается ок. 180 *м* (30 звеньев); т. о. одновременно увлажняется полоса земли  $180 \cdot 6 = 1\ 080 \text{ м}^2$ . Главный трубопровод этой системы состоит из труб с фланцами, диам. 51—80 *мм* и длиной колен 6 *м*. Эти трубы кладутся по земле на деревянных брусках. Через каждые 7—9 труб, т. е. через 42—54 *м*, главный трубопровод имеет штуцеры, снабженные соединительным краном. При помощи этих кранов и соединительных труб к главному трубопроводу присоединяются оросительные трубы. Схематически устройство Д. по системе Краузе показано на: фиг. 2—главный трубопровод; фиг. 3—соединение труб с главным трубопроводом; фиг. 4—главная соединительная муфта для сборки оросительных труб и фиг. 5—расположение главных и оросительных труб в плане.

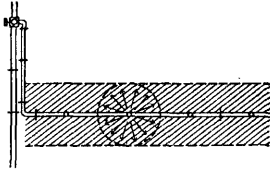


Фиг. 4.

В системе Ланнингера, кроме постоянных устройств, применяются и перевозные дождеватели. Каждый отдельный прибор состоит из трубы, поддерживаемой двумя парами колес, к-рые *м*. б. поставлены и вдоль и поперек. Труба длиной до 30 *м* поддерживается тяжелыми двуногими козлами. Наконечники в большом числе помещаются на трубе наклонно к ее оси так, что вода разбрызгивается под разными углами наклона половою в 10—16 *м*. Отдельные приборы соеди-

няются в длинную сплошную линию дождевателей. Трубы соединяются гибкими муфтами, допускающими изгиб системы по неровн. местности. Боковой трубопровод м. б. длиной 200—1 000 м, при длине главного полевого трубопровода до 5 000 м (фиг. 6).

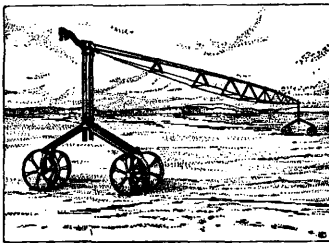
При конструировании дождевых аппаратов стремятся: 1) заменить дорогие и не-



Фиг. 5.

прочные пеньковые и резинов. рукава железными соединительн. трубами с гибкими муфтами, увеличивая расстояние между тройниками на главном трубопроводе; 2) заменить дождевальные тележки перекладными трубами с распылителями (или с вращающейся вокруг вертикальной оси деталью) для полива вдоль ряда труб полосы земли шириной 15—20 м в обе стороны.

Расчетные данные. По опытам проф. Крюгера в Германии, интенсивность Д. (слой дождя в мм, падающего в 1 мин.) должна соответствовать проницаемости почвы: для легких почв она не д. б. больше 1,5 мм в мин. (т. е. 1,5 л на 1 м<sup>2</sup>), а при тяжелых почвах—не больше 0,75 мм в мин. Поливная норма при Д. колеблется от 15 до 30 мм и чаще всего—20 мм за один полив; т. о., при интенсивности Д. в 1 мм в мин. продолжительность орошения данной площади будет равна 20 минутам. В Америке в полусухих районах принято давать на 1 полив норму



Фиг. 6.

12 ÷ 25 мм, а для засушливых 25 ÷ 37 мм на один полив, производя его в среднем раз в неделю (для садовых, огородных и огородных культур). Оросительные нормы, т. е. расход воды за весь вегетационный период, по германским данным, таковы: для ржи 40 ÷ 80 мм за лето (полив в мае); для овса—120 мм (полив с конца мая до половины июня); для овощей—200 мм (полив с половины июля по сентябрь); для пропашных культур 150 мм. По опытам Д. в СССР (на Тингутинской оросительной станции и Безенчукской с.-х. станции) оросительные нормы колеблются от 60 до 120 мм. Расход воды определяется следущ. обр. При интенсивности Д. 1,5 мм в мин. и одновременно орошаемой площади 800 м<sup>2</sup> расход подачи в трубах д. б. равен 0,0015 · 800 = 1,2 м<sup>3</sup>/мин, или 20 л/сек, а продолжительность полива каждого отдельного участка при поливной норме в 30 мм будет равна  $\frac{30}{1,5} = 20$  минутам. В среднем за 10-часовой рабочий день может быть орошена площадь 1,5 ÷ 4 га, при чем необходимое число рабочих составляет от 2 до 5 человек. Модуль подачи воды на валовую единицу

орошаемой площади может быть исчислен по общему методу:

$$q = \frac{a \cdot m}{3600 \cdot 10l},$$

где  $m$ —поливная норма (15 ÷ 30 мм),  $a$ —доля одновременно поливаемой площади от всей площади орошаемого участка,  $t$ —продолжительность поливного периода в сутках. Если принять  $m=30$  мм, т. е. 300 м<sup>3</sup> на га,  $a=0,5$ ,  $t=10$  дням, то  $q=0,42$  л/сек на га. Такое значение фиктивного среднего расхода на га принимает проф. Крюгер, т. е., напр., для Д. площади в 50 га достаточно установка с расходом около 20 л/сек. В этом случае за 10 ч. работы подается ок. 720 м<sup>3</sup> воды. Зная количество воды, какое надо подавать в систему, высоту подъема воды, длину труб, кпд машин, можно подсчитать мощность двигателя и диаметр труб. Скорость в трубопроводе м. б. определена по ф-ле:

$$v = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{h \cdot d}{l \cdot k}},$$

где  $h$ —потеря напора в трубопроводе,  $l$ —длина труб;  $d$ —диаметр труб,  $k$ —коэфф-т (при  $d=0,04 \div 0,10$  м, имеем  $k=0,0038$ ; при  $d=0,125$  м,  $k=0,0030$  и при  $d=0,15$  м,  $k=0,0025$ ). Если расход в трубопроводе равен  $Q = \frac{\pi d^2}{4} v$ , то  $v = \frac{4Q}{\pi d^2}$ , откуда получаем:

$$h = \frac{k \cdot l \cdot Q^2}{d^5},$$

т. е. потеря напора возрастает при уменьшении диам. труб пропорционально пятой степени его, а вместе с этим возрастает и потребная мощность двигателя,  $k$ -рая равна:

$$L = \frac{(H+h) \cdot Q \cdot \gamma}{75\eta},$$

где  $H$ —полезная высота подъема воды,  $\gamma$ —удельный вес, а  $\eta$ —кпд установки. Вместе с этим растут и эксплуатационные расходы, а равно и стоимость двигателя. С другой стороны, значительно увеличивать диаметр труб нельзя по двум причинам: 1) удорожается капитальная стоимость, 2) трудно переносить трубы. По этим соображениям, даже при легких тонкостенных трубах, диам. их не делается больше 15 см. При таком диаметре труб и при скорости течения воды в трубах 1,0—1,5 м/сек (скорость не д. б. больше 2,0 м/сек) эти трубы способны пропускать 18 ÷ 35 л/сек, т. е. обслуживать площадь орошения от 70 до 100 га. При диам. труб в 12,5 см они пропускают 16 ÷ 24 л/сек и могут обслуживать площадь 40 ÷ 50 га. Надо выбирать такой диаметр труб, при котором эксплуатационные расходы были бы наименьшие.

По данным герм. заводов, стоимость оборудования Д. в настоящее время обходится 200 ÷ 280 марок на га, при чем это—минимальные цифры, взятые для сравнительно больших площадей (ок. 100 га) и при благоприятных условиях расположения источника воды по отношению к орошаемой площади. По данным фирмы Лаппингер, стоимость оборудования дождевания составляет на 1 га, при площади орошения до 10 га, 300 ÷ 1 000 р.; до 20 га—200 ÷ 400 р.; до 30 га—170 ÷ 330 р.; до 50 га—150 ÷ 300 р. По америк. данным, капитальная стоимость Д. составляет в небольших установках около 1 220 руб. на га. Главную часть затрат

составляет стоимость труб, и потому в удешевлении последних заключается условие удешевления Д. Что касается эксплуатационных расходов, то они слагаются: 1) из расходов на погашение капитальных затрат, ремонт и % на капитал—эти расходы принимают в 13—15% от капитальных затрат; 2) из расходов собственно эксплуатационных, т. е. на топливо, смазку, рабочую силу и т. д.,—эти расходы зависят от количества работы и цен на топливо и рабочие руки и в среднем составляют, по германским данным, 2—5 к. на каждый м<sup>3</sup> воды; по америк. данным, эти расходы выше и составляют ок. 5—8 к. на каждый м<sup>3</sup>.

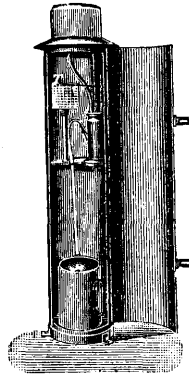
Увеличение урожая от Д. составляет, по опытам проф. Крюгера в Бромберге, на 1 га: для картофеля (среднее за 10 лет, 1909—19 гг.) 7,0 т; для овса (среднее за 9 лет)—790 кг зерна и 940 кг соломы; для озимой ржи (среднее за 10 лет)—370 кг зерна и 830 кг соломы. По опытам Д. в Повольки (1914—17 гг.), прибавка урожая составляла: для хлебов 7—46%; для люцерны 100—180%; для картофеля 6—125%, в зависимости от климата, условий года и времени поливов. В Америке, в виду дороговизны, Д. применяется только для ягод (клубника, земляника и пр.), фруктовых садов, табака, овощей; кроме того, Д. здесь большей частью соединяют с обычными способами орошения.

Лит.: Белыев И. И., Машинное орошение в Германии, СПб, 1913; Одинокоев М. Ф., К вопросу о машинном способе орошения в связи с опытом такого орошения на ферме Симбирского об-ва с. х. в 1914 г., Симбирск, 1915; Краткий отчет по Везичукской обл. с.-х. опытной станции за 1924/25 г., Самара, 1925; Краткий отчет Костычевской с.-х. опытной станции за 1908—10 гг., Москва, 1912; Ланов И. И., Орошение дождеванием, «Изв. Науч.-мелиор. ин-та», Л., 1927, вып. 15; Шольц В. Д., Дождевые аппараты, там же; Крюгер Е., Die Feldberegnung, 2 Auflage, Berlin, 1928; Martiny H., Die Feldberegnung in Mitteldeutschland, «Arbeiten d. Deutschen landwirtsch. Gesellschaft», В., 1927, Н. 357; Крюгер Е., «Mitteilungen aus d. K.-Wilhelms-Inst. f. Landwirtschaft in Bromberg», Bromberg, 1909—13; «Die Technik in der Landwirtschaft», Berlin, 1920—27; «Kulturtechniker», В., ab 1912. А. Костяков.

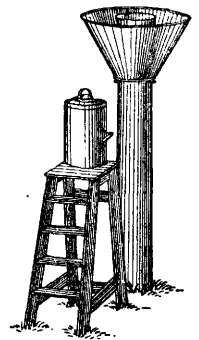
**ДОЖДЕМЕР**, прибор для измерения количества атмосферных осадков (дождя, снега, крупы, града и т. п.). В разных странах употребляют Д., имеющие различную внешнюю форму и размеры; общим в них является устройство верхней части, представляющей цилиндрич. сосуд, внутренний диам. к-рого д. б. таким, чтобы площадь поперечного сечения (приемная поверхность) равнялась какой-либо определенной величине, установленной центральных метеорологич. учреждением данной страны; напр., сети метеорологич. станций СССР снабжаются Д., приемная поверхность к-рых равна 500 см<sup>2</sup>, во Франции 400 см<sup>2</sup>, Германии, Австрии и Польше 200 см<sup>2</sup>, Англии 125 см<sup>2</sup>. На некотором расстоянии от верхнего края цилиндрич. сосуда, в к-рый падают осадки из атмосферы, принаивается воронкообразная перегородка с рядом отверстий, через к-рые стекает вода, дождевая или получающаяся от таяния твердых осадков (снега, града и т. п.), в нижнюю часть Д. Эту перегородку ставят с целью уменьшить испарение осадков. Т. к. количество осадков в международной практике принято выражать толщиной слоя воды, накапливающейся в Д.

за определенный промежуток времени (день, месяц, год) в мм, то для каждого типа Д. изготавливается соответствующий измерительный стакан, деления к-рого позволяют производить отсчет количества выпавшей воды непосредственно в этих единицах. Для более детального изучения атмосферных осадков устанавливают дождеписцы (п л ю в и о г р а ф ы), т. е. приборы, механически регистрирующие время выпадения осадков и количество их.

В наиболее распространенных дождеписцах (Гельмана и Рорданца) количество выпавших осадков записывается или по объему или по весу: в первом случае воду, попадающую в верхний приемный сосуд Д., переводят в узкий цилиндр с поплавком (фиг. 1), несущим пишущее приспособление, которое передает величину подъема поплавка на бумагу Т, перемещаемую часовым механизмом; во втором подвижное дно опирается на весы, положение связанного с пером коромысла



Фиг. 1.



Фиг. 2.

к-рых отмечается на бумаге, перемещаемой точно так же, как и в первом случае, часовым механизмом. На фиг. 2 показан общий вид и способ установки дождемера, применяемого на метеорологических станциях СССР. В виду того что значительная доля атмосферных осадков у нас выпадает в виде снега, легко выдуваемого ветром из верхней части Д., последний окружают особой воронкой (защитой Нифера) с целью несколько ослабить выдувание. Д. устанавливается на открытой площадке вдали от зданий и деревьев; высота верхнего края Д. над поверхностью земли д. б. равна 2 м.

Лит.: Инструкция метеорологическим станциям II разряда, вып. 1, П., 1915. И. Здановский.

**ДОЗИМЕТРИЯ**, методика определения того количества (дозы) рентгеновских лучей, которое вызывает определенное биологическое действие. Доза зависит от качества рентгеновских лучей, их «жесткости» и энергии. Определение качества рентгеновских лучей сводится к непосредствен. измерению поглощения в определен. материале или к определению длины волны рентгеновских лучей.

Для однородного монохроматич. пучка лучей коэфф. ослабления энергии  $\mu$  не зависит от толщины  $d$  поглощающего слоя и для данного материала вычисляется по ф-ле:

$$J = J_0 \cdot e^{-\mu d}, \text{ т. е. } \mu = \frac{(\lg J_0 - \lg J) \cdot 2.3}{d}.$$

Здесь  $J_0$  — интенсивность (энергия в 1 сек.



на  $1 \text{ см}^2$ ) пучка, падающего на поверхность фильтра,  $J$ —интенсивность пучка, прошедшего поглощающий слой  $d \text{ см}$ . При неоднородном пучке, т. е. состоящем из компонентов различной длины волны, приходится определять нек-рую среднюю жесткость. Коэффициент  $\mu$  имеет тогда значение лишь для данной толщины фильтра определенного материала. В практике часто характеризуют среднюю жесткость пучка той толщиной  $h$  фильтра (так. назыв. «Halbwertschicht»), которая ослабляет энергию пучка вдвое. Если  $J = \frac{J_0}{2}$  для  $d = h$ , то предыдущее уравнение принимает вид:

$$J = J_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{d}{h}}$$

Измерив  $J_0$  и  $J$  при помощи ионизационной камеры (см. *Ионизация и Радиоактивность*), определяют  $\mu$  или  $h$ . «Практическая» однородность немонокроматич. пучка достигается предварительным фильтрованием рентгеновских лучей сквозь фильтры различной толщины и разного материала (обычно Al и Cu) в зависимости от напряжения на трубке. Профильтрованный пучок уже затем испытывается на поглощение (обычно медным фильтром). При характеристике неоднородного пучка необходимо указывать условия, при к-рых производилось измерение жесткости, т. е. напряжение, силу тока и фильтры.

В Германии за единицу дозы принят 1R, определяемый след. обр.: «абсолютная единица дозы рентгеновских лучей, 1R, дается такой энергией рентгеновских лучей, к-рая при полном использовании вторичных электронов и при отсутствии всякого вторичного излучения от стенок ионизационной камеры сообщает  $1 \text{ см}^3$  воздуха при  $t^\circ 18^\circ$  и  $760 \text{ мм}$  давления такую проводимость, что количество электричества, измеренное при помощи тока насыщения, равняется 1 абсолютной единице». 1 герм. R отличается от франц. единицы того же названия, определяемой след. обр.: «1R есть такая единица интенсивности рентгеновских лучей, к-рая производит в ионизационной камере такую же ионизацию, как  $\gamma$ -лучи  $1 \text{ г}$  радия, помещенного на расстоянии  $2 \text{ см}$  от камеры и после фильтрования через  $0,5 \text{ мм}$  платины». Франц. единица дает интенсивность, и, чтобы ее сравнить с немецкой, надо ее помножить на 1 сек. 1 R герм. оказался больше франц. единицы в  $2,40$ — $4,55$  раз, в зависимости от условий, при которых производилось сравнение.

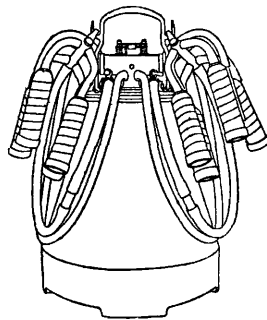
Кроме приведенного метода измерения энергии рентгеновских лучей при помощи их действий, т. н. прямого метода, иногда применяют косвенный метод, оценивающий дозу по энергии, служащей источником получения рентгеновских лучей. Здесь учитывается напряжение  $V$  на трубке по электростатич. киловольтметру или искровому промежутку, сила тока  $i$  — по миллиамперметру, время освещения  $t$  и расстояние  $r$  от антиматоды до объекта. Если определенное биологическое действие соответствует величине  $B = \frac{i \cdot V \cdot t}{r^2}$ , то уменьшенная или увеличенная доза м. б. достигнута, при той же установке, том же фильтре, том же  $r$ , изменением силы тока или продолжительности освещения, при строго

постоянном  $V$ , иначе изменится качество пучка. Изменение силы тока, независимо от напряжения, возможно только в трубках электронного типа. При больших изменениях  $r$ , поглощение мягких компонентов пучка слоем воздуха может изменить его состав.

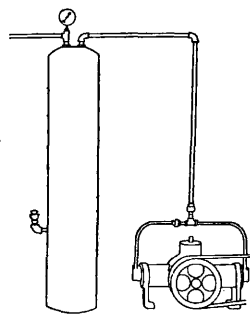
Лит.: Кэ й Г., Рентгеновские лучи, пер. с англ., М.—Л., 1928; Н е м е н о в М., Рентгенотерапия, ч. 1, М.—Л., 1926, ч. 2, М.—Л., 1929; B e h n k e n H., Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Schell, B. 17, p. 162, B., 1926; B o t h e W., ibid., B. 23, p. 307, B., 1926; D a u v i l l i e r A., La technique des rayons-X, p. 165—186, P., 1924; W e t t e r e r J., Handbuch der Röntgen- und Radiumtherapie, 4. Auflage, B. 1, Leipzig, 1922; R o s e n t h a l J., Praktische Röntgenphysik und Röntgentechnik, 2. Auflage, Jena, 1925; G l o c k e r R., Comptoneffekt und Röntgenstrahlenmessung, «Ztschr. f. technisch. Physik», Lpz., 1926, B. 7, p. 571; B e h n k e n H. u. J ä g e r R., Die deutsche Einheit d. Röntgenstrahlendosis, ibidem, p. 563; «Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlens», Lpz., 1926—28, B. 35, 36; «Amer. Journ. of Electrotherapeutics a. Radiology», Baltimore, 1925—26; «Strahlentherapie», B., 1927—28, B. 26, 27. А. Трапезников.

**ДОЙКА МЕХАНИЧЕСКАЯ**, процесс для облегчения, удешевления и ускорения работы доения молочных коров. На соски вымени надеваются гуттаперчевые приемники, плотно охватывающие тело соска; от этих приемников проведены трубки в сосуд, собирающий молоко и служащий вместе с тем всасывающей камерой. Имеются приборы на одну и на несколько голов скота (фиг. 1).

Соски, в анатомическ. смысле, различают туго- и легкодойкие. При этом тугодойкими



Фиг. 1.



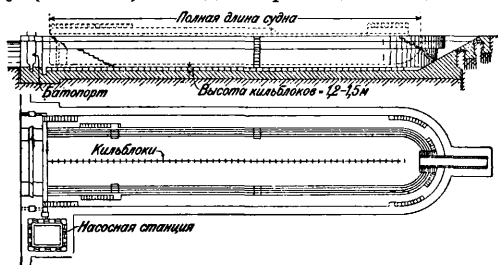
Фиг. 2.

в разной степени могут быть не только разные коровы, но даже и у одного и того же животного не все соски одинаково тугодойки, и поэтому доильной машине необходимо придать конструкцию, учитывающую особенности устройства сосков. От того, насколько совершенны машины в этом смысле, зависит и успех их распространения, который пока вообще очень невелик. Так, в 3. Европе доильные машины применяются пока весьма редко, не исключая и Дании, являющейся страной с весьма развитой молочной индустрией.

Доильные машины обычно приводятся в движение электрич. энергией. Работа по коллективизации хозяйств, связанная с устройством общих крупных скотных дворов для больших стад на целые деревни, открывает возможность применения доильных машин, а следовательно, облегчения и удешевления самой работы по доению. На фиг. 2 дана схема установки воздушного насоса для Д. м.

Лит.: M a r t i n i, «Mitteilungen d. deutschen Landwirtschafts-Ges.», Brünn, 1926, Stück 51 (перев. в «Известиях новейшей сел.-хоз. техники», Берлин, 1927, 8, стр. 226—233). Е. Лискин.

**ДОКИ**, сооружения, служащие для обнажения подводной части корпуса судна и ремонта ее. Д. разделяются на сухие и пловучие. С у х о й Д. представляет собой камеру (бассейн) с водонепроницаемым дном и

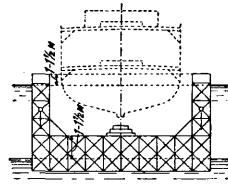


Фиг. 1.

стенами, которая м. б. наполнена водой или осушена. Для ввода судна в Д. наполняют камеру водой и открывают шлюзные ворота (затвор); затем вводят судно в Д., закрывают затвор и выкачивают насосами воду из камеры (в морях с приливами вода удаляется самотеком); судно садится на установленные по оси бассейна опоры или кильблоки (фиг. 1), расположенные друг от друга на расстоянии 1—2 м и возвышающиеся над поверхностью дна камеры на 1,20—1,50 м и более; борты судна поддерживаются подпорками. По окончании ремонта судна Д. вновь наполняют водой посредством водопроводных галлерей, открывают затвор, и судно выводится в гавань. Фиг. 1 изображает план и продольный разрез сухого Д., а фиг. 2—поперечный разрез его. Размеры Д. определяются размерами наиболее крупного из судов, к-рые Д. должен обслуживать; при этом зазор между корпусом судна и стенками Д. нигде не д. б. менее 2—3 м. Глубина

упора в судно боковых распорок. Днище имеет уклон от оси Д. к подошве стен для отвода фильтрационных и дождевых вод в боковые продольные кюветы, ведущие к сборному колодцу насосной станции. Форма шлюзной части зависит от типа затвора. Затворы обычно устраивают задвижные или в виде специального пловучего приспособления—*батопарта* (см.). Насосная станция при непрерывной работе насосов осушает современный Д. в 2—3 часа (при этом откачивается до 70 000 м<sup>3</sup> воды).

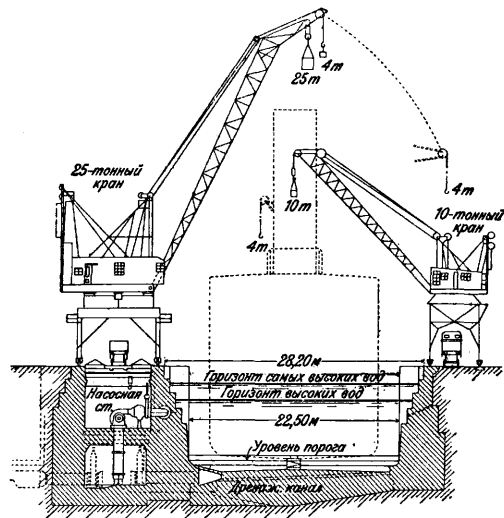
При расчете днища Д. учитываются активные силы: вес стен, вертикальное давление воды, боковое давление воды и земли и вес корпуса судна; при этом особый интерес представляют два хронологич. момента в постройке Д.: 1-й момент соответствует готовности днища, когда приступают к возведению стен, своим весом вызывающих изгиб посередине днища, т. к. здесь грунт оседает меньше, чем под стенами; 2-й момент соответствует нек-рому срединному положению при наполнении доков, когда вода своим весом изгибает днище вниз, а боковым давлением стремится распереть стены и изогнуть днище вверх. Не зная механич. свойств грунта в основании Д., принимают прямоугольную эпюру реакции грунта, чем вносится в расчет определенный запас. Такой расчет для многих грунтов является преувеличенно осторожным, вызывающим излишнее увеличение размеров днища. Наблюдения Франциуса показали, что песчаный грунт обладает упругими свойствами и форма эпюры реакции грунта весьма близка к двум трапециям, сложенным короткими основаниями.



Фиг. 3.

Самые большие сухие Д. в СССР находятся в Севастополе и Кронштадте. Эти Д. одинаковых размеров и предназначены для ввода при ремонте и исправлении поврежденных дредноутов и других судов большого водоизмещения. Д. соединены рельсовой колеей с судостроительной мастерской, куда подходит 15-т кран портового типа, захватывающий с корабля отдельные части весом до 15 т и относящий их в судостроительную мастерскую, расположенную в хвосте Д. Кран, весящий с нагрузкой до 144 т, катится кругом Д. по колее шириной 6 м, одна нитка к-рой проходит по гранитному кордону, а другая—по насыпному (в Севастополе—ракушечному) грунту. Последняя уложена на крупнопесчаном грунте толщиной до 0,40 м (песчаное основание), на котором возведен фундамент из бутовой кладки ступенчатой формы, заканчивающийся вверх трапециодальной бетонной частью. На последнюю наложена дубовая доска, а к ней прикреплен рельс типа «Голиаф» (56 кг/м. м).

П л о в у ч и е Д. представляют собой плавающие понтоны, состоящие из полых боковых стен и днища, внутри к-рых имеются воздушн. и водяные камеры (фиг. 3). Затоплением камер можно соответственно погружать Д. в воду на требуемую глубину для



Фиг. 2.

на пороге Д. должна быть на 1 м больше аварийной осадки судна, превышающей нормальную осадку на 0,30—0,60 м. Д. состоит из камеры и шлюзной части, где расположен затвор. Поперечное сечение камеры—трапециодальное, с уступами, необходимыми для

ввода судна на плаву. При откачке камеры Д. постепенно выводит из воды, обнажая корпус судна. Насосы с двигателями размещаются в стенах пловучих Д., мастерские же устраивают или на берегу или на особом понтоне (пловучие мастерские). Вес пловучего дока составляет обычно 35—50 % от его подъемной способности. Пловучие Д. в настоящее время строятся почти исключительно из металла и лишь в редких случаях из железобетона. Они имеют преимущества, особенно ценные во время войны, т. к. быстро строятся и еще быстрее переоборудываются не только в пределах порта, но и из одного порта в другой. Размеры их для морских судов достигают 290 м длины, 45 м ширины в свету при подъемной силе в 60 000 т. Однако, сухие доки являются сооружениями более капитальными, более долговечными и более дешевыми в эксплуатации при весьма значительных, правда, затратах на постройку (более подробно о пловучих Д. и слипинг-Д. см. *Судостроение*).

*Лит.:* Анисимов Н. И., Расчеты сплошного бетонного фундамента дока на снимаемом основании, М., 1915; Гренюхин В., Приморские сооружения, М., 1919; Тимонов В., Морские сообщения и портовые сооружения. Эллинги и доки, СПб. вып. 1, 1908, вып. 2, 1911; Ляхницкий В. Е., Курсы морских и речных портов, Москва—Ленинград, 1926; Hunter W., Dock and Lock Machinery, London, 1921; Schultze O., Seehäfenbau, Berlin, 1911; Handbuch für Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 4, Berlin, 1926; Franzius O., Der Verkehrswasserbau, Berlin, 1927.

Н. Анисимов.

**ДОЛБЛЕНИЕ**, операция выработки отверстий, обычно некруглого сечения, при чем режущая кромка инструмента движется поступательно и параллельно оси отверстия. Различают Д. по дереву и по металлу.

**Д. по дереву** применяется преимущественно для получения гнезд, т. е. отверстий прямоугольной формы, в к-рые вставляют шипы для достижения прочного соединения двух кусков дерева. Д. производится ручным или механическим способом.

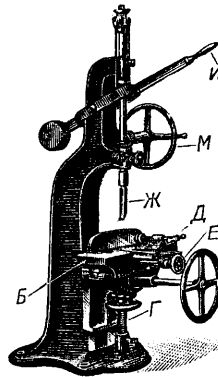
**Ручное Д. по дереву** производят стамеской и долотом (см.). Долото вгоняется в дерево ударами киянки — молотка из твердого, хорошо выдерживающего удар дерева: граба, бука, карельской березы, самшита и т. д. Киянка имеет вид цилиндра или слегка вогнутого параллелепипеда. Иногда киянка отливают из чугуна или меди с выемками на гранях, в к-рые вставляют деревянные колодки.

**Механич. Д.** производят при помощи долбежных станков, к-рые делятся на ручные и приводные. Ручной долбежный станок (фиг. 1) состоит из чугунной станины и стола Б, перемещающегося в продольном направлении; при помощи установительного винта Г и маховичка стол перемещается в вертикальном направлении. Обрабатываемый брус закрепляется на столе в тисках Д и вместе с ними устанавливается в поперечном направлении посредством винта с маховичком Е. Режущий инструмент состоит из долота Ж, приводимого в движение рукой при помощи рычага И. Маховичок М служит для придания долоту необходимых углов поворота и для вращения сверла, если машину используют в качестве сверлильного станка. Долото обыкновенно берут по ширине равное требуемому гнезду; длина же гнезда достигается продольным перемещением стола с

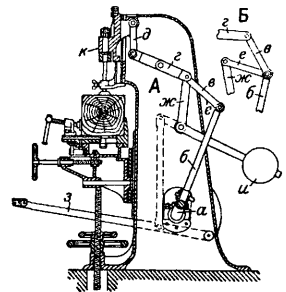
закатым брусом. При Д. твердых пород необходимо предварительно высверлить отверстие для первого прохода долота; отверстия обыкновенно делают посредине гнезда и, начиная с этого места, долбят сначала в одном направлении, затем поворачивают долото на 180° и выдалбливают другую половину. Ручные станки б. ч. строят вертикальные.

Приводные станки по характеру работы можно свести к 3 типам: 1) долбежные станки с переменным-возвратным движением долота, 2) станки с четырехугольным пустотелым долотом, внутри к-рого вращается сверло, и 3) станки, режущим инструментом которых является бесконечная цепь, снабженная острыми.

Первый тип станков (фиг. 2) по конструкции отличается от ручного станка лишь тем, что долото приводится в движение не от руки, а от приводного механизма; эти станки



Фиг. 1.



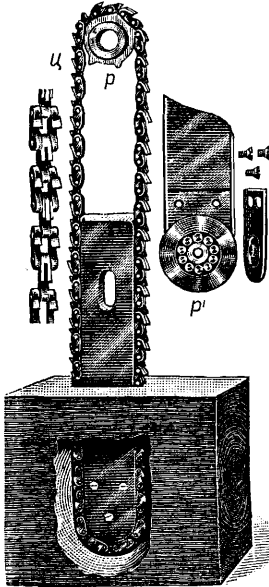
Фиг. 2.

часто снабжены сверлильным приспособлением, приводимым в движение от шкива. Стол перемещается во всех трех направлениях от руки при помощи маховичков или педалей. Движение долоту сообщается от кривошипа а через посредство шатуна б, серьги в, рычага г и тяги д; головка шатуна соединена тягой е с коленчатым рычагом жс, приводимым в движение педалью з. Противовес и стремится привести части в положение, указанное на фиг. 2, А; при этом тяга е и серьга в совершают колебательное движение, а ползун ж с долотом стоит на месте. По мере опускания педали з коленчатый рычаг жс отводит серьги в и е в положение, указанное на фиг. 2, Б, и ползун начинает двигаться вниз, совершая одновременно переменное-возвратное движение с возрастающей по мере опускания ползуна амплитудой. В других станках амплитуда колебаний ползуна неизменна, а подача осуществляется подъемом стола. Для Д. твердых пород необходимо предварительно просверлить отверстие. О долотах для механич. Д. см. *Долото*. Часто употребляют двустороннее долото во избежание необходимости его поворачивания. Долото в современных станках делает до 500 ходов в минуту. Нормальная мощность 2÷3 НР. В общем этот тип станков дает хорошие результаты только для мягких пород дерева. При долблении твердых пород кпд уменьшается наполовину, так что результаты хуже, чем у других типов.

Второй тип долбежных станков (фиг. 3) работает одновременно сверлением и долблением. Главная же особенность этих станков — инструмент, состоящий из квадратного пустотелого долота, с вращающимся внутри его винтовым сверлом. Сверло вращается со скоростью до 4 000 об. в мин. и приводится в движение от мотора непосредственно или через шкив; салазки же с долотом на легких станках приводятся в поступательное движение от руки, при помощи рычага с противовесом, а на тяжелых — автоматическими, при помощи кривошипного механизма. Долото делает от 15 до 40 ходов в мин. Количество ударов и ход долота можно регулировать. Остановка станка м. б. произведена в

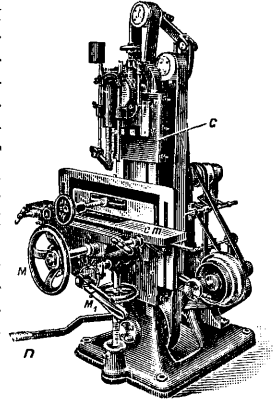
любой точке хода салазок или применением особого механизма, сообщающего салазкам быстрое обратное движение, или же путем соединения педали холостого хода с тормозом. Стол станка имеет двойное перемещение при помощи маховичка и зубчатой рейки, что дает возможность выдалбливать длинные гнезда. Современные станки часто снабжены эксгаустером для удаления стружек. В некоторых станках стол вращается вокруг горизонтальной оси, что дает возможность долбить гнезда с наклоном до 45°. Станки с пустотелым долотом работают точно, имеют сравнительно большой КПД, чем первый тип, в особенности при долблении твердых пород. Для долбления глубоких квадратных дыр этот станок незаменим. Главн. его недостаток — трудность натачивания долота.

В последнее время значительное распространение получил 3-й тип вертикальных долбежных станков, в которых режущим инструментом служит бесконечная цепь *ц* (фиг. 4) с заостренными зубьями, охватывающая наверху зубчатое колесо *р*, которым она приводится в движение; внизу цепь ходит по ребрам направляющей пластинки, снабженной свободно вращающимся роликом *р'*. Пластика вместе с роликом может перемещаться при



Фиг. 4.

помощи маховичка вверх и вниз и закрепляться в желательном положении, благодаря чему можно придать цепи нужную степень натяжения. Верхняя часть цепи вместе с ведущей зубчаткой прикреплена к супорту *с* (фиг. 5), к-рый может подниматься и опускаться между направляющими автоматическими, нажимом педали *п*, или вручную, при помощи рычага. Длина хода коробки и скорость подачи могут быть установлены по шкале; для изменения скорости резания (скорость движения цепи) служит ступенчат. ременный шкив. Дерево закрепляется на рабочем столе *ст*, который передвигается в горизонтальном и вертикальном направлениях помощью маховичков *м* и *м*<sub>1</sub>. Подача включается нажимом педали *п*, глубина хода супорта устанавливается особыми упорками; по достижении нижнего положения супорт автоматически поднимается кверху, и движение цепи останавливается. Зубья цепи (фиг. 4) чередуются: один зуб ординарный, другой — двойной, разведенный. При опускании цепи зубья вырезают гнездо, длина к-рого равна ширине направляющей пластинки вместе с цепью, а ширина — ширине цепи. Передвигая стол с брусом в продольн. направлении, можно сделать гнездо любой длины. Для очень же длинных гнезд необходимо переставлять брус на столе. Цепь может вырезать гнездо сразу насквозь. Если гнезда не сквозные, то дно их имеет полукруглую форму. Для гнезд разной ширины требуются соответствующие цепи и направляющие пластинки. Впрочем, одна пластинка годится для цепей с разностью ширин до 1,5 мм. Для образования конусообразных гнезд применяют два способа: заменяют четырехугольную направляющую пластинку трапециoidalной или наклоняют стол с брусом. Особое приспособление, прикрепленное к станине и остающееся всегда у выходного конца цепи, срезавет стружки и предохраняет гнездо от расщепления краев. Для заточки зубьев цепи применяют специально приспособленный точильный станок; обрабатываемые предметы зажимаются на столе винтом. Работа такого станка получается чистой, и поверхность стенок гнезд удобна для склеивания; он работает без шума и толчков, но для очень точной работы станки этого типа не годятся, т. к. цепь всегда немного болтается, отчего гнездо получается несколько шире самой цепи. Без перестановки бруса на столе можно выдолбить дыры длиной до 300, а иногда и до 600 мм. Ширина гнезд меняется от 6 до 30 мм, глубина — до 350 мм; производительность станка — до 200 гнезд средней величины в час; мощность 3,5 НР. Одна цепь до полного износа может выдолбить до 500 000

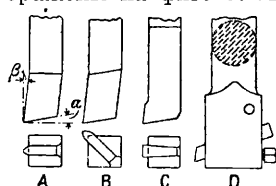


Фиг. 5.

гнезд. Помимо этих станков, годных для Д. всякого рода гнезд, существуют станки для специальных работ, напр., автоматич. станки для Д. косых гнезд в оконных жалюзи и дверях; наклон гнезд варьирует от 25 до 30°, производительность—60 гнезд в мин. Далее, строят специальные станки для Д. гнезд в частях гнутой мебели, для выдалбливания гнезд в ступицах колес и т. д.

Лит.: Н е т ы к с а М. А., Практич. курс столярного искусства, М., 1910; П е с о ч к и й Н., Обработка дерева, Л., 1925; е го же, Оборудование технич. столярно-строительных мастерских и з-дов, М.—Л., 1928; М а л ы ш е в В. А. и Г а в р и л е н к о А. П., Технология дерева, 5 изд., М.—П., 1923; F i s c h e r H., Die Werkzeugmaschinen, B. 2—Holzbearbeitungsmaschinen, В., 1901; «Z. d. VDI», 1928, 1; L o m b a r d J. et M a s v i e l, Cours de technologie du bois, v. 1—2, P., 1911—12. **С. Гуревич.**

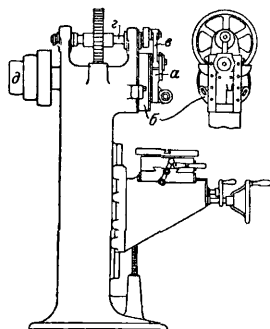
**Д. по металлу**, кроме некоторых специальных случаев (Д. шпоночных канавок во втулках зубчатых колес), применяют гл. обр. при обработке фасонных отверстий и кривых поверхностей тяжелых или неудобных для зажима предметов. Долбежные станки сходны по своей конструкции с *шепингами* (см.) с той лишь разницей, что движение реза совершается по вертикали и вдобавок обычно по направлению оси реза, а не перпендикулярно к ней, как в поперечно-строгальных станках. Резец совершает рабочее движение, а подача производится передвижением обрабатываемого предмета. Некоторые характерные формы долбежных резов изображены на фиг. 6: А—нормальный резец



Фиг. 6.

для различных работ, В—резец для обработки входящих углов, С—для выемки шпоночных канавок, D—резцовая державка для тяжелой работы. Углы для обыкновенной работы:  $\alpha = 10 \div 12^\circ$ ;  $\beta = 4 \div 5^\circ$ . Долбежные станки бывают следующих типов: 1) кривошипные, 2) кулисные, 3) реечные и 4) винтовые.

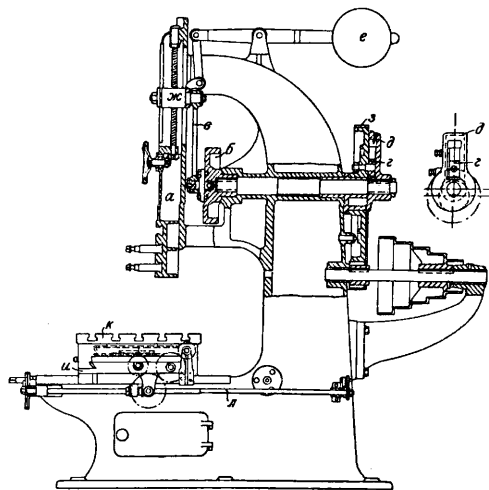
**Кривошипные** долбежные станки (фиг. 7) делаются обычно малой мощности и применяются гл. обр. для обработки матриц, штампов и для друг. мелкой работы. Ползун *a* двигается в направляющих *b*, которые могут быть устанавливаемы под небольшим уклоном. На валу *г*, приводимом во вращение ременным приводом *д* через зубчатую передачу, сидит кривошип, сообщающий ползуну *a* переменновозвратное движение посредством шатуна *в*. Обрабатываемый предмет помещается на рабочем столе обычного типа. Резец закрепляется помощью особого зажима в ползуне *a*; в виду того, что движение реза совершается в направлении его продольной оси, пружинения реза бывает достаточно для того, чтобы не портить обра-



Фиг. 7.

батываемой поверхности при обратном ходе; поэтому устройство откидной доски, как в шепингах и строгальных станках, не является необходимым.

**Кулисный** рабочий механизм применяется на всех более крупных долбежных станках с целью ускорения обратного хода

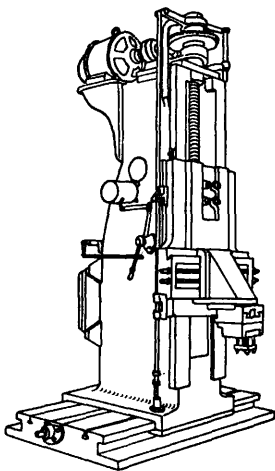


Фиг. 8.

(фиг. 8). Рабочее движение ползун *a* получает от кривошипа *б* через посредство шатуна *в*; вал кривошипа приводится во вращение кулисным механизмом, состоящим из зубчатого колеса *з*, несущего на себе камень *г*, и кулисы *д*, соединенной с валом кривошипа. Путем подбора значений эксцентриситета оси зубчатого колеса и радиуса кулисного камня можно уменьшить продолжительность обратного хода до  $\frac{1}{2}$ , а применением нескольких работающих последовательно кулисных механизмов— даже до  $\frac{1}{2}$  продолжительности рабочего хода. Установка величины рабочего хода производится путем изменения величины эксцентриситета кривошипа, а глубина хода ползуна изменяется перестановкой камня *г*, для чего служит винтовой шпindel, вращаемый маховичком. Стол *и* имеет продольный и поперечный самоходы; кроме того, верхняя часть его *к* вращается, что позволяет производить обработку закруглений и цилиндрич. поверхностей. Круглый стол имеет также самоход, приводимый в движение от общего для всех механизмов подач валика *л*, через пару конич. шестерен и сменный перебор. Валик подач *л* получает движение от фигурной канавки в зубчатом колесе *з*, сообщающей в верхнем конце каждого хода колебательное движение рычагу; помощью тяги и храпового колеса с собачкой валик поворачивается при этом на некоторый угол. Вес ползуна уравновешен противовесом *е*.

Для тяжелых долбежных станков оба упомянутые способа непригодны вследствие толчков, обусловливаемых переменной знака усилия шатуна. Поэтому движение ползуну в них сообщается зубчатой рейкой или винтовым шпindelем. В обоих случаях необходимо прибегнуть к изменению направления вращения винта или

рабочей шестерни в концах рабочего хода. Для этого применяются те же способы, что и у строгальных станков нормального типа (см. *Строгальные станки*). Винтовой привод имеет перед реечным преимущество более равномерного хода и более легкого уничтожения игры в гайке шпинделя при срабатывании последней; кроме того, реечный требует для уменьшения скорости вращения рабочей шестеренки применения передач с очень большими передаточными числами, что вызывает необходимость применения червячных колес. Крупные долбежные станки часто делаются с одношківным приводом или для непосредственного сцепления с электромотором. **Переносные долбежные станки** (фиг. 9) представляют

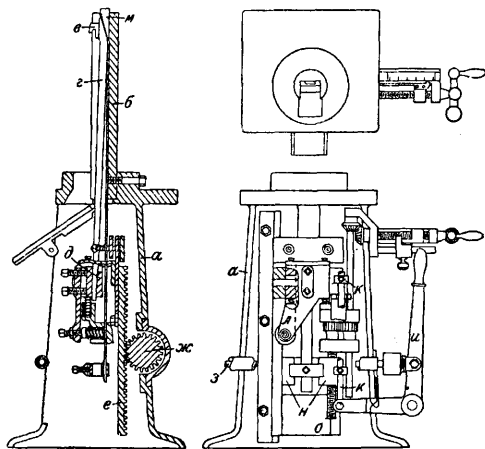


Фиг. 9.

собой станину, снабженную вертикальными направляющими, по которым ходит ползун с резцовым суппортом, приводимый в движение одним из описанных выше способов. Эти станки делаются обычно с непосредственным приводом от электромотора и применяются при обработке особо громоздких деталей, к-рые закрепляются на особой плите, а вся обработка производится переносными станками, устанавливаемыми около места работы. Подача в этом случае осуществляется передвижением всего станка по салазкам при помощи винтового шпинделя. Долбежные станки для обработки паровозных рам строятся по типу переносных станков, с той разницей, что здесь часто употребляется кулисный привод. Несколько паровозных рам укрепляются на станине в форме пакета и подвергаются одновременной обработке двумя или больше долбежными станками. Обычно эти станки снабжаются также сверильными шпинделями, так что вся обработка паровозных рам совершается в один зажим. Для выборки шпоночных канавок во втулках строятся особые станки, главнейшим отличием которых от нормальных долбежных станков является то, что резец приводится в действие механизмом, помещенным внизу рабочего стола; т. о., верхняя часть станины отпадает, и горизонтальные размеры обрабатываемых на станке частей практически не ограничены.

Реечный шпоночно-строгальный станок (фиг. 10) состоит из станины с рабочим столом *a*, внутри к-рой помещается движущий механизм, втулки *b*, на которую надеваются подлежащие обработке предметы, резца *e*, движущего и подающего механизмов. Резцовая державка *d* закрепляется щеками *o* в ползуне *л*, захватываемом суппортом *o*, составляющим одно целое с рейкой *e*; последняя приводится в движение шестерней *ж*, вращаемой ременными шкивами прямого и

обратного хода, попеременно сцепляемыми с валом при помощи фрикционных муфт. Сцепление муфт производится перемещением тяги *z*, к-рая связана с рычагом *и*, передвигаемым или от руки или автоматически от ползуна при помощи тяги *к* с двумя упорками. Подача реза совершается путем подъема его клином *м*, нижний конец которого закреплен в салазках *и*; особый механизм смещает клин относительно супорта *o*, а следовательно, и резцовой державки. Область применения Д. по металлу в настоящее время сильно сократилась. Для нормальных частей оно б. ч. заменяется фрезированием; выборка канавок и обработка фасонных отверстий в массовом производстве совершается преимущественно оправками для уширения отверстий; для выработки крупных фасонных частей из листов и плит Д. почти



Фиг. 10.

совсем вытеснено автогенной резкой. Таким образом, в настоящее время Д. применяется преимущественно в передвижных (при обработке крупных частей) и специальных станках (гл. обр. зубострогальных).

Лит.: Гавриленко А. П., Механич. технология металлов, 2 изд., ч. 4, вып. 3, М., 1926; Hütle F., Die Werkzeugmaschinen, В., 1923; Jones F. D., Planing a Milling, New York, 1920; Colvin F. H. a. Stanley F. A., Machine Tools a. Their Operation, part 2, N. Y., 1922; Machinery's Encyclopedia, v. 4, 5, N. Y., 1925; «Die Werkzeugmaschine», Berlin; «Machinery», N. Y.—L.; «Maschinenbau», В.; «Schliss-Nachrichten», Düsseldorf. **Л. Павлушков.**

**ДОЛОМИТ**, природная двойная соль кальция и магния состава  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  (54,35%  $\text{CaCO}_3$ ; 45,65%  $\text{MgCO}_3$ ); система гексагональная; спайность совершенная по ромбоэдру; твердость 3,5—4,0; удельный вес 2,8—2,9; цвет Д. разнообразный—от белого до черного, также розовый, зеленый, бурый. HCl на холоду действует слабо на Д., особенно при крупнозернистом его состоянии. Перед паяльной трубкой реагирует, как кальцит. Встречается в больших массах, образуя горную породу. В природе встречаются доломитовые породы различного соотношения между  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ —магнезиальный известняк или известковый магнезит. В качестве примесей в Д. встречаются: FeO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , MnO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ . Д. применяется в металлургии как флюс при плавке руд и для навивки мартеновских печей, при чем Д. д. б.

в крупн. кусках с уд. в. не менее 2,5 и иметь след. состав: не менее 52%  $\text{CaCO}_3$ ; не менее 43—44%  $\text{MgCO}_3$ ; до 1%  $\text{SiO}_2$ ; 1—3%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  +  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Р и S содержат не должен. Образцы анализов нормального Д., применяемого в металлургии, приведены в след. табл.

Состав нормального доломита.

С о р т	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$ + $\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{CO}_2$
№ 1 . . . . .	0.02	0.10	32.50	20.97	46.41
№ 2 . . . . .	0.07	0.12	31.24	22.00	46.57
№ 3 . . . . .	—	—	31.23	21.98	49.62
№ 4 (Щелково, близ Москвы) . . . . .	0.80	1.52	32.72	19.84	—

Кроме того, Д. применяется в строительном деле (преимущественно доломитизированные мраморы), в дорожном деле для изготовления балласта и щебня, в стеклоделии, для изготовления магнезиальных цементов. Наконец, Д. служит рудой на магнезиевые соли; из них основная водная углемагнезиевая соль  $\text{HMgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  применяется в медицине и для производства теплоизоляционных материалов. В СССР Д. встречается повсюду в громадных количествах. Добыча его сосредоточена на Юге, на Урале и в Центральной промышленной области.

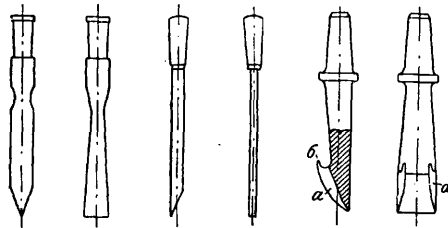
Лит.: Карнаухова М. М., Сравнит. оценка огнеупорн. магнезита и обожженного доломита в марг. произв., «МС», 1926, 5, стр. 391; Добрынина М. И., Доломит, «НИ», т. 1, Л., 1926; Кротов Н., Доломиты и их происхождение, Труды Казанск. об-ва естествоиспытателей, Казань, 1925; Викулова М. Ф., Доломит, Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927. Н. Федоровский.

Д. в металлургии применяется как основной огнеупорный материал, более дешевый и доступный (месторождения во всех металлургич. районах), чем магнезит (см.), и более удобный для употребления и хранения, чем известь, так как, будучи обожжен до спекания («намертво»), не рассыпается подобно извести в порошок от поглощения влаги из воздуха. Д. был использован Томасом для набойки первого основного конвертера, а несколько позже — для устройства пода основных маргеновских печей. Сырой доломит, содержащий не менее 18% (но и не более 20%)  $\text{MgO}$ , обжигается в вагранках (см.), имеющих цилиндрич. шахту 6—8 м высоты и 1,2—2 м в диаметре, выложенную из доломитовых кирпичей или кусков хромист. железняка. На высоте 1,75—2 м от пода шахта имеет окна, через которые может подаваться, когда нужно, дутье. При работе вагранки как самодувной печи воздух засасывается через выгребные окна у пода. Суточная производительность вагранки при дутье (8—10 см вод. ст.)—10—30 т готового продукта, без дутья—в 1½ раза меньше; выход годного продукта—50% сырого Д.; расход хорошего (малозольного) кокса—от 35 до 40% (иногда 60%) веса годного продукта. Обожженный доломит должен представлять спекшуюся массу серого или даже

черного цвета, без белых точек, и содержать не менее 35% окиси магния и не более 1% летучих веществ.

М. Павлов.

**ДОЛОТО**, инструмент, применяемый в деревообделочн. деле для выработки четырехугольных углублений и гнезд при изготовлении колес, дверей, оконных рам, ставней и пр. В своей основе Д. представляет собой разновидность стамесок и отличается от

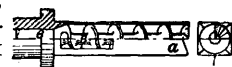


Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

последних только толщиной, к-рая обычно превосходит ширину. Обыкновенное ручное Д., употребляемое для плотничных работ (фиг. 1), представляет собой стальной клинок, в верхнюю трубкообразную часть которого вгоняется деревянная рукоятка с насаженным на верхний ее конец железным кольцом для предохранения рукоятки от раскалывания при ударах молотка; нижняя часть заостряется с двух сторон под углом в 15—30° в зависимости от породы дерева, подвергающегося обработке; так называемые английские Д. имеют заострение только с одной стороны. Д. изготавливаются до 75 мм шириной; применяемое же для прорезания шипов шиповое Д. имеет ширину в 12 мм и изображено на фиг. 2; заостренный конец клинка, в противоположность обыкновенному Д., вгоняется до заплечиков в рукоятку из твердого дерева. Д., употребляемые в долбежных станках, отличаются гл. обр. формой острия (фиг. 3); гнездо выбирается во всю ширину Д. и для того, чтобы боковые стенки получились гладкими, Д. снабжается боковыми подрезами *a*; для удаления стружки при работе им часто придают форму крючка *б*.



Фиг. 4.

В Зап. Европе распространен тип вертикальных долбежно-сверильных станков с квадратным полым Д. *a* (фиг. 4), внутри которого вращается спиральное сверло *в*; стороны долота имеют продолговатые прорезы для удаления стружек. Такие долота изготавливаются от 6 до 60 мм в квадрате и долбят дерево 200 мм толщиной. Для правильной работы полое Д. заостряется от руки с внутренней стороны под углом в 25—35° в зависимости от размеров. Конец сверла, работающего внутри Д., должен быть на несколько мм ниже острия Д.

И. Саксон.

**ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ**, см. Доменное производство.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К VI ТОМУ ТЭ.

- Абелевы группы** (переместительные группы) 90.  
**Авторотация** 666.  
**Азат** 620.  
**Аксатор** 622.  
**Активные силы** 356.  
**Ализариновый синий WR** 754.  
**Ализариновый черный** 754.  
**Алюголь дециловый** 597.  
**Альдегид каприновый** 597  
**Амилаза** 635.  
**Амилодекстрины** 360.  
**Аммонит** 754.  
**Амортизаторы** 778.  
**Антисептики** 50.  
**Антиформин** 355.  
**Антихлор** 596.  
**Аппендикс** 763.  
**Асептол** 355.  
**Асланна** 497.  
**Аурамин** 818.  
**Аффинорное исчисление** 621.  
**Ахроодекстрины** 360.  
**Ахтерштень** 497.
- Бадяга** (бодяга) 99.  
**Бальзам копейский** 114.  
**Балнаброшный дифференциал** 826  
**Баргоут** 498.  
**Баржи** 501.  
**Баржи санные америк.** 502.  
**Баржонки** 502.  
**Барки** 501.  
**Батанец** 386.  
**Бату** 155.  
**Бензопурпури** 632.  
**Бензопурпури 4В** 634.  
**Берлины** 501.  
**Биения** 810.  
**Бимс** 498.  
**Бинормаль** 833.  
**Биректификаторы** 577.  
**Бисмарк коричневый** 794.  
**Брус английский** 385.  
**Брус норвежский** 385.  
**Бутадиен** 641.
- Ватервельс** 498.  
**Вектор аксиатора** 622.  
**Вельсы** 498.  
**Верзор** 624.  
**Вершина двойная** 412.  
**Ветренница** 412.  
**Вешка пловучая** 896.  
**Виллобей-аучук** 123.  
**Винилэтилен** 641.  
**Витт гребной** 320.  
**Вираж** 663.  
**Водостолбовые машины** 234.  
**Водяные колеса** 235.  
**Вожика разрывная** 763.  
**Волноуказатель** 549.  
**Вортенс** 624.  
**Всасывание** 180.
- Габбро-диабазы** 621.  
**Газ дианитый** 346.  
**Газовые камеры** 772.  
**Гален (детекторш.)** 552.  
**Гексапиродифениламин** 818.  
**Гиматомелановая кислота** 110.  
**Гитам** 155.
- Глиссада** 655.  
**Глубина фокуса** 639.  
**Гноиольники** 419.  
**Гноиольные погреба** 419.  
**Годичный слой** 401.  
**Голубиный помет** 96.  
**Гоммелин** 361.  
**Гондола** 761, 767, 777.  
**Горбыли** 386.  
**Грабли** 896.  
**Гранит шведский** 621.  
**Графики Тейлора** 320.  
**Громкоговорители (диффузорные) безрулонные** 59.  
**Громкоговорители рупорные** 59.  
**Громкоговоритель «Гомон»** 62.  
**Громкоговоритель «Магнавок»** 62.  
**Громотвод судовый** 68.  
**Гуано рыбное** 96.  
**Губна резиновая** 100.  
**Губки целлюлозные** 99.  
**Гуматы** 111.  
**Гуминоиды** 113.  
**Гумины** 111, 113.  
**Гумоидные кислоты** 111.  
**Гумус торфяной** 113.  
**Гумусовая кислота** 110.  
**Гумусовые земли** 113.  
**Гурьюрезен** 114.  
**Гусеничные рамы** 119.  
**Гутти** 111.
- Дабинг** 155.  
**Даля кислота** 817.  
**Дамастовая ткань** 142.  
**Дамбы береговые** 144.  
**Дамбы заграждающие** 151.  
**Дамбы ирригационные** 151.  
**Дамбы шутевые** 143.  
**Дамбы сипайные** 150.  
**Дамбы струнаправляющие** 148.  
**Двери железные** 163.  
**Дверные рамы** 159.  
**Двигатели Дизели автомобильные** 269.  
**Двигатели с запальным шаром** 285.  
**Двигатели водопроточные** 328.  
**Двоиннование** 592.  
**Девтеринопты** 141.  
**Деготь остойный** 437.  
**Дед-Борнео** 598.  
**Денагидронафталин** 358.  
**Деканаль** 597.  
**Декантация** 359.  
**Делительная головка оптическая** 375.  
**Делительная головка простая** 369.  
**Делительная головка универсальная** 369.  
**Делительные приборы-автоматы** 373.  
**Денатурализация** 395.  
**Денатуранты** 394.  
**Денатурирование** 395.  
**Денсиметр-ареометр** 397.  
**Дерматоид** 543.  
**Дерновка** 543.  
**Детектор карборундовый** 552.  
**Детекторная характеристика** 552.  
**Детекторные пары** 551.  
**Дефекционная грязь** 565.  
**Дефибрер магазинный** 572.
- Дефибрер щепной** 573.  
**Дефлегмация пара** 576.  
**Дехлорация** 595.  
**Джингер** 598.  
**Диаграмма тепловая** 178.  
**Диадные произведения** 621.  
**Диазониевые соли** 626.  
**Диазотирование** 627.  
**Диализаторы** 629.  
**Диаминоген В** 633.  
**Диаминогеновый синий** 633.  
**Диаминодиметоксидифенил** 633.  
**Дианнзидиновый синий** 634.  
**Дианиловые красители** 632.  
**«Дикарь» (намень)** 643.  
**Диметилдионсим** 645.  
**Диметилсульфат** 631.  
**Диметилфениламин** 643.  
**Динамомашинна наступающая** 741.  
**Динитробензол** 753.  
**Динитронафталин** 753.  
**Динитролуол** 753.  
**Динитрофенол** 753.  
**Динитрохлорбензол** 753.  
**Диспечер** 802.  
**Дифференциалы функций** 837.  
**Диффузиометр** 859.  
**Диффузор** 61.  
**Диэлектрический коэффициент** 863.  
**Диэтиламин** 644.  
**Диэтилсульфат** 632.  
**Донжидатели** 904.  
**Доильная машина** 910.  
**Доски кровельные** 386.  
**Доски ларевые** 386.  
**Доски мадрильные** 386.  
**Доски необрезные** 385.  
**Доски обзолные** 386.  
**Доски половые** 386.  
**Доски полуобрезные** 386.  
**Доски полустыльные** 386.  
**Доски рядовые** 386.  
**Доски серединные** 386.  
**Доски чистообрезные** 385.  
**Древесина** 400.  
**Древесный порошок** 437.  
**Древесный уксус** 437.  
**Дубы (судна)** 497.  
**Дупловатость** 413.
- Жавелевая вода** 355.  
**Жернова** 30.  
**Жижка** 437.
- Заболонь двойная** 413.  
**Задаваемые силы** 356.  
**Задача плоская** 581.  
**Закрепитель Т** 754.  
**Затворы** 531.  
**Защита Нифера** 908.  
**Зубная резина** 397.
- Известь хлорная** 355.  
**Измерительные инструменты** 480.  
**Иловатые почвы** 113.  
**Иммедиазевый чисто-синий** 644.  
**Индикаторный кпд** 193.  
**Интегральная кривая** 844.
- Кавитация** 225, 324.  
**Казенн** 99.



- Кайнит 334.  
 Калоризатор 273.  
 Калориферные печи 447.  
 Калудут 155.  
 Камбий 400.  
 Камера форсуночная 240.  
 Кандым 608.  
 Кап 412.  
 Капбална 385.  
 Карабуры 150.  
 Карбо-печь 446.  
 Карговыи пояс 498.  
 Кардование 613.  
 Каркас 775.  
 Карленгс 498.  
 Карналлит 334.  
 Касательная 832.  
 Касательная плоскость 834.  
 Катыанол 754.  
 Кенаф 619.  
 Кенонг 155.  
 Кизанка 913.  
 Киль 497.  
 Кильблок 911.  
 Кильсон 498.  
 Кипоразбиватель 612.  
 Клей конторский 366.  
 Клей марочный 367.  
 Клейтона газ 351.  
 Клеперы 501.  
 Клямысы 498.  
 Колеса гребные 325.  
 Коллентор 718.  
 Коловорот 479.  
 Коломенни 501.  
 Колун 479.  
 Кольцо гнилое (дерево) 413.  
 Коммутатор селекторный 804.  
 Коммутация 692.  
 Компоненты 827.  
 Конго красный 794.  
 Конденсер 605.  
 Кони (бруссы) 499.  
 Константа равновесия 358.  
 Копань 498.  
 Коробки 159.  
 Король 529.  
 Косослой 412.  
 Коши теорема 838.  
 Коэффициент двигательный 314.  
 Коэффициент детектирования 555.  
 Коэффициент оптической упру-  
 гости 583.  
 Коэффициент пропульсивный 314.  
 Кран Даниеля 44.  
 Кремона диаграмма 28.  
 Крень 413.  
 Креолин 355.  
 Криогеновый коричневый 754.  
 Крона 398.  
 Кроцеиновый алый 794.  
 Круг соприкасающийся 831.  
 Ксилобетон 479.  
 Кульмана способ 28.  
 Лагранжа теорема 838.  
 Лангоза 795.  
 Лафетник 386.  
 Ледорезы 524.  
 Лейтогом 361.  
 Ленивцы 116, 117.  
 Лента гусеничная 116.  
 Лес колотый 384, 387.  
 Лес круглый 383, 384.  
 Лес пиленный 383, 384.  
 Лёсс 81.  
 Лизол 355.  
 Лизоформ 355.  
 Лимберт 498.  
 Лубяная ткань 400.  
 Лугорез 554.  
 Лучочка 412.  
 Лучинник 387.  
 Лыжный пояс 498.  
 Магнитная цепь 683, 719.  
 Магнитное рассеяние 684.  
 Маклорена ряд 840.  
 Мальтодекстрины 360.  
 Мальтоза 795.  
 Маринник (суда) 501.  
 Мата-кухинг 155.  
 Материк 84.  
 Мауршат 385.  
 Машина коллекторная 676.  
 Машина униполярная 675.  
 Менеумок 386.  
 Мембраны 59.  
 Меньше теорема 834.  
 Мергель 82.  
 Мертвая петля 665.  
 Метанол 437.  
 Метик 412.  
 Механический кплд 193.  
 Михлера гидрол 818.  
 Михлера кетон 818.  
 Мокрослойность 413.  
 Молочный сахар 795.  
 Морозобой 412.  
 Моторы забортные 284.  
 Мыло бастовое 344.  
 Мыло шелковое 344.  
 Мялки джутовые 613.  
 Набл-аффинор 624.  
 Надкопник 499.  
 Надмылье 344.  
 Накурор 498.  
 Напорная характеристика 228.  
 Насос топливный 274.  
 Нафтазарин 753.  
 Нафтализол 355.  
 Нафтилендиамин 754.  
 Нитраинлин 753.  
 Нормаль 830.  
 Нормальная плоскость 834.  
 Носовое усиление 763.  
 Обалопы 386.  
 Обмотка барабанная 678.  
 Обмотка возбуждения 720.  
 Обмотка волновая 678.  
 Обмотка замкнутая 678.  
 Обмотка компенсирующая 690.  
 Обмотка петлевая 678.  
 Обмотка спиральная 678.  
 Ожмица 498.  
 Озда 498.  
 Оперение 768, 777.  
 Опоры на лежнях 520.  
 Опоры рязевые 520.  
 Оросительные аппараты 903.  
 Осмол 437.  
 Отлун 412.  
 Оторфование 113.  
 Охранные бруссы 519.  
 Панцилина (брус) 518.  
 Палуба 386.  
 Панель 521.  
 Парашотирование аэроплана 660.  
 Паренхима 401.  
 Пасынок 412.  
 Пельтона колесо 219.  
 Пенак 155.  
 Перегнивание 113.  
 Перегонный 113.  
 Перекладина 159.  
 Перикон 552.  
 Пероксидазы 102.  
 Пикирование 657.  
 Пила 480.  
 Пила круглая 481.  
 Пила ленточная 483.  
 Пилки 30.  
 Пиллерс 498.  
 Пинакриптол желтый 546.  
 Пинакриптол зеленый 546.  
 Пирролиз 467.  
 Питатели 606.  
 Планирование 656.  
 Плансон 385.  
 Планишьрь 498.  
 Планы 762.  
 Платина нашатырная 100.  
 Плашки 30.  
 Плевнограф 908.  
 Подбалки 518.  
 Подвеска 766.  
 Подкасательная 830.  
 Поднормаль 830.  
 Подпилки 480.  
 Подсмольная вода 437, 453.  
 Подтелина 498.  
 Полуудочки 501.  
 Полурус 386.  
 Поляризация моллярная 759.  
 Порог 159.  
 Пором 497.  
 Поток утечки 684.  
 Поясыя воротовые 498.  
 Приемная поверхность 907.  
 Примулин 338.  
 Приставка 498.  
 Пробой 875.  
 Пробой электрический 875.  
 Проверочные инструменты 480.  
 Прогон 517.  
 Продувка двухтактных двигате-  
 лей 187.  
 Производные функции 835.  
 Пропилеидиамин 633.  
 Прорезь (судно) 497.  
 Протаноны 141.  
 Р-кислота 817.  
 Рабочая смесь 194.  
 Рабочая характеристика 227.  
 Рабочий процесс 196.  
 Радиус кривизны 831.  
 Развертывающиеся поверхно-  
 сти 834.  
 Раззенковка 479.  
 Разметочные инструменты 480.  
 Разрыв хрупкий 593.  
 Рама цветочная 677.  
 Распределительный вал 267.  
 Расширения период 187.  
 Рашипили 480.  
 Реактивная электродвижущая  
 сила 693.  
 Реакция янюра 688.  
 Реборды 116.  
 Реверсивная муфта 284.  
 Реверсирование 287.  
 Регулирование качественное  
 198, 203.  
 Регулирование количественное  
 198, 199, 200.  
 Регулирование смешанное 198,  
 199, 203.  
 Регулятор скорости 292.  
 Режим полета 655.  
 Рекуперация тепла 578.  
 Ренатурация 395.  
 Репродуктор 58.  
 Реторты вагонные 446.  
 Реторты выемные 445.  
 Рефракция коническая 333.  
 Решетки диффракционные 856.  
 Ригель 518.  
 Ридерс 498.  
 Ройка 412.  
 Ролля теорема 838.  
 Рубаник 479.  
 Рузи 499.  
 Рыбница (судно) 497.  
 Сарайя 155.  
 Сахароза 794.  
 Сверла 480.  
 Сверлильный станок 488.  
 Сверхдавление газа 763.  
 Свилеватость 412.  
 Сгорания период 184.  
 Сентги 155.  
 Серре-Френе формулы 833.  
 Серый порошок 454.  
 Серянка 412.  
 Сжатия период 183.  
 Синева 413.  
 Сигуп 155.  
 Ситовина 413.  
 Скишидар 437.  
 Слиптер 385.  
 Смесительная камера 209.  
 Смола кубовая 438, 453.  
 Смола остаточная 438.  
 Смола отстойная 437, 451.  
 Смола растворимая 453.  
 Смола сосновая 437.  
 Смолокурение 437.  
 Смолоотделители 456.  
 Смолье-подсочка 437.  
 Соноидоловые соли 355.  
 Спираль 664.  
 Спюнгин 96.  
 Стамески 479.  
 Степень сжатия 193.  
 Стойка коренная 535.  
 Стойки без подкоса 532.  
 Стойки, или косяки 159.  
 Стойки контрфорсные 534.  
 Стойки с подкосами 533.  
 Стрингер 772.  
 Строгальный станок 484.  
 Стропы 766.  
 Струги 479.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Суда быстроходные промысловые 501.  
Суда грузовые 501.  
Суда рыболовные 501.  
Сук белый 412.  
Сук крапивный 413.  
Сук роговой 412.  
Сук табачный 413.  
Сулема 355.  
Схват 40.
- Танганж 766.  
Тейлора ряд 840.  
Телевидение 130.  
Телескопия электрическая 130.  
Телефотография 130.  
Тензор 621.  
Тепловой расчет 196.  
Термогальванометр 549.  
Термометктор 549.  
Термопенетрация 637.  
Тес 386.  
Тесовки 501.  
Тимбер 385.  
Тиофлавин Т 338.  
Тихвинки 501.  
Тление 113.  
Тоннаж 75.  
Топор плотничный 479.  
Топтимберс 498.  
Точильные инструменты 480.  
Трагантин 367.  
Трактор (от аффинора) 624.  
Траленье 896.  
Трахеиды 401.  
Третник 497.  
Трешкоуты 497.  
Трикрезолформалин 355.  
Триметилендиамин 633.  
Тротил 753.  
Трухлявость 413.  
Турбина активная 217.  
Турбина Банки 221.  
Турбина водяная 216.  
Турбина Лавачека 224.  
Турбина реактивнал 217.
- Турбина Френсиса 221.  
Турбины винтовые 224.  
Турбины кратные 225.  
Турбины пропеллерные 224.  
Тушильница 445.  
Тюлька 498.
- Углекжжение 437.  
Удельное число оборотов 219.  
Узлы 521.  
Укусный порошок 437.  
Удавливатель 762.  
Ункаки 501.  
Упругие постоянные 580.  
Устои береговые 529.
- Фальшборт 498.  
Фальшкиль 497.  
Фанера 386.  
Фахбаум 529.  
Феносафранин 545.  
Флегма 576.  
Флортимберс 498.  
Флотбет 527.  
Фонтанки 501.  
Формалин 355.  
Форштейень 497.  
Фрезерный станок 486.  
Фрейнда кислота 817.  
Фульвокислота 110.  
Функция 836.  
Футокс 498.
- Н-кислота 817.  
Характеристическое уравнение 848.  
Хлорамин 355.  
Хромовый прочный черный FRW 794.  
Хромотроповая кислота 817.
- Центр кривизны 831.  
Цепная сетка 896.  
Цеппелин 772.  
Цикл двухтактный 172, 195.  
Цикл Дизели 174.
- Цикл четырехтактный 172.  
Цинля 479.  
Циркуляционные печи 448.
- Чернозем 113.  
Черный порошок 453.  
Черный сернистый 753.  
Чикаго синий В 634.  
Чикаго-кислота 2S 817.
- Шведская кожа 158.  
Шелевка 386.  
Шипорезный станок 487.  
Ширстрек 498.  
Шлифовальный станок 489.  
Шпала 385.  
Шпангоут 497, 772.  
Шплитгольд 387.  
Шпоночно-строгальный станок 919.  
Штевень 498.  
Штопор (авиация) 666.
- Щепальный станок 488.  
Щеполовка 571.  
Щетки 724.  
Щеткодержатели 724.  
Щипцы 896.
- Эвольвента 832.  
Эволота 831.  
Эвнипотенциальные соединения 680.  
Электропроводность диэлектриков 868.  
Электропроводность поверхностная 869.  
Эргометр 733.  
Эритрен 641.  
Эритродекстрины 360.  
Этилендиамин 633.  
Этилсульфат 632.  
Эффективный кнд 193.
- Ядро 402.  
Якорь динамомашини 711.