

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВАДЦАТЬ ШЕСТОЙ
ШАРОВЫЕ И ТРУБНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ — ЯЩИЧНОЕ
ПРОИЗВОДСТВО



ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ♦ ОГИЗ РСФСР ♦ 1934

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»



XXVI том сдан в производство 8 декабря 1933 г.;
подписан к печати 20 декабря 1934 г.

Набор текста и верстка, печать, брошировочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Дьячкова А. Н. и помощников директора Моргунова Н. В. и Зудина В. П. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Горшков М. С. и Егоров П. А. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошировочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Курчева Н. Н., Овсяникова М. П., Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише для тиснения на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись 1-й Образцовой типографией ОГИЗ. Бумага Кондровской фабрики. Дерматин-фабрики им. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Балахнинского комбината.

*В XXVI томе ТЭ помещены 851 иллюстрация в тексте
и одна вкладка к статье «Электрификация».*

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес Издательства: Москва, Ордыков пер., 3.

16-я типография треста «Полиграфнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита А. 90835. Гиз 32. Э-00 г. Заказ № 528.
Бумага 72 × 108/16. 27¹/₄ печ. л. текста × 99 500 экз. = 67 авт. л.; ¹/₄ печ. л.
вклеек = 0,5 авт. л. Всего объем тома 67,5 авт. л. Тираж 30 500 экз.

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

Закончив первое издание «Технической Энциклопедии», редакция Т. Э. посвящает свой многолетний труд вождю мирового пролетариата и неустанному организатору индустриализации и коллективизации СССР тов. **И. В. СТАЛИНУ**, чей лозунг об овладении техникой воодушевлял работников Т. Э. в их стремлении вооружить технические кадры промышленности СССР новейшими данными мировой техники.

Редакция Т. Э. заверяет партию и тов. Сталина, что приложит все усилия к использованию приобретенного в процессе создания Т. Э. опыта для дальнейшего углубления работы по созданию новых технических энциклопедий и в первую очередь «Рабоче-колхозной технической энциклопедии» в целях технического вооружения всей массы рабочих и колхозников СССР.

Редакция Технической Энциклопедии

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор—проф. Д. К. Мартене.

Зам. Глав. Редактора—проф. В. Э. Шпринк.
Зам. Глав. Редактора—С. Н. Рабинков.Зав. ГСЭИ—Б. П. Рогачев.
Ученый Секретарь—Н. П. Ракицкий.

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Арманд Н. Е.; Ельцина Н. М.; инж. Знаменский А. А.; Мельников И. И.; инж. Мушенко И. Н.;
Никаноров В. М.; инж. Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Татаринев В. Н.; инж. Фрязинов-
ский И. А.; проф. Шпринк В. Э.Зав. библиографией: инж. Таубман С. И.; Технические Редакторы: Ксандрова Е. Т.;
инж. Сакмаров Н. Г.; Сергеева Т. Н.

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ Т. Э.

Авиация, воздухоплавание.

Юрьев Б. Н., проф.
Александров В. Л., проф.

Автомобильное дело.

Брилинг Н. Р., проф.

Архитектура, строительное
дело, коммунальное хозяй-
ство.

Штамм Е. Л., инж.

Щусев А. В., акад.

Астрономия.

Михайлов А. А., проф.

Бумажное производство.

Жеребов Л. П., проф.

Военная и морская тех-
ника.

[Воклевский К. П.], проф.

Бонч-Бруевич М. Д.

Фишман Я. М.

Яковлев С. Т., проф.

Геодезия.

Бонч-Бруевич М. Д.

Гидротехника, гидравлика.

Винтер А. В., акад.

[Эссен А. М.], инж.

Горное дело, минеральное
сырье и топливо.

Губкин И. М., акад.

Терпигоров А. М., проф.

Федоровский Н. М., проф.

Ферсман А. Е., акад.

Шахно А. П., инж.

Двигатели внутреннего сго-
рания.

Мартене Д. К., проф.

Шпринк В. Э., проф.

Детали машин и подъемные
механизмы.

[Бобарыков И. И.], проф.

Павлушков Л. С., инж.

Дороги и дорожное строитель-
ство.

Шестаков П. Н., проф.

Железнодорожное дело.

Сыромятников С. П., проф.

Земблинов С. В., проф.

[Энгельгардт Ю. В.], проф.

Кожевенное дело.

Поварнин Г. Г., проф.

Чернов Н. В., проф.

Крашение и красящие веще-
ства.

Грибоедов Д. Н., проф.

Порай-Кошкин А. Е., проф.

Лесоводство, лесотехника.

Кобранов Н. П., проф.

Покалюк К. О., проф.

Математика.

Коган В. Ф., проф.

Степанов В. В., проф.

Шпильрейн Я. Н., проф.

Материаловедение.

Флоренский П. А., проф.

Металлургия черных и цвет-
ных металлов.

Байков А. А., акад.

Павлов М. А., акад.

Пильник М. Е., проф.

Механика прикладная и тео-
рия механизмов.

Динник А. Н., акад.

Мерцалов Н. И., проф.

Радицг А. А., проф.

Механика строительная и гра-
фостатика.

Прокофьев И. П., проф.

Механика теоретическая.

Некрасов А. И., проф.

Серебренников М. Р., проф.

Мосты.

Передерий Г. П., проф.

Стрелецкий Н. С., проф.

Мукомольное дело, мельницы
и элеваторы.

Козьмин П. А., проф.

Розенштейн Л. И., инж.

Полиграфическое производ-
ство.

[Вольфсон М. Б.], проф.

Кузьминский К. С.

Михайлов С. М.

Промышленная гигиена и тех-
ника безопасности.

Каплун С. И., проф.

Сянев П. И., проф.

Радиотехника.

Баженов В. И., проф.

Резиновое производство.

Лурье М. А., инж.

[Лебедев С. В.], акад.

Сельское хозяйство, агроно-
мия, сельскохозяйственные
машины и орудия.

Вильямс В. Р., акад.

Горячкин В. П., акад.

Ракицкий Н. П., уч. агр.

Сладков Н. В., проф.

Силикатная промышлен-
ность.

Китайгородский И. И.,

проф.

Шведов Б. С., проф.

Текстильное дело и техноло-
гия волоконных веществ.

Линде В. В., проф.

Новиков Н. Г., проф.

Теплотехника, термодинами-
ка, энергетика.

Кржижановский Г. М.,

акад.

Киричев М. В., проф.

Мерцалов Н. И., проф.

Смирнов Л. П., проф.

Брилинг Н. Р., проф.

Техника освещения.

Лапиров-Скобло М. Я.,

проф.

Бельвинд Л. Д., проф.

Технология дерева.

Дешевой М. А., проф.

Квятковский М. Ф., проф.

Технология и обработка метал-
лов.

Вейс А. Л., инж.

Грачев К. Ф., проф.

Павлушков Л. С., инж.

Технология углеводов, вино-
курение, пивоварение.

Тищенко Н. А., проф.

Церевитов Ф. В., проф.

Шорыгин П. П., проф.

Торф.

Радченко Н. Н.

Физика.

Вавилов С. И., акад.
Иоффе А. Ф., акад.
Андреев Н. Н., проф.

Химия (органическая, неорганическая, физическая химия и химическая технология).

Вах А. Н., акад.
Ипатьев В. Н., акад.

Курнаков Н. С., акад.
Медведев С. С.
Раковский А. В., проф.
Лявовский В. М.

Холодильное дело.
Комаров Н. С., проф.

Экономика.

Вольфсон М. Б., проф.
Струмилин С. Г., акад.

Электротехника.

Кулебакин В. С., проф.
Шателен М. А., проф.
Шильрейн Я. Н., проф.
Юрьев М. Ю., проф.

Энергетика.

Кржижановский Г. М., акад.
Лапиров-Скобло М. Я., проф.

РЕДАКТОРЫ СПРАВОЧНИКА Т. Э.

АКИМОВ Г. В., проф.
АЛЕКСАНДРОВ Д. К., проф.
БАБОШИН А. Л., проф.
БАЖЕНОВ В. И., проф.
БАРАНОВ В. И.
БАХМЕТЕВ Е. Ф., инж.
БЕРКЕНГЕЙМ Б. М., проф.

БЫЗОВ В. В., проф.

ВАВИЛОВ С. И., акад.
ВЕЙС А. Л., инж.
ВОЗНЕСЕНСКИЙ С. А., проф.
ГРАЧЕВ К. Ф., проф.
ГУРИН Н. В., инж.
ДАВИДЕНКОВ Н. Н., проф.
ДОБРОХОТОВ А. Н., проф.
ЖУКОВСКИЙ Г. Ю., проф.
ЗАЙМОВСКИЙ А. С.
ЗЕЛИНСКИЙ Н. Д., акад.
ИЛЬИНСКИЙ М. А., проф.
ИОФФЕ А. Ф., акад.

КИТАЙГОРОДСКИЙ И. И., проф.

КОБРАНОВ Н. П., проф.
КОЛЯНКОВСКИЙ Д. П.
КРАВКОВ С. В., проф.
КУРНАКОВ Н. С., акад.
ЛАЗАРЕВ П. П., акад.
ЛИНДЕ В. В., проф.

ЛЯЛИН Л. М., проф.

МАЙЗЕЛЬ С. О., проф.
МЕДВЕДЕВ С. С.
НАМЕТКИН С. С., проф.
НАСТЮКОВ А. М., проф.
ПАВЛОВ М. А., акад.
ПЕТРОВСКИЙ В. А., проф.
РАВИНОВИЧ А. М., проф.
РАКИЦКИЙ Н. П., уч. агр.
РАКОВСКИЙ А. В., проф.
РЕВИНДЕР П. А., проф.
РЖЕВКИН С. Н., проф.

РИС Л. Ф., инж.

РОНКИН Б. Л., инж.

РУТОВСКИЙ Б. Н., проф.
САВКОВ Е. И., инж.
СИДОРИН И. И., проф.
СЛАВИНСКИЙ М. П., проф.
СТАРАИНОВ Б. Н.
ТИШЕНКО И. А., проф.
ФЕДОРОВ В. Ф., проф.
ФЕРСМАН А. Е., акад.
ФИЛОСОВОВ П. С., проф.
ФЛОРЕНСКИЙ П. А., проф.
ФРЯЗИНОВСКИЙ И. А., инж.

ХЛОПИН В. Г., проф.
ШАХНО А. П., инж.
ШПРИНК Б. Э., проф.
ШУБНИКОВ А. В., проф.
ЮНГ В. Н., проф.
ЯНКОВСКИЙ В. М.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Зам. Зав. ГСЭИ по производственной части, руководитель Произв. Сектора: **Татиев Д. И.**;
 Зам. руководителя Произв. Сектора: **Маркус В. А.**; Технический Редактор по иллюстрациям:
Тавайтшерн В. Я.; Зав. Технической Редакцией при типографии: **Кулешов Н. З.**; Технический Редактор при типографии: **Кранц Э. М.**; Зав. Корректорской: **Бокшицкая Л. И.**; Старший корректор: **Полякова В. М.**

АБОЗИН В. Г. (крашение и ситцепечатание).
 АВИЛОВ В. М. (экономика и рационализация).
 АГАФОНОВ С. С. (морские инструменты).
 АГОКАС Е. В. (артиллерия).
 АДАКИН Н. (обработка металлов).
 АДАМ А. А. (обработка металлов).
 АЗАРОВ А. И. (военное дело).
 АЗБУКИН П. А. (электротехника, проволоч. телеграфия).
 АКИМОВ Г. В. (легкие сплавы).
 АКУЛОВ К. А. (гидравлика, гидротехника).
 АКУЛЬШИН П. К. (электротехника, проволоч. телеграфия).
 АЛЕКСАНДРОВ В. Л. (аэродинамика и авиация).
 АЛЕКСАНДРОВ Д. К. (химия).
 АЛЕКСАНДРОВ Н. К. (электротехнич. измерения).
 АЛЕКСАНПОЛЬСКИЙ Н. М. (геодезия и аэрофотосъемка).
 АЛЕКСЕЕВ Я. И. (геодезия).
 АЛЕКСЕЕНКО-СЕРВИН Т. М. (твердые сплавы).
 АЛЯКРИНСКИЙ Н. В. (морское дело).
 АНАНЬИН С. Г. (станки и инструменты).
 АНДРЕЕВ Г. В. (нефть).
 АНДРЕЕВ Н. Н. (физика, акустика).
 АНИСИМОВ Н. И. (гидротехнич. сооружения).
 АНОХИН А. И. (дорожные машины).
 АНТИПИН П. Ф. (электрометаллургия).
 АНТОКОЛЬСКИЙ Л. М. (краски).
 АНТОШИН А. П. (желез.-дор. дело).
 АНУФРИЕВ Н. И. (текстильное дело).
 АПОКИН Н. (переработка нефти).
 АРЕНБЕРГ А. Г. (радиотехника).
 АРКАДЬЕВ В. К. (физика, магнетизм).
 АРМАНД Н. Е. (текстильное дело).
 АРШТЕЙН Г. Э. (технология дерева).
 АРОНОВИЧ М. А. (экономика).
 АРТОВОЛЕВСКИЙ И. И. (прикладная механика).
 АРЦИХОВСКИЙ В. (технология древесины).
 АРШИНОВ В. В. (геология).
 АРЬЯКАС Г. Я. (фотография).
 АФАНАСЬЕВ Н. А. (желез.-дор. дело).
 АФАНАСЬЕВ Ю. В. (судоостроение).
 БАБАДЖАН П. С. (обработка металлов).
 БАБИЧКОВ А. М. (желез.-дор. дело).
 БАВОШИН А. Л. (металлургия).
 БАГ А. А. (химия).
 БАЕВ Н. А. (электротехника, проволоч. телефония).
 БАЖЕНОВ В. И. (радиотехника).
 БАЙКОВ А. А. (химия, цементы, металлургия).
 БАЙМАКОВ Ю. В. (электрохимия).
 БАЛАНДИН А. А. (химия).
 БАМДАС А. М. (электротехника сильных токов).
 БАРАНОВ В. И. (физика).
 БАРАЦ Ю. О. (физика).
 БАРИНОВ А. В. (геодезия).
БАРТРАМ Н. Д. (народное искусство).
 БАСИК И. В. (электротехника, проволоч. телефония).
 БАСКАКОВ Д. И. (текстильное дело).
 БАСТАМОВ С. Л. (физика, метеорология).
 БАТОВ Д. (экономика).
 БАУЛИН К. П. (насосы, вентиляторы).
 БАХ А. Н. (химия).
 БАХ-НИКОЛАЕВА Н. А. (химия).
 БАХМЕТЕВ Е. Ф. (легкие сплавы).
 БАХУРИН И. М. (маркшейдерское дело).

БАЦИНИН Г. Н. (электротехника).
 ББЕШИН В. А. (нож. дело).
 БЕБЯНОВ К. В. (электротехника).
 БЕЗУХОВ Н. И. (строит. механика).
 БЕККЕР В. В. (инженерные сооружения).
 БЕЛЕПЬКИЙ Л. А. (морское дело).
 БЕЛИКОВ П. Н. (физика).
 БЕЛИК-ГЕЙМАН П. С. (строительное дело).
 БЕЛОВ В. И. (горное дело).
 БЕЛОВИЦКИЙ А. (железнодорожн. пр-во).
 БЕЛОВИЦКИЙ В. А. (химия).
 БЕЛЬКИНД Л. Д. (светотехника).
 БЕРГМАН А. Г. (химия).
 БЕРКЕНГЕЙМ А. М. (химия).
 БЕРКЕНГЕЙМ Б. М. (химия).
 БЕРМАН С. И. (цветные металлы).
 БИЛЕНКО В. Л. (техника безопасности в горном деле).
 БИЛЖОВ В. О. (полиграфия).
 БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ (морское дело).
 БЛАГОУРАВОВ А. (артиллерия).
 БЛОХ М. А. (химия).
 БЛОХИН Н. А. (аэрофотосъемка).
БОБАРЬКОВ И. (детали машин).
 БОБКОВ П. К. (химия).
 БОБРИЦКИЙ Т. И. (судоподъем).
 БОБРОВ Ф. (химия древесины).
 БОГДАНОВ Н. И. (обработка металлов).
 БОГДАНОВСКИЙ С. Д. (нефть).
 БОГОМОЛОВ А. Е. (химия).
 БОГОЯВЛЕНСКИЙ Е. Н. (химия).
 БОЖИЧ П. К. (порты).
 БОЖОВСКИЙ В. Н. (физика, пирометрия).
 БОЙЧЕВСКИЙ Г. П. (вагоностроение).
 БОКИНИК Я. И. (фотография).
БОКЛЕВСКИЙ К. П. (судоостроение).
 БОЛДЫРЕВ В. В. (энтомология).
 БОЛДЫРЕВ В. Ф. (минералогия).
 БОЛДЫРЕВА А. М. (кристаллофизика).
 БОЛХОВИТИНОВ П. Ф. (металлургия).
 БОНДАРЕНКО К. В. (сушка).
 БОНЧ-БРУЕВИЧ М. А. (радиотехника).
 БОНЧ-БРУЕВИЧ М. Д. (геодезия).
 БОРИСЕВИЧ В. К. (горное дело).
 БОССЭ Г. Г. (резин. пр-во).
 БОЧАРОВ М. М. (маслобойн. пр-во).
 БОЧВАР А. М. (металлургия, сплавы).
 БОЯРКИН А. П. (текстильное дело).
 БРАТМАН М. Л. (химия, жиры).
 БРЕСЛАВЕЦ В. Н. (сельское хозяйство).
 БРИЛИНГ В. С. (гидравлика).
 БРИЛИНГ Е. Р. (гидротехника).
 БРИЛИНГ Н. Р. (автом. и авиац. двигат.).
 БРИЛИНГ Н. С. (строительное дело).
 БРИЛИНГ С. Р. (гидротехника, строит. дело).
 БРИТКИН А. С. (обработка металлов).
 БРИЦКЕ Э. В. (химия).
 БРОНШТЕЙН М. П. (физика).
 БРУК И. С. (электротехника).
 БРУНС В. П. (химия).
 БУБНОВ А. Ф. (военная химия).
 БУДАКОВ Г. С. (обработка камня).
 БУДНИКОВ П. П. (силикаты).
 БУДЛАКОВ Н. В. (меховое дело).
 БУРДИН И. А. (лаки, краски).
 БУРДЯНСКИЙ И. М. (организация производства).
 БУРКОВ А. И. (обработка металлов).
 БУРШТЕЙН Р. Х. (химия).
 БУТКЕВИЧ Ю. В. (электротехника).

БУХГЕЙМ А. Н. (фитопатология).
 БУХШТАВ А. И. (электротехника).
 БУХШТЕЙН М. А. (текстильное дело).
БУШТУЕВ (резиновое пр-во).
БЫЗОВ В. В. (синтез каучука).
 ВАВИЛОВ С. П. (физика).
 ВАВИШЕВИЧ М. И. (прозрачное дело).
 ВАЙНБЕРГ А. Я. (радиотехника).
 ВАЛК Г. И. (черные металлы).
 ВАНИН С. И. (технология древесины).
 ВАНЮКОВ В. А. (цветные металлы).
 ВАРЛИХ Г. В. (физика).
 ВАСИЛЬЕВ А. А. (минеральные краски).
 ВАСИЛЬЕВ Г. П. (желез.-дор. дело).
 ВАСИЛЬЕВ С. С. (химия).
 ВАХРАМЕЕВ К. С. (полиграфия).
 ВВЕДЕНСКИЙ Б. А. (радиофизика).
 ВЕДЕНЕВ Б. Е. (гидротехнич. сооружения).
 ВЕДРОВ В. С. (авиация).
 ВЕЙНБЕРГ В. П. (физика).
 ВЕЙС А. Л. (обработка металлов).
 ВЕЙС В. И. (энергетика).
 ВЕКСЛЕР И. Л. (нефть).
 ВЕКШИНСКИЙ С. А. (радиотехника).
 ВЕЛИКАНОВ В. А. (физика).
 ВЕЛИКОВСКИЙ А. С. (текстильное дело).
 ВЕНДЕРОВИЧ В. М. (мукомольное дело).
 ВЕСЕЛОВСКИЙ П. Н. (геодезия, аэрофотосъемка).
 ВЗОРОВ В. И. (консервное дело).
 ВИККЕР Д. А. (электротехника).
 ВИЛЬДЕ Э. А. (химия).
 ВИЛЬЯМС В. Р. (почвоведение).
 ВИНТЕР А. В. (гидротехнич. сооружения).
 ВИТАЧЕВ Е. Ф. (музыкальные инструменты).
 ВИТКЕВИЧ В. В. (метеорология).
 ВИТОРСКИЙ В. К. (радиотехн.).
 ВИХАНСКИЙ В. Н. (крашение).
 ВИШНЕВ В. М. (воздушный транспорт).
 ВЛАДИМИРОВ Л. В. (химия).
 ВЛАДОС М. Х. (электротехника).
 ВЛАСОВ А. Г. (технич. измерения).
 ВЛАСОВ Н. И. (морское дело).
 ВЛОДАВЕЦ Н. И. (минералогия).
 ВОЗНЕСЕНСКИЙ Н. (крашение).
 ВОЛКОВ В. С. (электротехника).
 ВОЛОДИН В. П. (электротехника).
 ВОЛЬФОВИЧ С. Н. (мин. химия).
 ВОМПА А. Ф. (химия).
 ВОРОБЬЕВ В. А. (производство толя).
 ВОРОНОВ Б. А. (электротехника).
 ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ А. (железнодорожное дело).
 ВОРОХОВИН А. И. (военное дело).
 ВОСКРЕСЕНСКИЙ И. Н. (металлургия).
 ВОСКРЕСЕНСКИЙ Л. Н. (мин. краски).
ГАЕВСКИЙ Л. Э. (резиновое пр-во).
 ГАЛЕРКИН Б. Г. (сопротивление материалов).
 ГАЛПЕРИН Д. С. (химия).
 ГАИ В. Ю. (сельскохозяйственностроение).
 ГАПЕЕВ А. А. (геология).
 ГАРМАШ А. П. (горное дело).
 ГАРЯЕВ Н. П. (радиотехника).
 ГАССОВСКИЙ Л. Н. (физика, оптика).
 ГАСТЕВ А. К. (научн. организация труда).
 ГВОЗДЕВ А. А. (теория сооружений).
 ГЕДЫМИН В. К. (военное дело).
 ГЕНДЛЕР Е. С. (горное дело).
 ГЕНИН Г. С. (организация пр-ва).
 ГЕРАСИМОВ А. П. (геология).

ГЕРЛИВАНОВ Н. А. (строительное дело).
ГЕРМАНОВИЧ И. В. (трамвай, путевое скрепление).
ГЕРОЛЬСКИЙ С. М. (строительное дело).
ГЕРОНТИЙ В. И. (горное дело).
ГЕРСЕВАНОВ Н. М. (строительное дело).
ГЕРШ С. Я. (нефть).
ГЕРШУН А. А. (светотехника).
ГЕССЕН В. (технология дерева).
ГЕТЛИНГ В. (химия).
ГИБШМАН Е. Е. (строительная механика).
ГИВАРТОВСКИЙ Р. В. (химия брожения).
ГИНЗБУРГ В. Л. (фотография).
ГИТТЕРМАН М. И. (стандартизация).
ГИТИС В. Ю. (двигатели внутреннего сгорания).
ГЛАГОЛЕВ А. (горное дело).
ГЛАЗУНОВ Г. И. (резина).
ГЛИНКА С. Ф. (минералогия).
ГЛУХАРОВ К. К. (военное дело).
ГЛУШКОВ В. Г. (гидравлика).
ГОВОРКОВ В. А. (электротехника, проволока, телефония).
ГОЛЕВ А. С. (химия).
ГОЛУБЕВ К. А. (шарико- и роликоподшипники).
ГОЛУБЯТНИКОВ Д. В. (геология нефти).
ГОЛЬШМИДТ В. И. (авиация).
ГОРБУНОВ К. (лесосплавное дело).
ГОРБУНОВ Л. М. (резина).
ГОРБУНОВ М. М. (электротехника).
ГОРДОН В. О. (экономика).
ГОРДОН И. Л. (паровые котлы).
ГОРСТ А. Г. (военная химия).
ГОРШЕННИКОВ В. С. (химия).
ГОРШКОВ П. М. (геодезия).
ГОРЯЧКИН В. П. (сельхозмашиностроение).
ГОТМАН Е. В. (полиграфия).
ГОФЕИЗЕН А. А. (экономика).
ГОФМАН В. Л. (архитектура).
ГРАЙНЕРТ К. А. (строит. дело).
ГРАУР А. В. (геодезия).
ГРАФИО Г. О. (гидротехнич. сооружения).
ГРАЧЕВ К. Ф. (обработка металлов).
ГРЕБЕНЩИКОВ И. В. (физика).
ГРЕНДАЛЬ В. Д. (артиллерия).
ГРИБОЕДОВ Д. Н. (крашение тканей).
ГРИГОРОВИЧ К. П. (электрометаллургия).
ГРОССМАН В. Я. (организация пр-ва, рационализация).
ГРУМ-ГРЖИМАЙЛО В. Е. (металлургия).
ГРУМ-ГРЖИМАЙЛО С. В. (физика).
ГУВЕР Я. М. (электротехника).
ГУВКИН И. М. (нефтяное дело).
ГУРЕВИЧ Е. С. (полиграфия).
ГУРЕВИЧ И. (строительное дело).
ГУРОВ В. А. (радиотехника).
ГУСЕВ А. В. (электротехника).
ГУСЕВ С. Д. (технология).
ГУТЕРМАН И. И. (двигатели внутреннего сгорания).
ГУТЬЯР Е. М. (прикладная механика).
ГУХМАН А. А. (теплотехника).
ГУЩИН Н. И. (водопровод).
ДАВИДЕНКОВ Н. Н. (сопротивление материалов).
ДАВЫДОВ А. И. (обработка металлов, военное дело).
ДАШКЕВИЧ Г. В. (электротехника, проволока, телеграфия).
ДЕБУ К. И. (с.-х. машины).
ДЕГТЯРЕВ Н. В. (отопление).
ДЕЙНЕКО В. Ф. (аэрофотоъемка).
ДЕКАТОВ Н. П. (отопление).
ДЕМИН С. В. (строительная механика).
ДЕМЬЯНОВ Н. Я. (агрономическая химия).

ДЕНИСОВ П. Ш. (холодильное дело).
ДЕНИСОВ Ю. (бумажное пр-во).
ДЕРЕВЕНКО Н. Н. (экономика).
ДЕРЕЧЕЙ Е. Г. (цветные металлы).
ДЕШЕВЦОВ М. А. (технология дерева).
ДЗЕРЖКОВИЧ А. А. (военное дело).
ДИЙНИК А. Н. (прикладная механика).
ДИТЦ О. Г. (геодезия).
ДЛУГАЧ Д. С. (металлургия).
ДМИТРИЕВСКИЙ В. И. (воздухоплавательные двигатели).
ДМОХОВСКИЙ В. К. (фундаменты и основания).
ДОБРОВОЛЬСКИЙ В. А. (землечерпательные снаряды).
ДОБРОХОТОВ А. Н. (меры и весы).
ДОБРЫНИН А. А. (двигатели внутреннего сгорания).
ДОБРЯНСКИЙ А. Ф. (химия).
ДОВГЕЛЕВИЧ Н. И. (химия).
ДОМБРОВСКИЙ В. М. (лесное дело).
ДОМОНТОВИЧ М. К. (агрономия, химия).
ДОРФМАН Я. Г. (электротехника).
ДРОЗДОВ В. А. (коммун. хозяйство).
ДРОЗДОВ Ф. В. (точная механика).
ДРУЖИНИН Д. В. (удобрения).
ДУБИНИН М. М. (химия).
ДУБОВИК В. А. (электротехника, проволока, телеграфия).
ДУБЯГА К. М. (строит. конструкции).
ДУДИН А. И. (текстильное дело).
ДУЧИНСКИЙ В. Н. (строит. конструкции).
ДЬЯКОНОВ А. П. (текстильное дело).
ДЬЯКОНОВ С. (сырьевое пр-во).
ДЮМУЛЕН И. И. (архитектура).
ЕВАНГУЛОВ М. Г. (цветные металлы).
ЕВГРАФОВ Г. К. (мосты).
ЕГОРКИН А. (кожевенное дело).
ЕГОРОВ В. К. (физика).
ЕГОРОВ П. И. (металлургия).
ЕГОРЧЕНКО В. Ф. (жел.-дор. дело).
ЕЛЕОНСКИЙ А. Н. (ихтиология).
ЕЛЫЦИНА Н. М. (химия).
ЕРМИЛОВ С. А. (переработка пищевых продуктов).
ЕРМОЛАЕВ А. Н. (вышив. пр-во).
ЕРМОЛАЕВА С. С. (химия древесины).
ЖЕБРОВСКИЙ В. А. (горное дело).
ЖЕЛИГОВСКИЙ А. А. (горное дело).
ЖЕРЕБОВ Л. П. (бумажное дело).
ЖИРМУНСКИЙ С. С. (высокоскор. пр-во).
ЖУКОВ Н. К. (строительное дело).
ЗАБАРОВСКИЙ А. И. (геофизика).
ЗАВАДСКИЙ А. А. (кожевенное дело).
ЗАВАДСКИЙ Г. В. (водолазное дело).
ЗАВАЛИШИН Д. А. (электротехника).
ЗАДАРНОВСКИЙ В. К. (текстильное дело).
ЗАЙЦЕВ А. К. (технология).
ЗАЙЦЕВ И. В. (торф).
ЗАЛУЦКИЙ Л. В. (калибры).
ЗАПОРОЖЕЦ И. К. (архитектура).
ЗВЕРИНЦЕВ С. П. (спортивные сооружения).
ЗВЯГИНСКИЙ Я. Я. (коммун. хоз-во).
ЗДАНОВСКИЙ И. (метеорология).
ЗЕЙДЕ О. А. (химия).
ЗЕПТЛЕНКО Г. А. (радиотехника).

ЗЕЛЕНКОВ В. А. (светотехника).
ЗЕЛИНСКИЙ Н. Д. (химия).
ЗЕМБЛИНОВ С. В. (жел.-дор. дело).
ЗЕМНИЦКИЙ И. Н. (монетное дело).
ЗИЛЬБЕРНИК А. (техника безопасности).
ЗИМАКОВ И. В. (химия).
ЗИМЯЕВ Г. В. (двигатели внутреннего сгорания).
ЗИМИН П. Н. (музыкальные инструменты).
ЗНАМЕНСКИЙ А. А. (авиация).
ЗНАМЕНСКИЙ Г. А. (авиация).
ЗОЛОТАРЕВ А. О. (текстильное пр-во).
ЗОРОХОВИЧ А. П. (химия).
ЗОТИКОВ В. П. (текстильное дело).
ЗУДИН И. Ф. (металлография).
ИВАНОВ А. А. (астрономия).
ИВАНОВ А. П. (светотехника).
ИВАНОВ И. М. (жел.-дор. дело).
ИВАНОВ Н. И. (жел.-дор. дело).
ИВАНОВ П. И. (бухгалтерия).
ИВАНОВ Ю. М. (строительное дело).
ИЖЕВСКИЙ М. М. (строительное дело).
ИЗАКОВ А. М. (авиация).
ИЗГАРЫШЕВ И. А. (электрохимия).
ИЗРАЙЛЬСОН Э. (промышленная гигиена).
ИЛЬИНСКИЙ М. А. (крашение, ситцепечатание).
ИЛЬЯСЕВИЧ С. А. (мосты).
ИЛЬЯШЕВИЧ Н. Л. (инженерное дело).
ИНДРИК П. (физика).
ИОФЕ А. Ф. (физика).
ИОФЕ И. С. (химия крашения).
ИОЗЛЬСОН Е. (рефриж. и холодильные установки).
ИПАТЬЕВ В. В. (высокие давления).
ИПАТЬЕВ В. Н. (химия).
ИРИСОВ А. С. (физика).
ИСАКОВ Л. Д. (физика, оптика).
КАБАНОВ Б. Н. (химия).
КАВЛУКОВ Ю. А. (химия).
КАВКАЗОВ Ю. Л. (кожевенное пр-во).
КАГАН В. Ф. (математика).
КАГАН М. Я. (химия).
КАЗАКОВ С. А. (астрономия).
КАЗАРНОВСКИЙ И. А. (химия).
КАКУРИН С. Н. (радиотехника).
КАЛАБУГИН А. Я. (медпорода).
КАЛАНТАР А. А. (молочное дело).
КАЛАШНИКОВ Н. А. (обработка металлов).
КАМЕНСКИЙ Л. В. (бумажное пр-во).
КАМЕНЦЕВ П. Я. (строительное дело).
КАМЗОЛКИН В. П. (химия).
КАМПУ Л. К. (электротехника).
КАНАРСКИЙ Н. Я. (текстильное дело).
КАНЕВСКИЙ Я. И. (военное дело).
КАНЕМАН Г. Д. (хлебопечение).
КАПИТОНОВ Н. П. (экономика).
КАПЛИНСКИЙ С. В. (гидротехника).
КАПЛУН С. И. (техника безопасности).
КАПЦОВ Н. (текстильное пр-во).
КАРАБАЕВ Н. М. (химия).
КАРАСЕВ В. С. (химия).
КАРАЧАН И. Р. (военное дело).
КАРГИН Д. И. (железнодорожное дело).
КАРЖАВИН В. А. (химия).
КАРИКАШ Ф. А. (кардное пр-во).
КАРГОДИНОВ П. Д. (военное дело).
КАРЛСЕН Г. Г. (строительное дело).
КАРНАУХОВ М. М. (металлургия).
КАРЦОВ В. П. (военное дело).
КАСИМОВ М. М. (электротехника, проволока, телефония).

КАСТАЛЬСКИЙ А. А. (подвесные дороги).
КАСЬЯНОВ А. (горное дело).
КАЦ А. И. (технические измерения).
КАЦЕНОВ Д. Н. (обработка металлов).
КАЦКИЙ (машиностроение).
КАЦЕНЬСОН М. М. (химия фармaceutич.).
КАШКАРОВ В. И. (строительное дело).
КАШКИН К. П. (жел.-дор. дело).
КВАРТИН М. Я. (химия).
КВЯТКОВСКИЙ М. Ф. (технология дерева).
КЕДЫШ В. М. (строительное дело).
КЕРИГ Г. М. (морское дело).
КЕРНЕР Г. (бушковые двигатели).
КЕТОВ Х. Ф. (прикладная механика).
КИББЕЛЬ Р. (картонажное пр-во).
КИСЕЛЬ В. А. (химия).
КИСЕЛЕВ В. А. (строит. механика).
КИТАЕВ Е. В. (электротехника, проволоч. телефония).
КИТАЙГОРОДСКИЙ И. И. (сжиженная пром-сть).
КЛЕММЕНЕР Л. И. (коммунальное хоз-во).
КЛИМОВ В. Я. (авиационные двигатели).
КЛЯЦКИН И. Г. (радиотехника).
КНОПФ В. М. (жел.-дор. дело).
КНОРРЕ Э. В. (коммунальное х-во).
КОБОВЕЗ Н. И. (химия).
КОБРАНОВ И. И. (лесное хозяйство).
КОВАЛЕВСКИЙ И. И. (бумажное пр-во).
КОВАЛЬ Л. П. (фруктоводство).
КОВАРСКИЙ И. И. (химия).
КОГАН Д. М. (сигиена труда).
КОГАН И. М. (химия).
КОГАН М. (технология металлов).
КОЗЛОВ В. С. (горное дело).
КОЗЛОВ Г. А. (гидротехнич. сооружения).
КОЗЬМИН П. А. (мукомольное дело).
КОЛОСОВ К. А. (фотография).
КОЛОСОВ Н. А. (полиграфич. пр-во).
КОЛЫЧЕВ В. И. (сельское хоз-во).
КОЛЯНКОВСКИЙ Д. П. (математика).
КОМАРЕВСКИЙ В. И. (химия).
КОМАРОВ Н. С. (холодильн. дело).
КОНАШЕНСКИЙ Д. А. (радиотехника).
КОНОБАЕВСКИЙ С. Т. (физика).
КОНОВАЛОВ В. Н. (электротехника).
КОНОВАЛОВА В. К. (математика).
КОНДРАТЬЕВ В. Н. (физика).
КОНДРАТЬЕВ Г. М. (физика, термометрия).
КОНШИН М. Д. (аэрофотосъемка).
КОНЮХОВ К. Г. (теплотехника).
КОПЕЛЯНОВИЧ Н. И. (кожевенное дело).
КОПЕЛЯНСКИЙ Г. (строит. материалы).
КОРЖЕВ П. П. (химия).
КОРКОДИНОВ П. (военное дело).
КОРНЕЕВ П. И. (электротехника).
КОРНИЦКИЙ С. Я. (теплотехника).
КОРНОШИН Ф. Д. (мясная пром-сть).
КОРОЛЕВ А. Н. (молочное дело).
КОРОТКЕВИЧ М. А. (жел.-дор. дело).
КОСТЕНКО М. П. (электротехника).
КОСТЯКОВ А. Н. (гидравлика).
КОСЫГИН А. И. (геология).
КОЧЕРГИН С. Г. (детали машин).
КОЧУЛОВ П. Ф. (геодезия).
КРАВЕЦ Т. П. (физика).
КРАВЕЦ С. В. (цветоведение).
КРАГЕЛЬСКИЙ И. В. (текстильное дело).
КРАСИЛЬНИКОВ П. И. (авиация).
КРАСНОПЕВЦЕВ И. И. (паровые машины).

КРАСНОПЕРОВ П. В. (двигатели внутреннего сгорания).
КРАСОВСКИЙ Н. В. (вспрыскиваемые установки).
КРАСОВСКИЙ П. И. (жел.-дор. дело).
КРАШЕНИННИКОВ Ф. Е. (качанное пр-во).
КРЕЙМЕР Г. С. (химия).
КРЕЙСОН П. М. (авиация).
КРЕСТОВСКИЙ В. А. (электротехника, проволоч. телефония).
КРИЖАНОВСКИЙ Г. М. (энергетика).
КРИЛЬ Б. А. (сельхозмашиностроение).
КРИСТИ М. К. (танки, тракторы).
КРИСТОН Р. Я. (резинное пр-во).
КРОТОВ Н. (водолазное дело).
КРОТОВ Е. Г. (технология дерева).
КРУТЫЙ М. А. (текстильное дело).
КРЮКОВ Н. Н. (радиотехника).
КРЮКОВ М. В. (архитектура).
КУДРЕВИЧ Б. И. (морские инструменты).
КУДРЯВЦЕВ Н. Т. (электрохимия).
КУЗАЕВ А. Е. (морское дело).
КУЗМАК Э. М. (обработка металлов).
КУЗЬМИНСКИЙ К. С. (полиграф. пр-во).
КУЗЕНКО П. Н. (радиотехника).
КУЛАГИН Н. М. (зоология).
КУЛБАКИН В. С. (электротехника).
КУЛИКОВ В. М. (технология углеводородов).
КУЛИШ Я. К. (электротехника, проволоч. телефония).
КУПИРЧЕНКОВ Д. К. (военное дело).
КУРБАТОВ А. В. (электротехника).
КУРБАТОВ В. Я. (химия).
КУРБАТОВ С. И. (электротехника).
КУРДЮКОВА О. (текстильное дело).
КУРДИУМОВ Г. В. (физика).
КУРНАКОВ Н. С. (химия).
КУРЧАТОВ Н. В. (физика).
КУТЫРИН Д. В. (черная металлургия).
КУЧЕРОВСКИЙ А. Е. (материаловедение).
КУЧЕРУК В. В. (заводская сушка и вентиляция).
ЛАВРОВ Н. А. (автомоб. дело).
ЛАЗАРЕВ Д. Н. (освещение).
ЛАЗАРЕВ П. П. (физика).
ЛАМПРЕХТ К. (текстильное пр-во).
ЛАНСБЕРГ Г. С. (физика).
ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я. (техника освещения).
ЛАУБЕРТ Ю. К. (фотография).
ЛАУЕРТ Г. В. (экономика черной металлургии).
ЛАУЦМАН И. П. (гидротехника).
ЛАШЕВ Я. К. (горное дело).
ЛАШКАРЕВ В. Е. (физика).
ЛЕБЕДЕВ А. А. (оптика).
ЛЕБЕДЕВ В. Д. (электротехника).
ЛЕБЕДЕВ Л. Ф. (машиностроение).
ЛЕБЕДЕВ Н. В. (авиация).
ЛЕБЕДЕВ С. В. (химия).
ЛЕБЕДЕВ С. Ф. (сопрот. матер.).
ЛЕВЕДИНСКИЙ В. К. (физика).
ЛЕВЯЧЕНКО И. Г. (обработка металлов).
ЛЕВ А. С. (экономика).
ЛЕВ Д. С. (эмалировоч. дело).
ЛЕВЕЩЕВ Н. Б. (горное дело).
ЛЕВИ Г. П. (электротехника).
ЛЕВИНА Э. М. (химия).
ЛЕВИНСОН Я. (дезинфекция).
ЛЕВИНСОН-ЛЕССИНГ Ф. Ю. (петрография).
ЛЕВИТСКАЯ М. А. (физика).
ЛЕЗЕРСОН В. К. (электротехника, проволоч. телефония).
ЛЕЙБЕНЗОН Л. С. (теоретич. механика).

ЛЕЙМЕР А. Л. (авиация).
ЛЕЙПУНСКИЙ А. И. (физика).
ЛЕЙТИС В. И. (кожевенное производство).
ЛЕСКОВИЧ В. (жел.-дор. дело).
ЛИВЕРОВСКИЙ А. В. (железнодорож. дело).
ЛИВШИЦ М. Д. (экономика лесного дела).
ЛИДЕРС И. А. (разборные мосты).
ЛИЗНОВ Н. В. (спектроскопия).
ЛИНДЕ В. В. (текстильное дело).
ЛИНДЕ Л. К. (лесное хоз-во).
ЛИННИК В. П. (физика).
ЛИННИК Я. Д. (текстильное дело).
ЛИПИН В. Н. (металлургия).
ЛИПЧИНА М. (техника безопасности).
ЛИСИЦЫН А. Н. (резина).
ЛИСКУН Е. Ф. (сельское х-во).
ЛИТВИН Л. С. (обработка металлов).
ЛИТВИНСКИЙ П. П. (телемеханика).
ЛОВГО И. А. (физика).
ЛОДОЧНИКОВ В. И. (цетрография).
ЛОЙЦАНСКИЙ Л. (гидродинамика).
ЛОКШИН А. Я. (экономика).
ЛОМАНОВИЧ Л. Ф. (текстильное дело).
ЛОМОВ Г. И. (энергетика).
ЛОСОВ О. В. (радиотехника).
ЛОСОВ С. М. (энергетика).
ЛОХАНСКИЙ И. И. (минеральная химия).
ЛУГОВСКОЙ Б. И. (светотехника).
ЛУКЬЯНОВ В. В. (мукомольное дело).
ЛУРЬЕ Г. В. (обработка металлов).
ЛУРЬЕ М. А. (резина).
ЛУРЬЕ Ю. Э. (экономика).
ЛЪВОВ А. Г. (электротехника, проволоч. телеграфия).
ЛЪВОВ Н. А. (лекарств. растения).
ЛЫЗЛОВ В. С. (электротехника).
ЛЫСЕНКО А. Т. (электротехника).
ЛЫСОВ В. П. (авиация).
ЛЮТЦ А. Ф. (геодезия).
ЛЯЛИН Л. М. (жиры, масла).
ЛЯШЕНКО В. Д. (химия красителей).
ЛЯШЕНКО П. В. (горное дело).
МАГИДСОН А. Ю. (фармацевтич. химия).
МАДОР П. С. (полиграфия).
МАЗЕЛЪ С. Е. (жел.-дор. дело).
МАЗИНГ Е. К. (двигатели внутреннего сгорания).
МАЙЗЕЛЬ С. О. (светотехника).
МАКАРЕВИЧ Н. П. (двигатели внутреннего сгорания).
МАКОШИН В. А. (бумажное пр-во).
МАКСИМЕНКО М. С. (минералогия и геология).
МАКСИМОВ Н. М. (текстильное дело).
МАКСИМОВ Т. Ф. (отощление).
МАКСОРОВ Б. В. (химия смолы).
МАЛИКОВ М. Ф. (метрология).
МАЛКОВ П. Н. (химия углеводородов).
МАЛОВ Н. Н. (радиотехника).
МАЛЫНИЧ В. И. (самолетостроение).
МАЛЫШЕВ А. П. (прикладная механика).
МАЛЮТИН В. Н. (бумажное пр-во).
МАЛЯВИК С. В. (геология).
МАНТЕЙФЕЛЬ А. Н. (обработка металлов).
МАНУС И. Я. (жел.-дор. дело).
МАРАСАНОВ В. И. (спичечное пр-во).
МАРК М. Г. (радиотехника).
МАРКМАН А. Л. (маслобояное дело).
МАРКОВ Д. С. (строительное дело).
МАРКУЗЕ М. (химия).
МАРСОВ К. (статистика).

МАРТЕНС Л. К. (двигатели внутреннего сгорания, машиностроение).
МАРТЫНОВ М. В. (электротехника).
МАРЦЕЛЛИ М. И. (гидротехника).
МАСЛЕННИКОВ Н. М. (химия).
МАТВЕЕВ К. М. (морское дело).
МАШКЕВИЧ А. О. (авиация).
МАШКВИЛЕЙСОН Л. Е. (электротехника).
МЕДВЕДЕВ В. С. (морское дело).
МЕДВЕДЕВ С. С. (химия).
МЕЛИКОВ К. (математика).
МЕЛЬНИКОВ И. И. (электротехника).
МЕЛЬНИКОВ Н. Н. (военная химия).
МЕНКОВСКИЙ М. (мин. химия).
МЕОС А. И. (химия крашения).
МЕРЦАЛОВ Н. И. (прикладная механика).
МЕЩЕРИН В. (технология пищевых продуктов).
МИГАЛОВСКИЙ К. К. (морские инструменты).
МИЛЕЙКОВСКИЙ И. М. (радиотехника).

МИЛЕНГАУЗЕН К. К. (желез.

дор. дело).
МИЛОВАНОВ А. И. (горное дело).
МИЛОВИЧ А. Я. (гидравлика).
МИЛЬ М. А. (авиация).
МИНЦЕВИЧ Н. А. (обработка черных металлов).
МИРЕНСКИЙ Б. И. (текстильное дело).
МИРНИН Е. Ю. (технология жиров).
МИРЛАС Л. И. (химия крашения).
МИТКЕВИЧ В. Ф. (электротехника).
МИТНИК М. Я. (физика).
МИТРОПОЛЬСКИЙ Н. М. (мосты).
МИХАЙЛОВ А. А. (астрономия).
МИХАЙЛОВ М. М. (электротехника).
МИХАЙЛОВ С. М. (полиграфия).
МИХАЙЛОВ С. Н. (краски).
МИХЕЕВА М. (геология и минералогия).

МИШУКОВ А. Я. (материаловедение).

МЛОДЗЕВСКИЙ А. Б. (физика).
МОДОСТОВ В. (сел. хоз-во).
МОЙШЕЕВ П. А. (авиаци. двигатели).

МОЛОДЫЙ Т. К. (физика).

МОЛЧАНОВ П. А. (метеорология).
МОЛЧАНОВ С. В. (текстильное дело).
МОНОСЗОН А. М. (химия).
МОРОЗ А. И. (теплотехника).
МОСТОВИЧ В. Я. (металлургия).
МОТОРИН А. М. (крашение и ситцепечатание).
МУЗАЛЕВСКИЙ Ю. Г. (металлургия цветных металлов).
МУНТЯН В. М. (винокурение).
МУРАВЬЕВ И. М. (геология нефти).
МУРАШЕНКО В. Е. (физика).
МУШЕНКО Н. Н. (горное дело).
МЫСОВСКИЙ Л. В. (физика).
МЫШЕЦКИЙ Д. А. (военное дело).
МЯСНИКОВ И. С. (текстильное дело).
МЯСОЕДОВ Н. А. (радиотехника).

НАГОРСКИЙ Д. В. (газовое отопление).

НАЗАРОВ В. И. (химия).

НАЗВАНОВ М. К. (сахарное пр-во).

НАЛИВКИН Д. В. (геология).
НАМЕТКИН С. С. (нефть).
НАРБЕКОВ Н. В. (жиры и масла).
НАСКИН Н. А. (текстильное дело).
НАСТОЯКОВ А. М. (химия).
НАТУС-АНДРЕЕВ В. А. (обработка крови).
НАУМОВ В. А. (электротехника).
НЕВСКИЙ А. (теплотехника).
НЕЙМАН М. Б. (химия).

НЕКРАСОВ А. И. (теоретич. механика).
НЕКРАСОВ В. В. (химия).
НЕКРАСОВ Н. (судостроение).
НЕМЦОВ М. С. (химия).
НЕСЛУХОВСКИЙ С. К. (счетные машины).
НИВИНСКИЙ И. И. (офорт).
НИКИФОРОВ В. М. (геодезия).
НИКОЛАЕВ А. И. (текстильное дело).
НИЛОВ А. В. (полиграфическая промышленность).
НИТУСОВ Е. В. (электротехника).
НИИТ А. Ф. (химия).
НИИ Ю. (теплотехника).
НОВИКОВ В. В. (освещение).
НОВИКОВ Л. В. (мосты).
НОВИКОВ Н. Г. (текстильное дело).
НОВИКОВ П. В. (техника безопасности).
НОВОСПАССКИЙ А. Ф. (черные металлы).
НОЗДРОВСКИЙ С. А. (авиаци. приборы).
НОЛЛЕ Я. Х. (фарм. химия).
НЮБЕРГ Н. Д. (цветоведение).

ОБОЛЪЯНИНОВ М. М. (судостроение).
ОБРАЗЦОВ В. Н. (подвесные дороги).
ОЖИГОВ А. А. (двигатели внутреннего сгорания).
ОЗЕРОВ П. С. (военное дело).
ОЗЕРОВ С. А. (химия).
ОЗОЛИН И. Х. (светотехника).
ОКАТОВ А. П. (коллоидная химия).
ОКНОВ М. Г. (металлургия).
ОПАРИН А. И. (химия углеводов).
ОПАЦКИЙ Н. В. (желез.-дор. дело).
ОПЕНГЕЙМ К. А. (желез.-дор. дело).
ОПШОКОВ Е. (гидротехника).
ОРЛОВ В. С. (мосты).
ОРЛОВ Е. И. (цветные металлы).
ОРЛОВ Н. М. (детали машин).
ОРЛОВ П. М. (геодезия).
ОРМОНТ В. Е. (химия).
ОСИНСКИЙ В. В. (экономика).

ПАВЛИНОВ П. П. (графика).
ПАВЛОВ И. М. (цветные металлы).
ПАВЛОВ М. А. (металлургия).
ПАВЛУШКОВ Л. С. (обработка металлов).
ПАЗУХИН В. А. (цветные металлы).
ПАЛЬМ В. М. (станки, обработка металлов).
ПАМФИЛОВ А. В. (химия).
ПАНАСЕНКО М. Д. (теплотехника).
ПАНКИН А. В. (станки, обработка металлов).
ПАНЧЕНКО А. Н. (химия).
ПАНОТИН П. С. (химия).
ПАПАЛЕКСИ Н. Д. (радиотехника).
ПАШКОВИЧ П. Ф. (судостроение).
ПАСТУШЕНКО Н. М. (самолетостроение).
ПЕВЦОВ А. Х. (строит. материалы).
ПЕРЕДЕРИЙ Г. П. (мосты).
ПЕРИТУРИН Ф. М. (агрохимия).
ПЕРКИН Д. Е. (геология).
ПЕРФИЛЬЕВ Н. А. (обработка металлов).
ПЕСКОВ Н. П. (химия).
ПЕТРОВ Г. Н. (электротехника).
ПЕТРОВ Г. С. (химия).
ПЕТРОВСКИЙ В. А. (лесное дело).
ПИГУЛЕВСКИЙ Г. В. (химия душистых веществ).

ПИЛЬНИК М. Е. (металлургия).
ПИМЕНОВ В. Г. (детали машин).
ПИМЕНОВ М. Г. (военная химия).
ПЛАКСИН И. Н. (цветные металлы).
ПЛАТОН В. М. (геодезия).
ПЛЕТЕНЕВ С. А. (электрохимия).
ПОВАРНИН Г. Г. (кожевенное дело).
ПОДГОРНЫЙ Т. Ф. (коммун. хоз-во).
ПОДОВЕДОВ Н. Н. (трамвай).
ПОДЭРНИ С. А. (военное хоз-во).

ПОЗДЮНИН В. Л. (судостроение).
ПОКАЛЮК К. О. (лесное хоз-во).
ПОЛИВАНОВ Н. И. (строит. дело).
ПОЛИКАРПОВ Н. Н. (самолетостроение).
ПОЛЯКОВ К. Я. (химия).
ПОЛЯНСКИЙ Н. П. (технология дерева).
ПОМЕРАНЦЕВ В. В. (желез.-дор. дело).
ПОНОМАРЕВ Н. Н. (электротехника).
ПОПОВ А. Е. (электротехника).
ПОПОВ А. С. (горное дело).
ПОПОВ Д. А. (лесотранспорт).
ПОРАЙ-КОШИЦ А. Е. (химия красящих веществ).
ПОРВАТОВ Г. (обработка камней).
ПОРОЙКОВ И. В. (рентгенотехника).
ПОРФИРЬЕВ Г. В. (строит. материалы).
ПОЯРКОВ М. Ф. (электротехника).
ПРЕДВОДИТЕЛЕВ А. С. (физика).
ПРИВЫЛЬСКАЯ Е. И. (кустарные промыслы).
ПРИШЛЕЦОВ В. И. (метеорология).

ПРОЗИН М. И. (химия).
ПРОКОПЬЕВ Е. П. (горное дело).
ПРОКОФЬЕВ И. П. (строит. механика).
ПРОЦКОВ Л. А. (нефть).
ПРЯНИШНИКОВ Д. Н. (агрохимия).
ПУГИЛОВ К. А. (физика).
ПЫШНОВ В. С. (авиация).
РАВИНОВИЧ А. И. (химия, фотография).
РАВИНОВИЧ А. П. (экономика).
РАВИНОВИЧ А. Ю. (химия, изобретения).
РАВИНОВИЧ И. М. (строит. механика).
РАВИНОВИЧ К. И. (экономика).
РАДЦИГ А. А. (теплотехника).
РАДЧЕНКО И. И. (торф).
РАЗУМОВ А. А. (электротехника).
РАЗУМОВ Н. С. (консервное дело, пивовар. пр-во).
РАКИЦКИЙ Н. П. (сел. хоз-во).
РАКОВСКИЙ В. В. (химия).
РАКОВСКИЙ Е. В. (химия).
РАТНЕР И. В. (строит. и железобетон. дело).
РЕБИНДЕР П. А. (физич. химия, молекулярная физика).
РЕБОК Б. Ф. (двигатели внутреннего сгорания).
РЕМИЗОВ Л. А. (торф).
РЕРБЕРГ Ф. И. (краски).
РЕРИХ К. Э. (прикладная механика).

РЖЕВКИН С. Н. (акустика).
РИДЕЛЬ Ю. О. (электротехника, проволоч. телефония).
РОБЕРТ К. Э. (мебельное пр-во).
РОГИНСКИЙ П. О. (желез.-дор. дело).
РОГОН Н. А. (торф).
РОЖАНСКАЯ (СТЕПАНОВА) Ю. (математика).
РОЖДСТВЕНСКИЙ А. А. (музыкальные инструменты).
РОЖДСТВЕНСКИЙ Д. С. (оптика).
РОЖДСТВЕНСКИЙ М. С. (химия).
РОЗАЛИЕВ Г. А. (геодезия).

РОЗАНОВ С. Н. (туннель).

РОЗЕНБАУМ Н. Д. (физика).
РОЗЕНБЕРГ С. И. (резинное пр-во).
РОЗЕНШТЕЙН Л. И. (мукомольное дело).
РОЗИН М. Н. (мукомольное пр-во).
РОЛЬЩИКОВ Б. П. (цветные металлы).
РОМАНОВ В. И. (радиотехника).
РОМАНОВСКИЙ Г. В. (аэрофотоаппараты).

РОНКИН Б. Л. (химия).

РОТАСТ Г. П. (лесное хоз-во).
РУБЦОВ Н. Н. (литейное дело).
РУДЗИК В. И. (электротехника).

РУШЕНЕЙТ В. Р. (военное дело).
РУТОВСКИЙ В. Н. (химия души-
стых веществ).
РЫБАРЖ А. А. (металлургия).
РЫБКИН Ф. Ф. (химия).
РЫНИН А. А. (проект, геометрия).
РЯБИНИН П. Я. (электротехника).
РЯБОВ А. С. (военное дело).
РЯБОВ И. И. (текстильное дело).

САВКОВ Е. И. (технология древе-
сины).

САВОСТЬЯНОВА М. Ф. (физика).

САВЧЕНКО В. С. (военное дело).

САКОВИЧ В. А. (жел.-дор. дело).

САМОЙЛОВ Б. В. (организация
пр-ва).

САМОЙЛОВИЧ А. Г. (физика).

САМСОНОВ Н. И. (силикатная
пром-сть).

САПОЖНИКОВ А. В. (взрывчатые
вещества).

САСС-ТИСОВСКИЙ Б. А. (химия
неорганический).

САТИНСКИЙ В. Н. (ружейное
пр-во).

САТТЕЛЬ Э. А. (организация
пр-ва).

САХАРОВ П. В. (черные металлы).

СВИСТОВ Н. К. (радиотехника).

СВОБОДИН В. П. (морское дело).

СЕВАСТЬЯНОВ Ю. Д. (химия).

СЕГАЛЬ А. И. (горная экономика).

СЕЛИВЕРСТОВ А. Н. (вентиля-
ция).

СЕЛИВЕРСТОВ Н. А. (вентиля-
ция).

СЕЛЯКОВ Н. Я. (физика).

СЕМЕНОВ В. Н. (архитектура).

СЕМЕНОВ Н. Н. (физика).

СЕМЕНСКИЙ Е. П. (торфяные маши-
ны).

СЕМЕНЧЕНКО В. К. (химия теоретич.).

СЕМИБРАТОВ Н. В. (паровые
котлы).

СЕНКЕВИЧ А. М. (электротех-
ника).

СЕРЬ-СЕРВИН П. В. (цветные металлы).

СЕРГЕЕВ М. В. (горное дело).

СЕРГЕЕВ П. Г. (химия).

СЕРДОБОЛЬСКИЙ С. К. (рези-
новое пр-во).

СЕРЕБРЕННИКОВ М. Г. (меха-
ника теоретическая).

СЕРЕБРОВСКИЙ А. П. (золотая
пром-сть).

СЕРК Л. А. (строит. дело).

СИДОРИН И. И. (авиаци. материалы).

СИДОРОВ Н. Н. (электротехника).

СИНЕВ П. И. (техника безопас-
ности).

СИНИЦИН А. А. (текстильное
дело).

СИНИЦИН С. А. (электротехника).

СИПЯГИН А. С. (химия углево-
дов).

СИФМАН Б. И. (двигатели внут-
реннего сгорания).

СКАКОВСКИЙ Н. К. (геология).

СКЛЯРЕНКО С. И. (химия).

СКЛЯРОВ М. В. (полиграф. дело).

СКОРНЯКОВ Е. Е. (гидротехника).

СКОЧИНСКИЙ А. А. (горное
дело).

СКРАМТАЕВ Б. Г. (строительные
материалы).

СКРЫНИКОВ П. И. (кожевенное
дело).

СЛАВИНСКИЙ М. П. (металлур-
гия).

СЛАДКОВ Н. В. (сел. хоз-во).

СЛЕПЯН Л. В. (радиотехника).

СЛОВОЖАНИНОВ Н. И. (тек-
стильное дело).

СМАРАГДОВ Д. Г. (технология
древесины).

СМИРЕНКИН П. П. (строит. дело).

СМИРНОВ В. С. (технология угле-
водов).

СМИРНОВ К. Н. (геодезия).

СМИРНОВ Н. Н. (химия).

СМИРНОВ (ВЕРИН) С. С. (метал-
лургия).

СМУРОВ А. А. (электротехника).

СОКОЛОВ Б. Г. (организац. пр-ва).

СОКОЛОВ М. П. (воздухоплавание).
СОКОЛОВ Н. В. (металлургия).
СОКОЛОВ Н. С. (сел. хоз-во).

СОКОЛОВ П. П. (аэрофотосъемка).

СОЛОВЬЕВ П. М. (паровые котлы).

СОРОКИН Л. В. (геофизика).

СОРОКИН Н. А. (горное дело,
нефть).

СОРОКО-НОВИЦКИЙ В. И. (ав-
томобильные двигатели).

СПЕНГЛЕР Е. И. (химия).

СПЕНГЛЕР Е. И. (железнодоро-
жное дело).

СПИЦЫН М. А. (электротехника).

СРЕТЕНСКИЙ Л. Н. (математика,
механика).

СТАВРОВСКИЙ А. И. (паровые
котлы).

СТАДНИКОВ Г. Л. (химия).

СТАРЫНКЕВИЧ-БОРНЕМАН И.
(химия).

СТЕКОВНИКОВ П. С. (электро-
техника).

СТЕПАНОВ В. В. (математика).

СТЕПАНОВ Д. В. (химия).

СТЕПАНОВ Н. Н. (геодезия).

СТЕЧКИН В. С. (авиаци. двига-
тели).

СТОЯНОВ М. Н. (электротехника).

СТРАХОВ П. С. (сел.-хоз. стр-во).

СТРЕЛЕЦКИЙ Н. С. (мосты).

СТРОГАНОВ С. Н. (горное дело).

СТРОКОВ Г. Т. (подземная газа-
фикация).

СТРУМИЛИН С. Г. (экономика).

СТРУНИКОВ В. Т. (судострое-
ние).

СТУДЕНЕЦКИЙ В. А. (сахарное
пр-во).

СУВБОТИН И. И. (технология
металлов).

СУВОРОВ П. И. (полиграфия).

СУМАРОВОК Н. В. (швейные маши-
ны).

СУСЛОВ М. А. (авиаци. двигатели).

СУХИНИЧ А. В. (морское дело).

СУШИНИН А. Ф. (паровые котлы).

СЫРКИН Я. К. (химия).

СЫРОМЯТНИКОВ С. П. (жел.-
дор. дело).

ТАЙЦ М. А. (авиация).

ТАЛИЕВ В. И. (растениеводство).

ТАММ И. Е. (физика).

ТАШЕР-ТАНЕНБАУМ Ж. Л. (теп-
лофикация).

ТАРАРИН В. И. (строительные мате-
риалы).

ТАТАРЧЕНКО Д. М. (металлур-
гия).

ТАТАРЧУК В. М. (паровые котлы).

ТАТИШЕВ С. В. (теплотехника).

ТЕОДОРЧИК К. Ф. (физика).

ТЕР-АСТАВАПАТУРЬЯН И. А.
(гидротехнич. сооружения).

ТЕРЕНТЬЕВ В. П. (радиотехника).

ТЕРЕХОВ Н. Н. (экономика).

ТЕРШИГОВЕВ А. М. (горное дело).

ТЕШЕР А. А. (бумажное пр-во).

ТИЛЬ Ф. Э. (прокатка труб).

ТИМИРЯЗЕВ А. К. (физика).

ТИМОФЕЕВ П. (фотоэлементы).

ТИМОТ Д. Л. (теплотехника).

ТИТОВ И. А. (растениеводство).

ТИХОМИРОВ В. А. (химическая
технология).

ТИХОНОВИЧ В. С. (химия).

ТИШБЕЙН Р. Р. (морское дело).

ТИЩЕНКО И. А. (химия углево-
дов).

ТОЛСТОПАТОВ В. М. (жел.-дор.
дело).

ТОПОЛЬНИЦКИЙ П. К. (геоло-
гия).

ТРАПЕЗНИКОВ А. К. (рентгено-
физика).

ТРАХТЕНБЕРГ Г. Г. (гильзовые
машины).

ТРОИЦКИЙ А. Д. (полиграфия).

ТРОЯНСКИЙ П. П. (экономика).

ТРУБЕЦКОВ М. М. (металлургия).

ТРУБЕЦКОЙ В. А. (жел.-дор.
дело).

ТРУВИН К. Г. (обработка метал-
лов).

ТРУПАК Н. Г. (горное дело).

ТРУСОВ Ф. А. (строительные ма-
териалы).

ТРАПКИН А. И. (текстильное
дело).

ТУЛУПОВ Н. М. (морская авиа-
ция).

ТУМАНОВ Н. Г. (строительные мате-
риалы).

ТУМЕРМАН Л. А. (физика).

ТУПОЛОВ А. Н. (авиация).

ТУРКУС В. А. (вентиляция).

ТУРЬЛИГИН С. Я. (радиотехника).

ТЫЧИНИН Б. Р. (физич. химия).

ТЮЛЮКОВ А. Н. (военная хи-
мия).

УГЛОВ А. Т. (радиотехника).

УМОВ А. В. (светотехника).

УРАЗОВ Г. Г. (металлургия).

УРМИН Е. В. (авиационные дви-
гатели).

УСПЕНСКИЙ А. Е. (химия).

УСПЕНСКИЙ Н. Н. (торф).

УСГУЛОВ Г. К. (светотехника).

УТКИН М. С. (фитопатология).

УШАКОВ Б. А. (аэродинамика).

УШАКОВ К. А. (авиация).

ФАБРИКАНТ В. А. (физика).

ФАДЕЕВ М. М. (морское дело).

ФАЕРМАН Е. М. (горное дело).

ФАЙНГЛУЗ П. П. (экономика).

ФЕДОРОВ А. Я. (текстильное
дело).

ФЕДОРОВ Б. Ф. (светотехника).

ФЕДОРОВ В. Г. (автоматич. ору-
жие).

ФЕДОРОВ М. С. (жел.-дор. дело).

ФЕДОРОВ Н. Т. (физика).

ФЕДОРОВСКИЙ Н. М. (минерало-
логия).

ФЕРДИНАНДОВ В. В. (сельское
хоз-во).

ФЕРСМАН А. Е. (минералогия,
драгоценные камни).

ФЕСЕНКОВ В. Г. (астрономия).

ФИЛИПШОВ А. В. (силикаты).

ФИЛИПШОВ Н. А. (треки и ста-
ционные).

ФИЛИПОВИЧ И. В. (химия).

ФИЛОСОВОВ П. С. (керамика).

ФИНКЕЛЬШТЕЙН И. Д. (нефть).

ФИЯНГИН П. А. (текстильное дело).

ФИОЛЕТОВА А. Ф. (химия сили-
катов).

ФИШМАН Я. М. (военная химия).

ФЛАКСЕРМАН Ю. Н. (теплотех-
ника).

ФЛЕРОВ В. К. (обувные машины).

ФЛИНТ Е. Е. (кристаллофизика).

ФЛОРЕНСКИЙ П. А. (материало-
ведение).

ФОКИН Л. Ф. (химия).

ФОЛЫН А. В. (химия).

ФОНЬО А. В. (полигр. пр-во).

ФРЕБЕРГ А. (силикатное пр-во).

ФРЕДЕРИКС В. К. (физика).

ФРЕНКЕЛЬ Я. И. (физика).

ФРИШ С. Э. (физика).

ФРОСТ А. В. (химия).

ФРУМКИН А. Н. (химия).

ФРЯЗИНОВСКИЙ И. А. (автомо-
бильное дело).

ФУКС Э. С. (текстильное дело).

ФУРДУЕВ В. В. (физика).

ХАЙКИН С. Э. (радиофизика).

ХАРКЕВИЧ А. А. (электроаку-
стика).

ХАЩИНСКИЙ В. П. (электротех-
ника).

ХВОЛСОН О. Д. (физика).

ХЕЙФЕЦ И. Я. (патенты).

ХЕРСОНСКИЙ С. С. (пр-во стекла).

ХИНЧИН А. Я. (математика).

ХИНЧИН Я. Г. (бумажное пр-во).

ХЛОПИН В. Г. (химия).

ХЛОПИН Г. В. (пром. гигиена).

ХОЛМОГОРОВ И. М. (детали ма-
шины).

ХОЛШЕВНИКОВ М. П. (мосты).

ХОМСКИЙ И. (крашение).

ХОМУТИННИКОВ Н. И. (мосты).

ХОМУТОВ И. (мукомольное дело).

ХРИСТОДУЛО Д. А. (пищевые
продукты).

ХРУЩОВ М. М. (обработка метал-
лов).

ЦАНДЕР Ф. А. (авиация).
ЦВЕТКОВ К. А. (астрономия).
ЦВЕТКОВ С. С. (геодезия).
ЦВЕТ-КОЛЯДИНСКИЙ В. С. (аэрофотоъемка).
ЦЕЙТЛИН Д. Г. (топливо).
ЦЕНИН А. (силикатное пр-во).
ЦЕРЕВИТИНОВ Н. Н. (фотография).
ЦЕРЕВИТИНОВ Ф. В. (пищевые продукты).
ЦЕХАНОВИЧ В. В. (дерев. судостроение).
ЦИКЛИНСКИЙ Н. П. (радиотехника).
ЦИМБАРЕВИЧ П. М. (горное дело).
ЦИНЗЕРЛИНГ Е. В. (геология).
ЦУКШВЕРДТ А. (дерев. судостроение).
ЧАПКОВСКИЙ К. А. (текстильное дело).
ЧЕКОТИЛЛО А. М. (переработка пищевых продуктов).
ЧЕРЕМУХИН А. М. (аэродинамика).
ЧЕРЕНИН П. А. (химия).
ЧЕРКАССКИЙ А. М. (полиграфич. пр-м-сть).
ЧЕРНОВ Н. В. (кожевенное пр-во).
ЧЕРНЫШЕВ А. А. (электротехника).
ЧЕРНЯВСКИЙ К. К. (военное дело).
ЧЕСАЛОВ А. В. (авиация).
ЧЕТВЕРИКОВ С. Д. (минералогия).
ЧЕХОВИЧ З. Н. (агрономия).
ЧЕХОВСКИЙ К. Н. (жел.-дор. дело).
ЧИБИСОВ К. В. (фотохимия).
ЧИБУНОВСКИЙ Н. Г. (кирпичное пр-во).
ЧИЖИКОВ Д. М. (цветные металлы).
ЧИЛИКИН Н. М. (текстильное пр-во).
ЧИРКОВ А. А. (турбовозы).
ЧИСТЯКОВ Д. И. (термич. обработка металлов).
ЧИЧИБАБИН А. Е. (химия).
ЧУДАКОВ Е. А. (автомобильное дело).
ЧУЛЫКОВ Н. Н. (технология дерева).
ШАБЛЫГИН П. Н. (строит. материалы).
ШАВРЫГИН А. И. (химия).
ШАЛЬНИКОВ Н. И. (физика).
ШАПИРО И. А. (графит).
ШАПОВАЛОВ М. М. (сел. хоз-во).
ШАПОШНИКОВ В. Н. (химия углеводо-в).
ШАПОШНИКОВ Н. Н. (экопони-ка).
ШАПШЕВ П. Н. (полиграфия).
ШАРЫЙ В. И. (экономика).
ШАТЭЛЕН М. А. (электротехника).
ШАФРАНОВА А. С. (техника без-опасности).
ШАХНО А. П. (топливо).
ШВАРЦМАН С. М. (котлы высо-кого давления).
ШВЕЙЦЕР М. Б. (металлургия).
ШВЕЦОВ В. С. (силикатная про-мышленность).
ШЕВЯКОВ Л. Д. (горное дело).
ШЕДЛИНГ Ф. М. (судостроение).
ШЕЛЕСТ А. Н. (тепловозы).
ШЕЛКОВ В. И. (военное дело).
ШЕМАЕВ А. М. (физика).

ШЕРШОВ А. П. (морское дело).
ШЕСТАКОВ М. Н. (обработка метал-лов).
ШЕСТАКОВ П. Н. (дорожное дело).
ШЕФЛЕР М. Е. (экономика сел. хоз-ва).
ШИБАРОВСКИЙ А. Е. (паровые котлы).
ШИЛОВ П. И. (геодезия).
ШИЛОВСКИЙ К. П. (сел. хоз-во).
ШИМАНСКИЙ Ю. А. (судострое-ние).
ШИПЕРОВИЧ В. Л. (нефть).
ШИСТОВСКИЙ К. Н. (астроно-мия).
ШИТТ П. Г. (плодоводство),
ШИУКОВ А. В. (авиация).
ШИФРИНСОН Б. Л. (теплофи-кация).
ШИФФЕНБАУЭР Р. Г. (радиотех-ника).
ШИХЕЕВА М. А. (геология).
ШИШЕЛОВ Л. П. (часовое пр-во).
ШЛЕГЕЛЬ Б. Г. (гидротехника).
ШЛОСБЕРГ А. (текстильное дело).
ШМИДТ О. Ю. (математика).
ШМУК А. А. (химия).
ШОРИН А. Ф. (биотехника).
ШОРЫГИН П. П. (технология углеводо-в).
ШОШИН Н. (мосты).
ШИЦЛЬБЕРГ Я. Н. (электротех-ника).
ШПОЛЬСКИЙ Э. В. (химия).
ШПРИНК Б. Э. (двигатели вну-треннего сгорания, машиностро-ение).
ШРАМКОВ Е. Г. (электротехника).
ШТАММ Е. Л. (строительное дело).
ШТРЕМЕР Э. (жел.-дор. дело).
ШУКАЛОВ С. П. (военное дело).
ШУЛЕЙКИН В. В. (физика).
ШУЛЕЙКИН М. В. (радиотех-ника).
ШУМИЛОВ П. (нефть).
ШУР А. К. (кондитерские изделия).
ШУСТОВ А. Н. (технология пище-вых веществ).
ШУХГАЛЬТЕР Л. Я. (организа-ция пр-ва).
ШАПОВ Н. М. (гидравлика).
ЩАПОВ Н. П. (строительная меха-ника).
ЩЕКОЛДИН Н. Г. (химия).
ЩЕПЕТОВ А. М. (строительные материалы).
ЩЕРБАКОВ И. М. (техника угле-водо-в).
ЩИРОВСКИЙ В. Г. (обработка металлов).
ЩУКАРЕВ С. А. (химия).
ЩУСЕВ А. В. (архитектура).
ЭВАЛЬД В. В. (строительное дело).
ЭДЕЛЬШТЕЙН В. И. (садовод-ство).
ЭКАРЕВ В. Н. (текстильное дело).
ЭКЗЕМПЛЯРСКИЙ В. М. (психо-техника).
ЭЛЬДАРОВ К. Г. (автомобильное дело).
ЭЛЬСНИЦ А. Г. (электротехника, проводоч. телефония).
ЭНГЕЛЬГАРДТ Ю. В. (жел.-дор. дело).
ЭПШТЕЙН Г. Л. (электротехника).
ЭССЕН А. И. (горное дело).
ЭССЕН А. М. (гидротехника).
ЭТКИН В. (машиностроение).

ЮДИН Е. Ф. (физика).
ЮДИНСОН П. И. (строительные материалы).
ЮНГ В. Н. (цементы).
ЮРГАНОВ В. В. (силикатная пром-сть).
ЮРГЕНС В. Ф. (авиаци. лыжи).
ЮРЬЕВ В. Н. (авиация).
ЮРЬЕВ М. Ю. (электротехника, проводоч. телефония).
ЮХНЕВИЧ В. В. (артиллерия).
ЯБЛОНСКИЙ В. (нефть).
ЯКИМЧИК В. В. (организация пр-ва).
ЯКОБСОН М. (промышленная ги-гиена).
ЯКОВЛЕВ П. А. (судостроение).
ЯКОВЛЕВ С. Т. (судостроение).
ЯКУБ В. М. (теплофикация).
ЯНКОВСКИЙ В. М. (химия).
ЯНОВСКИЙ М. О. (судовые дви-гатели).
ЯСТРЕМСКИЙ В. С. (статистика).
ЯШНОВ А. И. (теоретич. меха-ника).
ARCO G. (Германия) (радиотех-ника).
AUMUND H. (Германия) (подъём-ные механизмы).
WARDTKE P. (Германия) (сварка).
VORCHARDT Ph. (Германия) (хи-мическая технология).
CRANE H. (США) (двигатели вну-треннего сгорания).
GAILLARD J. (США) (стандартиза-ция).
GENSTENBERG (Германия) (обра-ботка металла, военное дело).
GOLDMARK H. (США) (гидротех-ника).
GOTSCHALK A. (Германия) (рези-новое пр-во).
FLUGEL (Германия) (турбины га-зовые).
FORNER K. (Германия) (турбины паровые).
FORTIER S. (США) (иригация).
HARTLEIN H. (Германия) (строи-тельное дело).
HOLLÄNDER H. (Германия) (ре-жущий инструм-т).
KINDSCHER E. (Германия) (рези-новое пр-во).
KOBBERT (Германия) (газовое пр-во).
KYROPOULOS S. (Германия) (сма-зывающие вещества).
LILLY E. (США) (телий).
LIPINKOTT J. (США) (плоти-ны).
LÖWENBERG (Германия) (паро-вые машины).
LÜDER E. (Германия) (припой и паяние).
RONH K. (Германия) (строительное дело).
PROSKAT (Германия) (химическая технология).
SCHAROVALOFF M. (США) (фито-патология).
SCHOW A. (Германия) (резиновое пр-во).
SCHWARZ T. (Германия) (морское дело).
SIEKMAN H. (Германия) (ружей-ное производство).
TESHEL H. (Германия) (подвод-ные суда).
ZENHE (Германия) (электрифика-ция жел. дор.).
ZON R. (Германия) (технология дерева).

ХУДОЖНИКИ И ЧЕРТЕЖНИКИ, ОФОРМЛЯВШИЕ ТЕХНИЧЕСКУЮ ЭНЦИКЛОПЕДИЮ

Авдонин С. В., Астафьев Н. Н., Аферов С. И., Белокопытов П. Ф., Вычужанин А. Д., Едиккин М. Е., Екименко А. И., Иллин В. Д., Иллина О. Е., Макарьев М. А., Медведев П. П., Михеев С. И., Нестеров Г. Л., Нестерова А. Д., Нивинская Е. И., Петрова Н. И., Шумилович С. Ф., Шустер В. Ю., Щепонников А. А.

Г Р А В Е Р Ы

Андреев В. А., Андреев В. В., Архиреев П. С., Быков Ф. С., Воронов Е. В., Горин А. И., Горин Н. С., Горина Е. А., Кутомкин П. С., Приданцев М. Г.

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	миллимикроны (0,001 μ).
μм	микромикроны (0,000001 μ).
км ²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. деkamетры).
м ²	квадратные метры.
м ³	кубические метры.
дм ³	» дециметры.
см ³	» сантиметры.
мм ³	» 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).
μг	микrogramмы (0,001 мг).
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	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м ²	тонны на кв. метр.
кг/см ²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистравные тонны.

kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микромом.
С	кулон.
VC	вольт-кулон.
II	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
А	ангстрем.
Д	дина.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
HP	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	миург.
Hz	герц.

г	В е л и ч и н ы.	
t°	температура обыкновенная.	
T°	» абсолютная.	
t° кип.	» кипения.	
t° п.	» плавления.	
t° заст.	» застывания.	
t° отв.	» отвердевания.	
t° крит.	» критическая.	
atm	атмосфера техническая.	
Atm	» барометрическ.	
I	сила тока.	
Q	электрич. заряд, количе- ство электричества.	
E	электродвижущая сила.	
V, U	напряжение, потенциал.	
A	работа.	
W	энергия.	
N	мощность.	
T	период колебания.	
f, ν	частота.	
ω	угловая скорость, угловая частота.	
Ω	боковая частота.	
λ	длина волны.	
φ	сдвиг фазы.	
L	самоиндукция.	
C	емкость.	
R	сопротивление активное (ваттное).	
ε	диэлектрич. постоянная.	
μ	магнит. проницаемость.	
e	удельное сопротивление.	
σ	удельная проводимость.	
δ	декремент затухания.	
Φ	магнитный поток.	
HBr	твердость по Бринелю.	
A _{C1} , A _{C2} , A _{C3}	критические точки	
A _{r1} , A _{r2} , A _{r3}		железных сплавов.
g		
l	длина.	
m	масса.	
D t ₁	уд. вес при t ₁ по отношению	
l ₂	к воде при t ₂ .	
[α]; [α] _D	угол вращения плоскости поляризации.	
C _N ; [H]	концентрация водородных ионов.	
pH; P _H	водородный показатель.	
¹ / ₁ N	нормальный раствор.	
n ^{t°} _D	коэф. преломления.	

°Э.	—градусы Энглера.
Градусы температурных шкал:	
°K	—Кельвина.
°C, °Ц.	—Цельсия (100°-ной).
°R.	—Реомюра.
°F.	—Фаренгейта.
t°	—тем-ра по 100°-ной шкале (С).
t° R.	—температура по Реомюру.
t° F.	—температура по Фаренгейту.
абс. ед.	—абсолютная единица.
ат. в.	—атомный вес.
AufL.	—Auflage.
B.	—Band, Bände.
v.	—volume, volumes.
вкл.	—выключительно.
гг.	—годы, города.
д.	—деревня, долгота.
д. б.	—должно быть.
ж. д., ж.-д.	—железная дорога, же- лезнодорожный.
з.-европ.	—западноевропейский.
з-д	—завод.
изд.	—издание.
ин-т	—институт.
Jg.	—Jahrgang.
кцд.	—коэффициент полезного дей- ствия.
к-рый	—который.
к-та	—кислота.
Lfg	—Lieferung.
м.—мета	(хим.).
м. б.	—может быть.
м. г.	—минувшего года.
меш (mesh)	—число отверстий в си- тах на лин. дюйм.
мн-к	—многоугольник.
мол. в.	—молекулярный вес.
нек-рый	—некоторый.
о—орто	(хим.).
об-во	—общество.
о-в	—остров.
п—пара	(хим.).
p.	—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть	—промышленность.
проф.	—профессор.
SK	—сегеровские конуса.
С., Ю., В., Э.	—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.	—северо-западный, юго- восточный.
стр.	—страницы.
т.	—том, томы.
t.	—tome, tomes.
T.	—Teil, Teile.
тв.	—твердость.
т-во	—товарищество.
тем-ра	—температура.
т. н.	—так называемый.
тр-к	—треугольник.
уд.	—удельный.
уд. в.	—удельный вес.
ур-ие	—уравнение.
У. П.	—Уточное положение.
u. ff.	—und folgende.
ф-ия	—функция.
ф-ка	—фабрика.
ф-ла	—формула.
H.	—Heft, Hefte.
хим. сост.	—химический состав.
ц. т.	—центр тяжести.
Ztg	—Zeitung.
Ztrbl.	—Zentralblatt.
Ztschr.	—Zeitschrift.
ш.	—широта.
элс	—электродвижущая сила.
эфф.	—эффективный.
Ан. П.	—английский патент.
Ам. П.	—американский »
Г. П.	—германский »
Р. П.	—русский »
Сов. П.	—советский »
Ф. П.	—французский »
B.	—Berlin.
Brschw.	—Braunschweig.
L.	—London.
Lpz.	—Leipzig.
Mch.	—München.
N. Y.	—New York.
P.	—Paris.
Stg.	—Stuttgart.
W.	—Wien.
Wsh.	—Washington.
L.	—Ленинград.
M.	—Москва.
П.	—Петроград.
СПБ	—Петербург.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
'	минута, фут.
''	секунда, дюйм.
'''	терция, линия.
<	больше (< меньше).
≠	не больше (< меньше).
≈	приблизительно равно.
≥	больше или равно.
≡	меньше или равно.
≫	значительно больше.
≪	значительно меньше.
∠	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
—до	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	» косинус.
th	» тангенс.
∅	диаметр.
∞	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
Σ	сумма.
∫	интеграл.
≈	приблизительно.
∞	бесконечность.
∂	полный дифференциал.
δ	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.

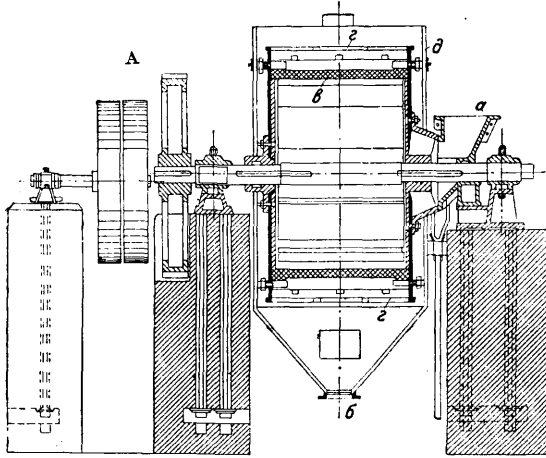
IV. Основные сокращения.

фт.	—футы.
дм.	—дюймы.
кц.	—килоцикл.
ц.	—цикл.
св.	—свеча.
об/м.	—обороты в минуту.
п-вс.	—пудоверсты.
п-фт.	—пудофуты.
фт/сек.	—футы в секунду.
чв-д.	—человекодни.
чв-ч.	—человекочасы.
долл., \$	—доллары.
мар.	—марки.
фн. ст., £	—фунты стерлингов.
фр.	—франки.
шилл.	—шиллинги.
млн.	—миллионы.
млрд.	—миллиарды.
ч.	—часы.
м., мин.	—минуты.
сек.	—секунды.
°Be	—градусы Боде.

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

- «АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
 «ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
 «ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
 «ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
 «ВТ»—Вопросы труда, Москва.
 «ГЖ»—Горный журнал, Москва.
 «ГТ»—Гигиена труда, Москва.
 «Ж»—Журнал Русского физико-химического общества, Ленинград.
 «ЖРМО»—Журнал Русского металлургического общества, Ленинград.
 «ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
 «ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
 «МС»—Минеральное сырье, Москва.
 «МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
 «НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
 «НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
 «ОСТ»—Общесоюзные стандарты, Москва.
 «ПТ»—Промышленность и техника, СПб.
 «ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
 «СГ»—Социальная гигиена, Москва.
 «СП»—Строительная пром-сть, Москва.
 «СТ»—Санитарная техника, Москва.
 «СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
 «ТТТБП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
 «Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
 «Труды НАМИ»—Труды Научного автомобильного института, Москва.
 «Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
 «Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамического института, Москва.
 «УФН»—Успехи физических наук, Москва.
 «AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
 «A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
 AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
 AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
 «Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
 «Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.
 «Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
 «B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
 BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
 BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
 BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
 «B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
 Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
 «Ch.-Ztg.»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
 «Ch.-Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
 DIN—Deutsche Industrie-Normen.
 «EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
 «EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
 «EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
 «ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
 «GC»—Génie Civil, Paris.
 «I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
 I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
 «JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
 «J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
 «Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
 NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
 «PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
 «RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
 «Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
 «St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
 Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
 «WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
 «Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
 «Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
 «ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschifffahrt, München.

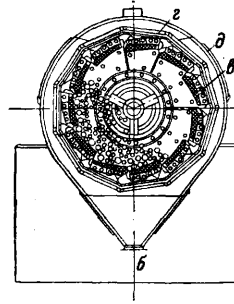
ШАРОВЫЕ И ТРУБНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ, машины для грубого и тонкого измельчения различных материалов. Шаровые мельницы представляют железные вращающиеся короткие барабаны, выложенные внутри стальными плитами или брусками кварцевых пород и загруженные стальными шарами и в некоторых случаях кремневыми гальками. В шаровых мельницах материал поступает с одного конца барабана, разбивается и истирается загруженными в них



Фиг. 1.

стальными шарами, через отверстия в барабане попадает на сита и после отсеивания поступает в виде крупки в приемный конус, откуда крупка поступает для тонкого перемола в трубную мельницу, представляющую собой длинный железный барабан, выложенный внутри стальными

плитами и разделенный на 2—3 камеры, загруженные стальными шарами или стальными цилиндриками (фиг. 1, А, Б, где *a*—загрузочная воронка, *б*—приемный конус для крупки, *в*—стальные плиты, *г*—сита, *д*—наружный кожух). При вращении барабана стальные шары вследствие трения между ними и плитами и под влиянием центробежной силы поднимаются и, достигнув в направлении вращения определенной высоты, падают, разбивая материал. При этом скорость вращения барабана влияет на работу мельницы, именно: 1) при небольшой скорости вращения шары только перекатываются один по другому, истирая материал; 2) при большой скорости вращения, когда центробежная сила может превысить силу тяжести, шары прижмутся к плитам мельницы и не дадут никакого измельчения; 3) при нормальной скорости вращения шары поднимутся на определенную высоту и, падая, произведут необходимую работу (фиг. 2, А—нормальное число оборотов, фиг. 2, Б—ненормальное большое число оборотов). Наивыгоднейшее число оборотов $n = \frac{23 + 28}{\sqrt{D}}$, где *D*—



Б

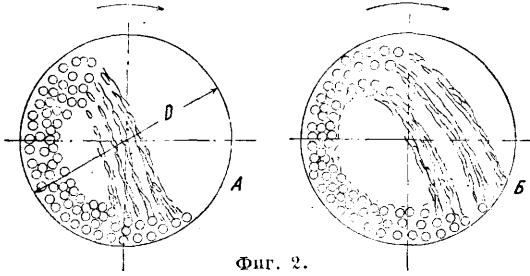
диаметр барабана в м. Табл. 1 дает характеристику шаровых мельниц разных номеров.

Все выпущенные шаровые мельницы под названием «Коминор», «Цементор», «Молистор» и др. работают по вышеуказанному принципу, отличаются друг от друга только некоторыми деталями и служат для сухого и мокрого перемола. Второй тип шаровой мельницы с ветровым

Табл. 1. — Характеристика шаровых мельниц.

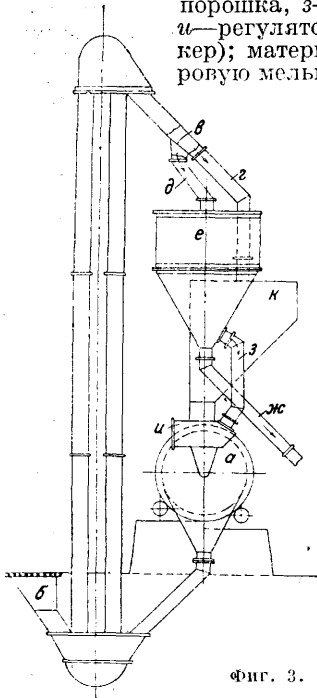
№ мельницы	Диам., м	Длина, м	Число об/мин.	Расход силы, л/с	Вес шаров, т	Производительность, т/ч							
						Шамот	Домен. гранул. шлак	Цементный клинкер	Обожжен. глина	Известь жижная	Трасс	Глина возд.-сухая	Мрамор
2	1,64	0,80	32	6	0,30	{ 1, 0,9	{ 0,30, 0,25	{ 0,45, 0,375	{ 0,50	{ 0,70	{ 0,65	{ 3,0, 1,8	{ 0,40
3	1,89	1,03	29—28	8	0,60	{ 1,60, 1,30	{ 0,40, 0,35	{ 0,60, 0,52	{ 0,70	{ 1,0	{ 0,875	{ 4,0, 2,5	{ 0,525
5	2,21	1,03	25—26	13	0,90	{ 3,0, 2,5	{ 0,80, 0,70	{ 1,30, 1,15	{ 1,10	{ 2,0	{ 1,75	{ 8,0, 5,0	{ 1,05
7	2,41	1,38	25	25	1,30	{ 4,4, 3,75	{ 1,15, 1,0	{ 1,80, 1,40	{ 2,10	{ 2,9	{ 2,50	{ 11,75, 7,35	{ 1,60
10	2,63	1,63	22—23	45	2,60	{ 8,8, 7,5	{ 2,3, 2,0	{ 3,60, 2,80	{ 4,20	{ 5,8	{ 5,0	{ —	{ 3,20

сепаратором применяют для тонкого измельчения без использования трубных мельниц (Фиг. 3, где *а*—шаровая мельница, *б*—прием-



Фиг. 2.

ник элеватора, *в*—сита, *г*—труба для крупного материала, *д*—труба для мелкого материала, *е*—сепаратор, *жс*—труба для тонко измолотого порошка, *з*—труба для крупки, *и*—регулятор питания, *к*—бункер); материал поступает в шаровую мельницу, затем попадает



Фиг. 3.

в приемник элеватора, где, смешавшись с загруженным немолотым материалом, поднимается вверх и, пройдя сита, разделяется на две фракции. Фракция, прошедшая сита, поступает в воздушный сепаратор, а оставшаяся на нем, как более крупная, через бункер возвращается в мельницу для домола. Тонкая часть материала, попавшая в сепаратор (фиг. 4), состоящий из двух воронок, поступает на быстро вращающуюся тарелку *А*, с *к*-рой центробежной силой сбрасывается, и ветровым потоком вентилятора *Б* наиболее тонкая часть этой фракции уносится в наружный конус *В*, а более крупная часть падает вниз во внутренний конус и по трубе *Г* возвращается в мельницу для домалывания. Шаровые мельницы с ветровым сепаратором находят применение в различных отраслях промышленности (цементной и др.). В табл. 2 даны размеры этих мельниц.

Табл. 2.—Характеристика шаровых мельниц с ветровым сепаратором.

№№ мельниц с сепаратором	1	2	3	4	5
Длина, м	3	3,5	4,8	6	6
Диам., м	1,4	1,6	1,8	1,8	2
Расход сил, <i>HP</i>	65	115	200	270	320
Вес шаров, <i>т</i>	6	10	17,5	21,5	26

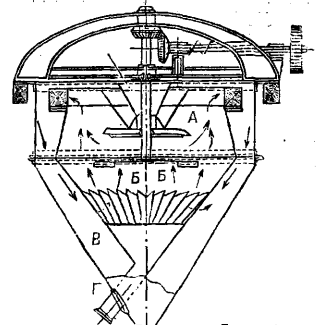
В трубных мельницах материал поступает через полую цапфу с одного конца мельницы и выходит с другого конца в виде тонкого порошка. Служат они как для перемола материала в сухом состоянии, так и для размола его совместно с водой. Различают следующие три главных типа этих мельниц: 1) О д н о к а-

м е р н ы е—служат для окончательного перемола в тонкий порошок предварительно измельченного в крупку материала при помощи стальных шаров или кремневых галек. Их размеры и характеристика даны в табл. 3. Эти мельницы работают только в комбинации с шаровой мельницей, дающей крупку. Диам. шаров 60—70—80 мм, средний размер галек ок. 70 мм.

Табл. 3.—Характеристика трубных мельниц.

Диаметр, м	1,24		1,55		
	6	7	6	7	8
Длина, м	30	30	26	26	26
Расход сил при кремн. галке, <i>HP</i>	45	50	80	90	100
Расход сил при стальн. шарах, <i>HP</i>	100	120	180	210	210
Вес кремн. галек, <i>т</i>	4,3	5	6,8	7,9	9
Вес стальн. шаров, <i>т</i>	11,2	13,2	18,2	21	24

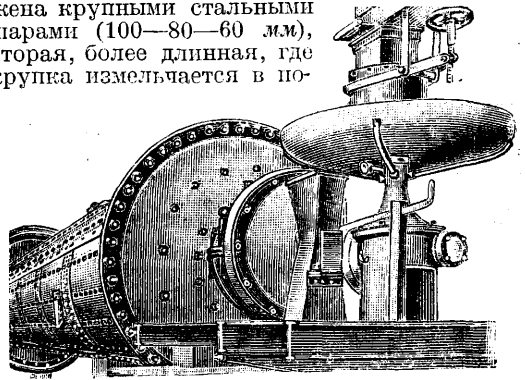
2) Д в у х к а м е р н ы е т р у б н ы е, п л и к о м б и н и р о в а н н ы е, м е л ь н и ц ы (фиг. 5) разделены внутри на две неодинаковые камеры. Первая камера



Фиг. 4.

(укороченная) загружена крупными шарами (60—80—100 мм) и служит для предварительного измельчения щебенки в крупку, а вторая (удлиненная), загруженная мелкими шарами (30—50—60 мм), служит для окончательного размола крупки в тонкий порошок. Диаметр комбинированных мельниц 1,4—2,0 м; длина 7—10 м; число об/м. 24—28; вес шаров 10—28 т; расход сил 125—360 *HP*; производительность 5—11 *т/ч*.

3) Т р е х к а м е р н ы е м е л ь н и ц ы представляют собой новейшие комбинированные мельницы, осуществляющие перемол щебенки в тончайший порошок. Внутри выложены стальные плиты и разделены на три неодинаковые камеры. Первая короткая камера, в которой щебенка превращается в крупку, загружена крупными стальными шарами (100—80—60 мм), вторая, более длинная, где крупка измельчается в по-



Фиг. 5.

рошок, загружена мелкими шарами (50—40—30 мм) и третья, для получения тончайшего порошка, самая длинная, загружена стальными цилиндриками пильпес. Диаметр трехкамерных мельниц 1,8—2,2 м; длина 12—14 м; число об/мин. 23—25; вес шаров 25—40 т; расход сил 350—700 *HP*; производительность

15-24 м/ч. Эффект помола зависит от правильного подбора мелющих тел (их веса, формы и размеров), от величины сопротивления материала измолу, от строения, влажности и granulометрич. состава материала, от аспирации мельницы и др. В табл. 4 приведены эмпирич. данные для подсчета загрузки мелющих тел и производительности мельницы, применяемых в цементной промышленности.

Табл. 4.—Производительность трубных мельниц.

Тип мельниц	Загрузка шар., т*1	Производит., кг*2
Двухкамерные	1,4	до 425
Трехкамерные	0,7—1,1	360—390

*1 На 1 м³ объема мельницы. *2 На 1 т шаров.

Кроме применения в цементной пром-сти Ш. и т. м. используют при измельчении угля, золотосодержащих руд, различных материалов в керамич. пром-сти, при бетонных работах и пр. Для подсчета расхода энергии E , затрачиваемой на вращение мельницы, Бланк дает ф-лу:

$E = cT \sqrt{D}$, где c —коэф. (5—15) в зависимости от наполнения шарами и от рода мелющих тел, T —вес шаров в m , D —диам. мельницы в m .
Лит.: Н а с к е К., Цементное производство, пер. с нем., М.—Л., 1928; О р т и н М., Механич. обогащение руд, М.—Л., 1931; «Строительные материалы», М.; «Цемент», М.; Н а с к е К., Zerkleinerungsvorrichtungen u. Mahlanlagen, 4 Aufl., Lpz., 1926; S c h o c h K., Die Mortelbindstoffe, В., 1928; В l a n c Е., Technologie d. Brecher, Mühlen u. Siebvorrichtungen, В., 1928; «Tonindustrie Zeitung», В.; «Zement», В.; «Cement a. Cement Manufacture», Л. В. Тарарин.

ШАРОВЫЕ ФУНКЦИИ n -го порядка, целые рациональные ф-ии от

$$\cos \vartheta, \sin \vartheta \cos \varphi, \sin \vartheta \sin \varphi,$$

удовлетворяющие дифференциальному ур-ию второго порядка:

$$\frac{1}{\sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(\sin \vartheta \frac{\partial u}{\partial \vartheta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + n(n+1)u = 0. \quad (1)$$

При известных ограничительных условиях ф-ия $f(\vartheta, \varphi)$, заданная во всех точках шаровой поверхности с координатами ϑ (полярный угол), φ (азимут), м. б. разложена в ряд

$$4\pi f(\vartheta, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) Y_n(\vartheta, \varphi), \quad (2)$$

где $Y_n(\vartheta, \varphi)$ —Ш. ф. n -го порядка. Наибольшим распространением пользуются Ш. ф. Лежандра, зависящие только от ϑ и не зависящие от φ . Ш. ф. Лежандра n -го порядка обозначаются обычно через $P_n(\cos \vartheta)$. Для этих ф-ий $\frac{\partial P_n}{\partial \varphi} = 0$ и потому (1) принимает вид:

$$\frac{1}{\sin \vartheta} \frac{d}{d\vartheta} \left(\sin \vartheta \frac{du}{d\vartheta} \right) + n(n+1)u = 0. \quad (3)$$

Подставляя $\cos \vartheta = x$, Ш. ф. Лежандра можно представить в виде $P_n(x) = P_n(\cos \vartheta)$. Эти ф-ии удовлетворяют поэтому ур-ию

$$(1-x^2) \frac{d^2 u}{dx^2} - 2x \frac{du}{dx} + n(n+1)u = 0. \quad (3a)$$

Начальные условия для интегралов $u = P_n(x)$ этого дифференциального ур-ия выбираются сл. обр.:

$$P_n(0) = 0 \text{ при } n = 2k - 1,$$

$$P_n(0) = (-1)^k \frac{1 \cdot 3 \dots (2k-1)}{2 \cdot 4 \dots 2k} \text{ при } n = 2k,$$

$$P_n(1) = 1, P_n(-1) = (-1)^n.$$

Тогда Ш. ф. Лежандра $P_n(x)$ выражаются при помощи следующих многочленов (полиномы Лежандра):

$$P_0(x) = 1, P_1(x) = x = \cos \vartheta,$$

$$P_2(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1) = \frac{1}{2}(3 \cos^2 \vartheta - 1),$$

$$P_3(x) = \frac{1}{2}(5x^3 - 3x) = \frac{1}{2}(5 \cos^3 \vartheta - 3 \cos \vartheta),$$

$$P_4(x) = \frac{1}{8}(35x^4 - 30x^2 + 3) =$$

$$= \frac{1}{8}(35 \cos^4 \vartheta - 30 \cos^2 \vartheta + 3),$$

$$P_5(x) = \frac{1}{8}(63x^5 - 70x^3 + 15x).$$

Эти ф-ии связаны рекуррентной ф-лой:

$$(n+1)P_{n+1}(x) - (2n+1)xP_n(x) + nP_{n-1}(x) = 0. \quad (4)$$

Для больших значений n полиномы Лежандра имеют приближенное (асимптотическое) выражение:

$$P_n(\cos \vartheta) \approx \sqrt{\frac{2}{n\pi \sin \vartheta}} \cdot \sin \left[\left(n + \frac{1}{2} \right) \vartheta + \frac{\pi}{4} \right]. \quad (5)$$

С помощью Ш. ф. можно разложить в степенной ряд ф-ию, имеющую большое значение в теории потенциала:

$$\frac{1}{\sqrt{1-2rx+r^2}} = P_0 + rP_1(x) + r^2P_2(x) + \dots \quad (6)$$

при $r < 1$,

$$\frac{1}{\sqrt{1-2rx+r^2}} = \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-2 \cdot \frac{1}{r} \cdot x + \left(\frac{1}{r}\right)^2}} = \frac{1}{r} P_0 + \frac{1}{r^2} P_1(x) + \frac{1}{r^3} P_2(x) + \dots \quad (7)$$

при $r > 1$.

Ш. ф. Лежандра обладают свойством ортогональности; это значит, что они удовлетворяют соотношениям:

$$\int_{-1}^{+1} P_m(x) P_n(x) dx = 0 \quad (8)$$

при $m \neq n$;

вместе с тем

$$\int_{-1}^{+1} P_n^2(x) dx = \frac{2}{2n+1}. \quad (9)$$

Эти соотношения позволяют разложить в ряд по Ш. ф. данную ф-ию $f(x)$:

$$f(x) = a_0 P_0(x) + a_1 P_1(x) + a_2 P_2(x) + \dots, \quad (10)$$

где по аналогии с рядом Фурье коэф-ты a_n определяются при помощи интеграла

$$a_n = \frac{2n+1}{2} \int_{-1}^{+1} f(t) P_n(t) dt \quad (n = 0, 1, 2, \dots). \quad (11)$$

Такие разложения применяются также для наилучшего приближения данной ф-ии; напр. разложение

$$\cos x = 1 - \frac{1}{2} x^2 + \frac{1}{24} x^4 - \dots$$

дает не очень точные результаты, если ограничиться написанными членами разложения.

Делая подстановку $x = \frac{\pi}{2} t$, можно дать для $\cos x$ приближенное разложение, дающее при данном числе слагаемых во всем интервале наименьшее отклонение:

$$\cos \frac{\pi}{2} t = a_0 P_0 + a_2 P_2(t) + a_4 P_4(t), \quad (12)$$

где

$$a_0 = \frac{1}{2} \int_{-1}^{+1} \cos \frac{\pi}{2} t dt = \frac{2}{\pi}, \quad a_1 = 0,$$

$$a_2 = \frac{5}{2} \int_{-1}^{+1} P_2(t) \cos \frac{\pi}{2} t dt = \frac{10}{\pi} \left[1 - 3 \left(\frac{2}{\pi} \right)^2 \right] \text{ и т. д.}$$

Подставляя значения a_n и $P_n(t)$ и возвращаясь к исходной переменной x , получают с гораздо большей точностью

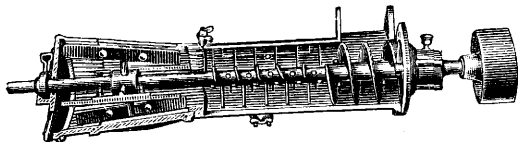
$$\cos x = 0,9996 - 0,4964 x^2 + 0,0372 x^4$$

для всех значений x от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$.

Ш. ф. применяются также при решении ряда проблем теоретической физики, электротехники и т. п.

Лит.: Гильберт Д. и Курант Р., Методы математической физики, пер. с нем., М.—Л., 1933; Уиттекер Е. и Ватсон Г., Курс современного анализа, пер. с англ., ч. 1, М.—Л., 1933; Таблицы специальных функций, под ред. Я. Шпильрейн, М.—Л., 1934; Runge С. u. König Н., Vorlesungen über numerisches Rechnen, В., 1924; Jahnke Е. u. Emde F., Funktionentafeln, Lpz.—В., 1933; Mises R. u. Franck P., Die Differential- u. Integralgleichungen der Mechanik u. Physik, В. 2, 7 Aufl., Brschw., 1927. Я. Шпильрейн.

ШАСТАЛКА, машина, применяемая для удаления уса у овса и ячменя. На элеваторах и крупных коммерческих предприятиях б. ч. применяют машины америк. происхождения. Слегка конусный барабан Ш. (см. фигуру), установленный горизонтально на станине, снабжен



рядом металлич. бичей, вращающихся в кожухе, составленном из секций различного назначения, расположенных через одну. Часть секций—из листовой стали, пробитой узкими длинными отверстиями, остальные секции—глухие; секции имеют шишковидную рубчатую поверхность. При работе барабан м. б. сдвинут в ту или другую сторону, причем благодаря его конусности расстояние между бичами и декой соответственно увеличивается или уменьшается, чем достигается более или менее сильная обрубка уса. Вся пыль и отбитые усы под влиянием потока воздуха, образуемого быстрым вращением барабана, выдуваются через отверстия в секциях деки и высасываются вентилятором, насаженным на ось барабана. Над машиной установлен ковш со вставленными в него решето и ситом. Решето при сотрясательном движении ковша, просеивая овес, задерживает все крупные примеси, сбегаящие с него в особый желоб, отводящий их в сторону от машины. Сито служит для высева из зерна более мелких примесей. Очищенное т. о. зерно поступает по каналу в барабан, в к-ром при помощи вентилятора отделяется полновесное зерно от шуплого и перебитого. Дефективное зерно собирается в отдельном мешке, подвешенном к рукаву машины. На элеваторах шасталки применяются не только для обработки зерна овса, но и для поднятия natyры ржи, ячменя и других хлебов. В настоящее время небольшие Ш. (под названием «шеретовки») применяют на всех европ. сложных хлебных молотилках. Они помещаются параллельно барабану наверху молотилки—за местом, где стоят работники, по-

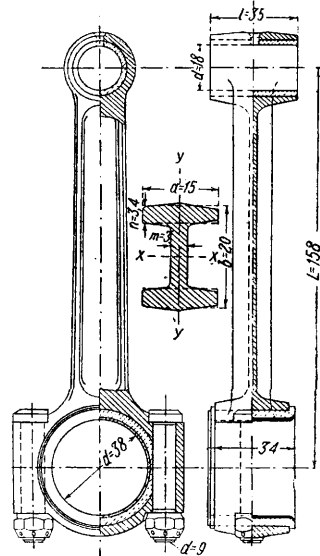
дающие хлеб в молотилку. Вымолоченное и прошедшее первую веялку зерно поднимается зерноэлеватором на шнек на валу шеретовки, к-рый и передает его в последнюю. Шеретовка состоит обычно из двух отделений. В первом, непосредственно за шнеком, на валу насажен (по винтовой линии) ряд ножей, при вращении перемещающих зерно ко второму отделению шеретовки, одновременно отрубая от него усы. Во втором отделении бичи барабана перетирают зерно о рифленую поверхность кожуха, заканчивая работу, начатую в первом отделении, после чего зерно переходит на вторую веялку для очистки. Шеретовка служит гл. обр. для удаления уса у ячменя или оболочек, остающихся в нек-рых случаях на зерне пшеницы, а также для увеличения natyры овса. Обшастать овес на шеретовке, как это принято на специальной шасталке, не удается. Овес выходит из этого аппарата хотя и с укороченным усом, но не настолько, чтобы он мог подойти под тип шастанного овса. К. Шилковский.

ШАТУН, деталь поршневых машин, служащая для передачи силы давления рабочего тела (газ, пар, жидкость) коленчатому валу, является связующим звеном между поршнем или крестковом и коленчатым валом. Ш. применяется также и в других механизмах, требующих преобразования прямолинейно-возвратного движения во вращательное или обратно.

Поршневые машины имеют широкое и разнообразное применение в хозяйстве каждой страны. Цилиндровая мощность поршневых машин колеблется в очень широких пределах: от 0,25 до 2 500 лр; число оборотов машин также колеблется в большом интервале—от нескольких десятков до нескольких тысяч. Поэтому Ш. по своим размерам и конструктивному выполнению бывают весьма различными.

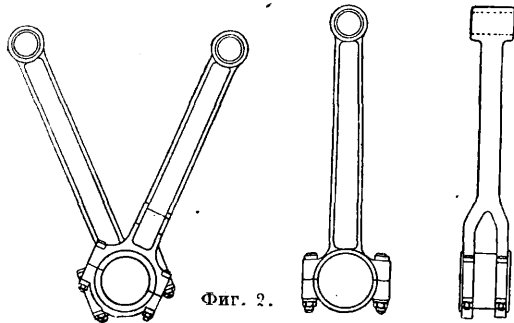
К о н с т р у к т и в н ы е ф о р м ы. Обычно Ш. состоит из 3 основных частей: стержня, или тела, и двух головок, к-рые могут иметь отдельные вкладыши, прокладки и соединительные, или т. н. шатунные, болты. Ш. простых механизмов и малых быстроходных двигателей штампуются или куются за одно целое: стержень, верхняя головка и нижняя часть кривошипной головки; вообще же поршневая головка может быть цельной или разъемной, а кривошипная обязательно д. б. разъемной, кроме случаев применения роликовых подшипников. Конструкцию Ш., штампованного за

одно целое с головками, см. Автомобильный двигатель, фиг. 13. Так как этот Ш. предназначен для легкого быстроходного двигателя, то он изготовлен из легкого металла—дуралюминия, кроме того стержень выполнен пустотелым. Верхняя головка Ш. снабжена цельной бронзо-



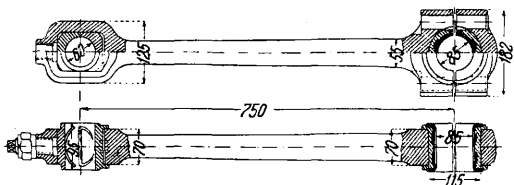
Фиг. 1.

вой втулкой, а нижняя — отдельным вкладышем из 2 половин, залитых баббитом. В целях уменьшения габарита нижней головки она снабжена 4 болтами. Канал в стержне Ш. использован для подвода смазки к поршневой головке. Стержень Ш. — круглого сечения. Для получения Ш. той же прочности, но при меньшем весе стержню придают форму двутаврового сечения, как показано на фиг. 1. В этой конструкции нижняя головка имеет два соединительных болта, в остальном Ш. существенно не отличается от упомянутого выше. На фиг. 2 показан Ш. для



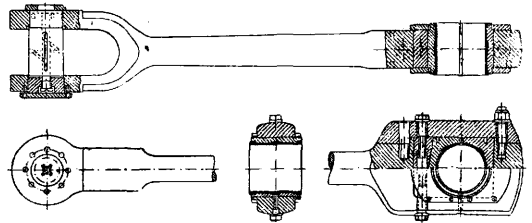
V-образного авиационного двигателя. В двигателях этого типа два Ш. работают на один кривошип коленчатого вала, в таких случаях форма нижней головки получается значительно более сложной; головка спаренного Ш. выполняется вильчатой, как показано на фиг. 2, или же головка основного Ш. снабжается особым ушком, к к-рому присоединяется головка другого Ш. при посредстве особой цапфы.

На фиг. 3 показан Ш. воздушного компрессора. Здесь вкладыш верхней головки — прямоугольной формы со скошенными углами. Нижняя половина вкладыша снабжена буртиками, удерживающими вкладыш от продольного перемещения. Верхняя половина не может иметь таких буртиков, т. к. наличие их не дает возможности собрать вкладыш; во избежание же продольного перемещения верхней половинки она стопорится особым болтом. Подобная форма



головки представляет значительные трудности при обработке, а поэтому применяется сравнительно редко; основным достоинством ее является обеспеченность против продольного перемещения вкладыша. Вкладыши, состоящие из двух половин, представляют большие трудности при выполнении, но в эксплуатации они целесообразнее, так как позволяют сравнительно легко простым спливанием стыка или уменьшением числа прокладок изменять величину зазора между вкладышем и цапфой по мере их износа и т. о. поддерживать одинаковую толщину смазочного слоя. Более сложную конструкцию Ш., предназначенного для двигателя Дизеля тронкового типа средней мощности, см. *Моторостроение*, фиг. 14. Вкладыш верхней головки состоит из двух половинок и крепится клиновым

устройством, расположенным сверху. В некоторых конструкциях клин ставят снизу, но такое устройство нельзя рекомендовать, т. к. в этом случае требуется более тщательная пригонка поверхностей прилегания в местах, подверженных наибольшим усилиям, действующим на поршень сверху. Нижняя головка приставная; между этой головкой и стержнем имеется прокладка, позволяющая легко менять объем камеры сжатия. В этом Ш. вкладыши обеих головок залиты баббитом, а т. к. вкладыши состоят из двух половинок, то здесь вниманием прокладок удобно регулировать зазор для смазки. Болты крепятся корончатыми гайками, позволяющими давать нужный натяг и прочное закрепление гаек. Обе половинки нижней головки выполнены совершенно симметричными, а следовательно взаимозаменяемы. Ш. кривокопфного двигателя Дизеля двойного действия см. *Моторостроение*, фиг. 15. Стержень этого Ш. в верхней части имеет вилкообразную форму с двумя головками, все три головки Ш. съемные и каждая состоит из двух половинок. Нижняя головка имеет сходство с головкой Ш. предыдущей конструкции, только нижняя половинка представляет стальную отливку таврового сечения с большим моментом сопротивления, т. к. подвергается значительным напряжениям на изгиб и разрыв под действием давления газов в



нижней рабочей полости цилиндра. Все три головки не имеют отдельных вкладышей, а баббит залит непосредственно в тело головок. Отсутствие отдельных вкладышей придает большую жесткость головкам, а следовательно они подвержены деформациям в меньшей степени по сравнению с головками с отдельными вкладышами, но последние представляют некое преимущество в эксплуатации, т. к. облегчают перезаливку в случае выплавки баббита.

На фиг. 4 представлен Ш., в кривошипной головке к-рого вовсе избегнуты длинные стяжные болты, замененные здесь прикрепленной сбоку крышкой. Натяг вкладышей кривошипной головки достигается особым клином. Другой конец Ш. — вильчатой формы. Ш. подобной конструкции находят применение в газовых двигателях и паровых машинах. Главный паровозный Ш. (см. *Паровоз*, фиг. 69) снабжен справа малой головкой, к-рая надевается на кривокопфный палец, слева — большой, надеваемой на палец кривошипа ведущей оси. Подшипники этого Ш. бронзовые, залитые баббитом и состоят из двух половинок; натяг достигается клиньями или клинообразным сухарем при помощи натяжного болта. Поперечное сечение стержня Ш. — прямоугольное, но часто делается и двутавровое. Спаривающие Ш. имеют подобную же, но более легкую конструкцию. Если же одна из осей паровоза имеет боковые перемещения (для более удобного прохождения закруглений пути), то спарники выполняются с шаровыми подшипниками (см. *Паровоз*, фиг. 70).

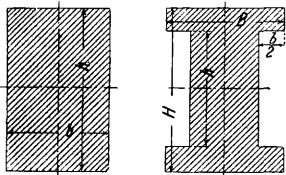
Весьма ответственной частью Ш. являются стяжные болты. На конструкцию их, а также и на способ закрепления приходится обращать особое внимание, т. к. поломка Ш. влечет очень серьезные последствия для двигателя в виде разрушения главных его частей. Во избежание ослабления болта нарезку делают мелкую или трапециoidalную (Акме). На длинных болтах на стержне болта делают заточки диаметром, даже несколько меньшим, чем внутренний диаметр резьбы, а плотное прилегание в отверстиях головки Ш. достигается тремя поясками. Крепление гаек болтов достигается несколькими способами. Самый простой способ—постановка контргайки и разводного шплинта, но этот способ надо признать грубым в смысле регулируемости натяга и надежности крепления; применяют также замок Пенна, но самым лучшим и наиболее надежным способом следует признать применение корончатых гаек со шплингом; этот способ в настоящее время находит наиболее широкое применение при конструировании ответственных двигателей.

М а т е р и а л ы. Такое разнообразие конструкций и назначений Ш. вынуждает применять различные материалы для их изготовления в зависимости от условий работы. Для стержня, болтов и головок Ш. от материала требуются высокие механич. свойства при наименьшем габарите и весе Ш., а для вкладышей и заливки—высокие антифрикционные качества. В тихоходных машинах основным материалом для Ш. служит сиенс-мартеповская сталь. Примерный химич. состав: С = 0,3%, Si = 0,25%, Mn = 0,40%, S < 0,05%, P < 0,05%. Механич. свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 50-60$ кг/мм²; предел текучести $\sigma_s = 28$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon = 22-20\%$ (на пятикратном образце); загиб до параллельности сторон на 180° вокруг diam., равного двойной толщине бруска; проба на удар по Шарпи > 6 кгм/см²; твердость по Бринелю 145—165; модуль продольной упругости $E = 2\,100\,000$ кг/см². Пробы для испытания материала д. б. откованы при каждом Ш. и подвергаться той же термич. обработке, что и поковка. Отрезка проб должна производиться после термообработки; предпочтительно отрезать пробы холодным способом. Приведенные выше механич. свойства м. б. обеспечены для углеродистой стали только при правильном проведении отжига. Указанный сорт углеродистой стали может дать и более высокие механич. свойства, если поковку подвергнуть более сложной термич. обработке (закалке и отпуску в масле). Для двигателей Дизеля повышенной напряженности, как тепловозных или специального назначения, применяют хромоникелевую сталь. Химич. состав такой стали: С = 0,15—0,35%, Mn = 0,30—0,50%; Si = 0,15—0,35%, Cr = 0,45—0,75%, Ni = 1,0—1,5%, S < 0,04%, P < 0,04%. Механич. свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 75-90$ кг/мм²; предел текучести $\sigma_s > 55$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon > 14\%$ (на пятикратном образце); относительное сжатие $\geq 50\%$; ударная проба по Шарпи $\geq 8,5$ кгм/см². Эти механич. свойства обеспечиваются закалкой в масле при 860° и отпуском при 420°. Для быстроходных автомобильных и авиационных двигателей применяют легированную сталь с повышенными механич. свойствами, также преимущественно хромоникелевую сталь. Химич. состав: С < 0,17%, Mn = 0,30—0,60%, Si = 0,15—0,35%, Cr = 0,90—1,20%, Ni = 3,0—3,5%, S < 0,03%,

P < 0,035%. Механич. свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 100-120$ кг/мм²; предел текучести $\sigma_s > 80$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon > 8,5\%$ (на пятикратном образце); относительное сжатие $\geq 50\%$; ударная проба ≥ 10 кгм/см²; твердость по Бринелю после горячей прокатки ≥ 240 , после отжига ≤ 207 ; модуль продольной упругости $E = 2\,100\,000$ кг/см². Указанные механич. свойства достигаются закалкой в масле при $t^\circ 790^\circ$ и отпуском при 200°. Для двигателей тех же типов, но очень быстроходных с малым уд. в. на одну HP для Ш. применяют легкие алюминиевые и магниевые сплавы. Из алюминиевых сплавов чаще всего применяют дуралюминий (уд. в. 2,8). Примерный химич. состав: Al = 93%, Cu = 4,5%, Mn = 0,8%, Si = 0,8%. Механич. свойства в кованом или штампованном виде после термич. обработки: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 38,5$ кг/мм²; предел текучести $\sigma_s = 21-23$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon = 25-16\%$ (на образце 50 мм длиной); твердость по Бринелю $H_{Br} = 90-110$; модуль продольной упругости $E = 600\,000$ кг/см². В последние годы для изготовления Ш. быстроходных двигателей начали применять еще более легкие магниевые сплавы с уд. в. 1,82, под названием «электрон». Примерный химич. состав: Si = 1%, Zn = 3%, Mg = 94%, Al = 2%. Механич. свойства в штампованном виде после термич. обработки: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 36$ кг/мм²; предел текучести $\sigma_s > 19$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon = 10-12\%$; твердость по Бринелю $H_{Br} = 70$; модуль продольной упругости $E = 450\,000$ кг/см². Ш. из дуралюминия примерно на 25% легче стальных хромоникелевых. Хотя уд. в. электрона значительно (1,82 против 2,8) меньше, чем дуралюминия, но прочность электрона ниже, поэтому Ш. по весу получаются почти одинаковыми. Для изготовления шатунных болтов применяют те же три сорта стали, что и для стержней, в соответствии с назначением Ш. Приставные шатунные головки преимущественно выполняются из того же материала, что и стержни. В тихоходных двигателях головки чаще делают из стальных отливок. Химич. состав: С = 0,25—0,40%, Si = 0,20—0,40%, Mn = 0,60—0,80%, S < 0,06%, P < 0,06%. После отжига получают след. механич. свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_z > 45$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon = 22\%$ (на пятикратном образце); загиб на 120°. Вкладыши шатунных головок делаются из фосфористой бронзы. Химич. состав: Sn = 14%, Ni = 0,5%, P = 0,1%, остальное—медь. Механич. свойства: временное сопротивление разрыву $\sigma_z = 20$ кг/мм²; относительное удлинение $\epsilon > 3\%$; твердость по Бринелю ≥ 90 . Для заливки вкладышей или самих головок применяют высококачественные оловянистые баббиты (по ОСТу марка Б₁). Химич. состав: Cu = 6%, Sb = 11%, Sn = 83%, посторонних примесей в сумме не свыше 0,3%. Твердость по Бринелю $H_{500} = 30-36$. В авиационной применяется баббит и с большим содержанием олова состава: Cu = 3,5%, Sb = 6,5% и Sn = 90%. (Последняя марка баббита пока не утверждена ОСТом.) Для очень сильно нагруженных шатунов начали применять *свинцовые бронзы* (см.), допускающие значительно более высокие удельные давления.

Р а с ч е т. Для расчета Ш. прежде всего необходимо выбрать длину Ш., т. е. расстояние между центрами головок. Для этого задаются

отношением длины Ш. к радиусу кривошипа $\frac{L}{r}$, где L —длина, а r —радиус. В зависимости от назначения машины это отношение колеблется в широких пределах от 3,5 до 5,5; нижний предел уменьшает высоту машины, но увеличивает нормальное давление поршня на стенки цилиндра, а верхний—наоборот. Так, для мотоциклетных и авиационных двигателей это отношение берут ближе к 3,5, а для паровых машин, газовых двигателей и воздушных компрессоров ближе к 5,5. Стержень шатуна проверяется на изгиб по формуле Эйлера, но так как она дает правильные результаты только для точных длинных стержней, то надежнее рассчитывать Ш. по ф-ле Тетмайера. По ф-ле Эйлера $S \cong P_2 = \frac{\pi^2}{L^2} \cdot \frac{E \cdot J}{\sigma}$, где P_2 —максимальное давление на поршень машины, почти равное усилию S , направленному по Ш., т. к. угол качания его невелик; E —модуль продольной упругости материала, σ —запас прочности, который для тихоходных машин равен 15—20, а для быстроходных уменьшается до 5, J —экваториальный момент инерции поперечного сечения Ш. в расстоянии $0,4 L$ от центра нижней головки. В зависимости от формы поперечного сечения стержня Ш. выражение для момента инерции будет различно. При круглом сечении стержень обычно выполняется слегка коническим, уменьшаясь к поршневой, или крещцкопфной, головке до 75—85% от рассчитываемого, и уширяется с плавным переходом к кривошипной головке. Для тихоходных машин, у которых влияние сил инерции массы шатуна на прочность его сравнительно невелико, а преобладающими являются осевые усилия от поршня, круглое сечение стержня представляется более выгодным в смысле использования материала и простоты обработки. Только при больших скоростях поршня более выгодным и целесообразным является прямоугольное, а самым выгодным—двухтавовое, при вырезе же круглого сечения как наиболее простого следует делать его



Фиг. 5.

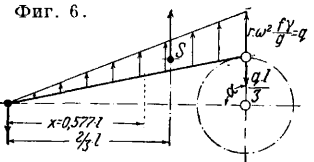
полым, т. е. просверлить внутри канал большого диаметра, в отдельных случаях до 0,8 от наружного диам. Для круглого сплошного сечения момент инерции $I = \frac{\pi d_m^4}{64} \cong \frac{d_m^4}{20}$, где d_m —диаметр на расстоянии $0,4 L$ от центра кривошипной головки; для полого сечения $I = \frac{\pi}{64} (d_m^4 - d_0^4)$, где d_0 —диам. просверленного канала. Для прямоугольного сечения стержня $I_{max} = \frac{bh^3}{12}$, $I_{min} = \frac{b^3h}{12}$ (фиг. 5), причем отношение $\frac{h}{b}$ выбирают в пределах 1,7—2. Для двухтавового сечения момент инерции

$$I_{max} = \frac{BH^3 - bh^3}{12}, \quad I_{min} = \frac{(H-h)B^3 - h(B-b)^3}{12}.$$

Размеры сечения подбирают так, чтобы $I_{max} = 4 I_{min}$, т. к. силы инерции Ш. действуют только в плоскости качания Ш.

Необходимо проверить еще наименьшее сечение стержня на сжатие $\sigma_c = P : f \text{ кг/см}^2$, допуская напряжение σ_c для углеродистой стали до 750 кг/см², для никелевой до 1 200 кг/см², а для хромоникелевой до 1 500 кг/см².

Для быстроходных двигателей необходимо также проверить изгиб Ш. от сил инерции в плоскости качания. Этот расчет производят по ф-ле Баха: $\sigma_b = \left(\frac{n}{1200} \right)^2 r \gamma \frac{J^2}{W} \text{ кг/см}^2$, где n —максимальное число оборотов, r —радиус колена вала в см, γ —уд. в. материала, l —длина Ш. между центрами головок в см, f —площадь поперечного сечения в см², W —момент сопротивления в см³. Наибольшее значение изгибающего момента от сил инерции стержня постоянного сечения находится в расстоянии $x = 0,5771 l$ от центра поршневой цапфы (фиг. 6), а равнодействующая их приложена в расстоянии $\frac{1}{3} l$ от центра нижней головки. Т. к. силы инерции точно можно подсчитать только после определения формы, размеров и веса Ш., то расчет стержня следует произвести дважды: сначала задаться весом прямолинейно движущихся частей по табл. 1 или 2 и приближенно произвести расчет, а затем подсчитать по чертежу вес Ш. и проверить выбранное сечение более точно.



Фиг. 6.

Табл. 1.—Вес прямолинейно движущихся частей (на 1 см² площади поршня).

Типы двигателей внутреннего сгорания	G_0 , кг/см ²	
Без крещцкопфа {	быстр. сгорания	0,3 — 0,55
	дизеля тихоходн.	0,35 — 0,65
	» быстроход.	0,3 — 0,4
С крещцкопфом	0,9 — 1,3	
Двойного действия с 2 крещцкопф.	1,2 — 1,5	
Автомоб. с чугунным поршнем	0,03 — 0,04	
Авиаци. »	0,025 — 0,03	
Авиаци. » алюмин.	0,02 — 0,025	

В табл. 1 G_0 —вес поршня + 0,4 веса Ш., приходящиеся на 1 см² площади поршня, а в табл. 2—вес на единицу рабочего объема цилиндра;

Табл. 2.—Вес прямолинейно движущихся частей (на 1 л рабочего объема цилиндра).

Типы цилиндров	G_0 , кг/л
Двигатель без крещцкопфа	5 — 7
» с крещцкопфом	10—16
Ступенчатый компрессор	6—10
Продувочный насос	1—2

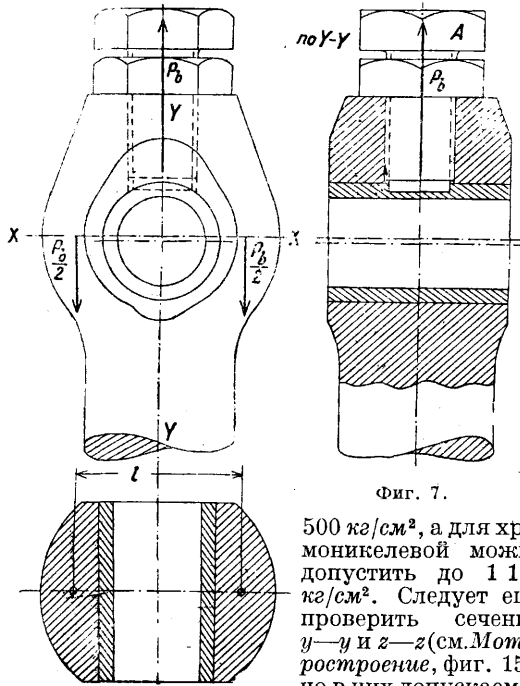
для ступенчатого компрессора считается вес всего поршня + 0,4 веса Ш., приходящиеся на 1 л объема цилиндра низкого давления. Пользование табл. 2 дает более правильные результаты. Для поршней с охлаждением следует брать значения ближе к верхним пределам.

Поршневая головка закрытого типа Ш. двигателей внутреннего сгорания простого действия в поперечном сечении X—X (фиг. 7) нагружена силой P_b , возникающей от инерции ускоренных движущихся частей, а также от заедания поршня. Эта сила вызывает напряжение растяжения $\sigma_z = \frac{P_b}{2F_1}$, где F_1 —площадь сечения боковины; напряжение допускается для углеродистой стали до 900 кг/см², а для хромоникелевой до 1 750 кг/см². Сечение Y—Y проверяется на изгиб от момента $M_b = \frac{P_b}{2} \cdot l$. В вильчатых Ш. каждый подшипник нагружен силой $\frac{P_b}{2}$, действующей

вверх, и силой $\frac{P_z}{2}$, действующей вниз (фиг. 8). В каком-нибудь сечении X—X (фиг. 9) от силы $\frac{P_z}{2}$ возникают сложные напряжения. Пара сил $\frac{P_z}{2} \cdot l$ изгибает сечение, а сила $\frac{P_z}{2}$, разлагаясь на две составляющие P_n и P_t , вызывает нормальные и касательные напряжения. Напряжение изгиба $\sigma_b = \frac{P_z l}{2W}$, напряжение растяжения $\sigma_z = \frac{P_n}{F_2}$ и напряжение скалывания $\sigma_s = \frac{P_t}{F_2}$, где W —момент сопротивления сечения X—X, а F_2 —площадь этого сечения. Сложное напряжение определяется по ф-ле:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_z)^2 + 4\sigma_s^2}.$$

Подобным же образом следует проверить ряд сечений. Суммарное напряжение для углеродистой стали не рекомендуется брать больше



Фиг. 7.

500 кг/см², а для хромоникелевой можно допустить до 1 100 кг/см². Следует еще проверить сечения у—у и z—z (см. Моторостроение, фиг. 15), но в них допускаемое

напряжение следует выбирать еще ниже.

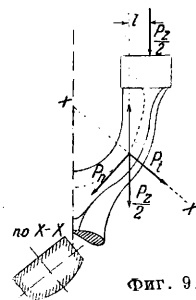
При конструировании и расчете нижней головки требуется прежде всего определить диаметр стяжных болтов. Эти болты представляют очень ответственную деталь каждого двигателя и требуют очень внимательного отношения при конструировании, расчете и изготовлении. В четырехтактных двигателях простого действия они подвергаются растяжению от сил инерции движущихся частей, изгибу от ударов в зазорах подшипников и изгибу от центральных сил; последние два напряжения не поддаются точному учету. В двигателях двойного действия к этим напряжениям добавляется еще сила от действия газов в нижней полости цилиндра. Во избежание разрыва болтов принимаются следующие меры: 1) по возможности выбирают больший диаметр их, однако с тем расчетом, чтобы излишне не увеличивать размеры головки Ш. к-рая как правило должна проходить через цилиндр при монтаже; 2) число болтов выбирают 2 и только в исключительных случаях—4; 3) резьбу делают мелкую; 4) все вы-

точки и переходы делают плавными; 5) выбирают материал высокого качества. Напряжение на разрыв определяется по ф-ле: $\sigma_z = \frac{P_b}{2f}$, где

P_b —сила инерции + 25% на затяжку болта, а f —площадь сечения болта по внутреннему диаметру резьбы. Напряжение для углеродистой стали не должно превосходить 450 кг/см², а для хорошей хромоникелевой не более 1 000 кг/см². Запас прочности берут ок. 20. При установлении допускаемых напряжений на разрыв следует иметь в виду возможность появления изгибающих напряжений при плохой подрезке дыры или головки болта. Толщина вкладышей принимается равной 0,1 диаметра вала. Толщина заливки баббитом $S_1 = \frac{1}{20} - \frac{1}{25}$ диам. вала, глубина ласточчиных хвостов баббита выбирается примерно равной $\frac{3}{4} S_1$.

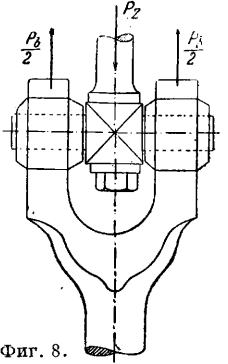
Методы изготовления. Заготовка для Ш. небольших двигателей, а также и средних, но очень быстроходных, в большинстве случаев выполняется штамповкой, тогда как для Ш. средних и крупных размеров исключительно в виде поковок. Штамповка представляет наиболее выгодный вид заготовки, т. к. отсутствует необходимость в механич. обработке стержня (особенно трудной и сложной при тавровом сечении), а также часто и наружных контуров верхней и нижней головок; если же и встречается необходимость обработки, то припуск на обработку в заготовке минимальные. Формы штамповки бывают различные; обычно крышка нижней головки штампуются вместе с телом Ш. Для облегчения обработки и для более выгодного расположения волокон при штамповке делают полушаровые углубления в теле верхней и нижней головок на местах будущих отверстий.

Нормальный порядок основных операций механической обработки Ш. автомобильного



Фиг. 9.

типа: 1) снятие заусенцев и швов; 2) фрезерование торцовых поверхностей нижней и верхней головок; 3) сверление и развертка отверстий обеих головок; 4) разрезка нижней головки и обработка мест стыка; 5) сверление, развертка и подрезка мест под головку и гайку стяжных болтов; 6) сверление смазочных отверстий. При обработке Ш. с круглым сечением стержня операции несколько видоизменяются и добавляются: 1) центрирование заготовки с обоих концов; 2) обточка стержня Ш.; 3) сверление канала в стержне Ш. (после разрезки головки). Базами для установки при первых операциях выбирается в большинстве случаев тавр, а для последующих—отверстия головок. Иногда создают искусственные базы, к-рые и оставляют на Ш. после обработки или же срезают на последних операциях. Средние и крупные Ш. куют под молотом и под прессом. Отдельные головки простой формы также куют, а более сложной—отливают из стали. Поковки подвергают отжигу или более сложной термич. обработке в зависимости от



Фиг. 8.

сорта стали и назначения Ш. Средние и крупные Ш. как правило делают с круглым стержнем, как более простым в обработке. Одновременно с обточкой стержня производят и подрезку одного или обоих торцов в зависимости от его формы. Обработка приставной головки Ш. ведется примерно в следующем порядке: 1) расточка внутри и выточка канавок для заливки баббитом, одновременно обтачивают и торцы; 2) на долбежном или фрезерном станке проходят продольные канавки под баббит; 3) лужение головки и заливка баббитом; 4) разрезка головки и обработка места стыков; 5) сверление дыр для болтов по кондуктору с подрезкой мест под головки и гайки болтов. Дыры для шатунных болтов проходят разверткой. Шатунные болты обтачивают из катаного материала, но для болтов большого диаметра м. б. применены поковки с последующим отжигом; высаживание головок под прессом недопустимо. При механич. обработке все переходы и закругления должны обрабатываться тщательно и аккуратно, пригоночные буртики шлифуются. Раньше все болты пригонялись плотно в отверстиях головок, но в последнее время в верхних и средних буртиках допускают зазоры 0,1—0,2 мм на диаметр повидимому без ущерба для службы болтов. Нарезки под гайку производятся только на хороших токарных станках; выполнение нарезки на револьверных или болторезных станках не допускается. Нарезка и подрезка гаек для Ш. также должны выполняться тщательно на токарных станках.

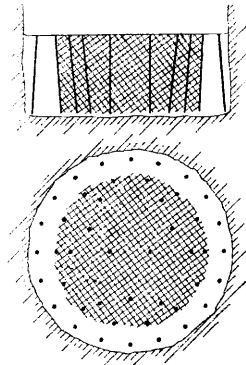
Лит.: Гюльднер Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., М., 1928; Дубель Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1932; Кернер К., Конструирование дизелей, пер. с нем., Л., 1928; Кольчев И., Теория и проектирование судовых двигателей внутр. сгорания, Л., 1933; Климентов О. Л., Проектирование быстроходных двигателей автомобильного типа, Л., 1930; Островский А., Курс конструирования и расчетов авиационных моторов, ч. 1, М., 1932; Деливьер Р., Легкие двигатели внутр. сгорания, пер. с франц., т. 1, М.—Л., 1931; Маркс Л., Авиационные двигатели, М., 1925; Жиринский Г., Паровые машины, 5 изд., М.—Л., 1933; Дубель Г., Паровые машины и паровые турбины, пер. с нем., 3 изд., Л., 1927; Польгаузен А., Поршневые паровые машины, пер. с нем., 3 изд., М., 1927; Засс Ф., Беспоршневые двигатели Дизеля, пер. с нем., М.—Л., 1931; P l a t t M., «Proceeding of the Institution of Automobile Engineers», L., 1922—23, Part 2; Dicksee C., «Automobile Engineers», L., 1928, June, August, W a d l o w E., ibid., 1928, June; D a n b e n J., «Motorwagen», V., 1924, 30; V e l l a g H., ibid., 1927. См. также *Двигатели газовой, Двигатели Дизеля, Двигатели нефтяные мелекие, Двигатели судовой, Моторостроение.* Н. Макаревич.

ШАФТ-МАШИНА, немецкое название переборной каретки, которое довольно долго удерживалось в практике ручного ткачества (см. *Ткацкие станки*).

ШАХТА, вертикальная или наклонная горная выработка, имеющая один выход на дневную поверхность и обладающая при б. или м. значительной глубине сравнительно небольшими поперечными размерами. О классификации Ш. в зависимости от назначения и устройства их и о выборе места заложения шахт см. *Горные выработки и Рудник*. Все работы по проходке Ш. можно разделить на две основные группы: углубка Ш. и крепление их.

Углубка Ш. В зависимости от характера пород, покрывающих полезное ископаемое, глубины залегания их, а также от срока службы Ш. принимается форма поперечного сечения Ш.: прямоугольная, круглая, эллиптическая, эйцевидная. Наиболее распространенными являются первые две. Прямоугольная форма шахты применяется в большинстве случаев при небольшой глубине и креплении деревом. Во всех

прочих случаях применяется круглая форма, а материалом для крепления ее служат бетон, железобетон, кирпич и чугун. Углубка Ш. обычно производится участками—заходками глубиной 10—60 м. Эти участки до установки постоянного крепления крепятся временным креплением (см. ниже). Слабые породы (глины, пески, мергели и т. д.) вынимаются с помощью лопат, кайл, пневматических лопат и отбойных молотков. Крепкие породы вынимаются с помощью *взрывных работ* (см.). Для этой цели по всей площади крепят пневматич. бурильными молотками выбуриваются шпурсы—скважины (фиг. 1). Глубина шпуров принимается 1—3 м. Число шпуров принимается с таким расчетом, чтобы на 1 м² забоя приходилось 1—1,5 шпура.

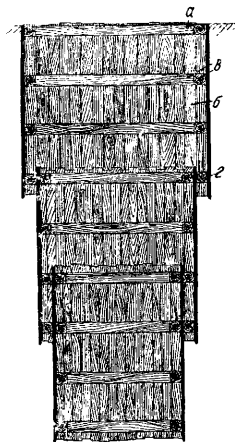


Фиг. 1.

Взрывчатое вещество—гремучий студень или аммонал. Паление шпуров в настоящее время производится электрич. способом. Расход взрывчатых веществ за один выпал зависит от глубины шпуров, количества их, характера проходимых пород и изменяется 20÷60 кг. Проветривание забоя после выпала производится вентиляторами «Сирокко», наиболее часто применяемыми при проходке Ш. Порода, вынимаемая из забоя Ш., выдвигается на поверхность в бадьях. Работы по углубке Ш. организуются т. о., чтобы в течение определенного промежутка времени, например за 8 час. или за сутки, регулярно заканчивался весь цикл работ: бурение, заряджение и паление шпуров, а также уборка породы. При такой организации достигается определенный ритм в работе, приводящий в конечном результате к увеличению производительности по углубке Ш. Небольшие притоки воды, встречаемые при углубке шахты (до 3—5 м³/ч), откачиваются бадьями. При больших притоках применение специального водоотлива является обязательным. В качестве водоотливных средств применяются паровые поршневые насосы системы Вортингтон, Блек, а также электрические центробежные насосы. Работа центробежных насосов затрудняется в тех случаях, когда откачиваемая вода содержит частицы песка. При проходке Ш. насосы устанавливаются или на временных полках, переносимых все ниже по мере углубки шахты, или монтируются на специальной раме, подвешенной на канате к паровой лебедке, оборудованной на поверхности. Практикой установлено, что водоотлив является целесообразным при притоках, не превышающих 30 м³/ч в крепких породах и порядка 3—5 м³/ч в слабых водоносных породах. При притоках воды, превышающих названные цифры, проходка Ш. производится специальными способами, описание к-рых приводится ниже.

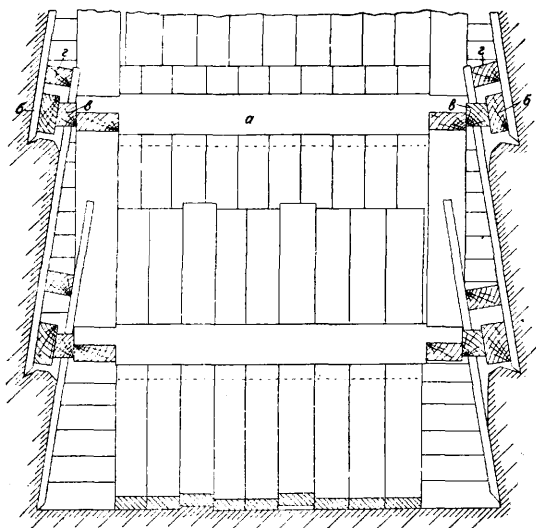
Слабые водоносные породы. Забивная крепь. Углубка Ш. по этому способу производится след. образом: в сухих породах, покрывающих водоносный пласт, Ш. проходится обычным способом. При этом, учитывая возможность сужения ствола в результате работ с забивной крепью, поперечные размеры шахты принимаются несколько боль-

шими, чем это необходимо для эксплуатации Ш. Между забоем Ш. и водоносным пластом оставляется невынутым слой сухой породы толщиной 0,5—0,7 м. На этот слой укладывается деревянный венец *a* (фиг. 2). Затем вокруг венца в вертикальном положении устанавливаются шпунты — деревянные доски *b* с заостренными внизу концами. Ширина досок обычно 150—200 мм, длина 1,0—2,5 м. Материал для шпунтов должен быть без сучков, влажным, т. е. сухие доски, соприкасаясь с влагой, разбухают, чем нарушается водонепроницаемость и прочность крепления. В качестве материала наиболее применимы сосна, дуб. Ель применять не рекомендуется из-за ее способности раскалываться. Забивка шпунтов производится



Фиг. 2.

деревянной бабой или балдой периодически на глубину 0,5—0,7 м. По мере забивки шпунта из забоя вынимается порода и устанавливаются промежуточные венцы *в*. Эти венцы являются направляющими для шпунтов, чтобы от давления грунта последние не сдвинулись внутрь Ш., и кроме того эти венцы защищают шпунты от поломок. Чтобы избежать прорывов пльвуна, концы шпунтов в водоносной породе не обнажаются. Для забивки второго ряда «посада» шпунтов внутри шахты на небольшом расстоянии от конца шпунтов первого ряда укладывается следующий основной венец *г*. Вокруг этого венца устанавливается новый ряд шпунтов, и операции повторяются. Этот способ работ получил

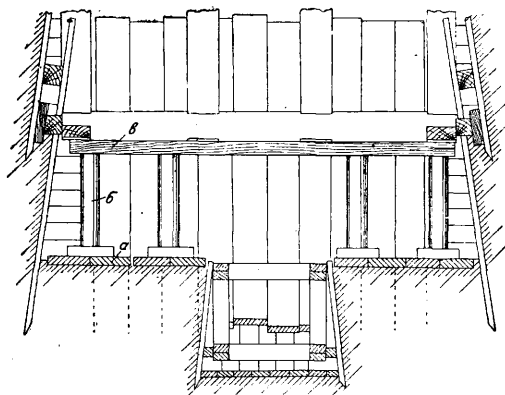


Фиг. 3.

название вертикальной забивной крепи. Способ вертикальной забивной крепи применяется гл. обр. при прохождении пльвунов, залегающих неглубоко от поверхности.

Отмеченные выше недостатки вертикальной забивной крепи устранены в другом типе — к о-

сой забивной крепи. Отличие ее от вертикальной забивной крепи заключается в том, что шпунты устанавливаются не вертикально, а наклонно, под углом 80—85° к вертикали (фиг. 3, где *a*—венец из дерева, *б*—затяжка из длинных брусьев, *в*—клинья, *г*—отводящие брусья). Порядок производства работ при этом способе такой же, как и при вертикальной забивной крепи, с той лишь разницей, что вследствие наклона шпунтов размеры промежуточных венцов будут больше. Работы по углубке шахты затрудняются, если пльвун напорный. В этом случае весь забой приходится закрывать досками и затем, вынимая по одной, постепенно выбирать породу (фиг. 4, где *a*—настил из досок, *б*—стойки, устанавливаемые между досками и разгоном *в*). По прохождении всего пльвуна Ш.

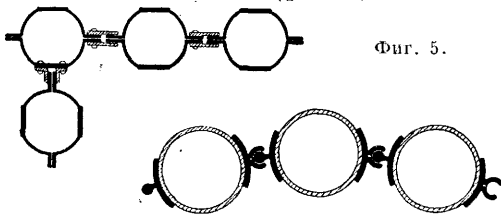


Фиг. 4.

закрепляется деревянным креплением на бабках, чаще всего сплошным деревянным срубом (см. ниже). Заключая в себе недостатки всех несовершенных способов (медленность работ, большая трудоемкость, ненадежность), этот способ может быть применен лишь в весьма ограниченных пределах: при мощности водоносных пластов не свыше 3—4 м и глубине залегания их не свыше 30 м. Известны отдельные, очень редкие случаи, когда этим способом достигали положительных результатов и на большей глубине. Совершенно не рекомендуется применение его в породах, плохо отдающих воду. Выемка породы при этом способе производится обязательно с водоотливом, а следовательно с неизбежным выносом частиц песка на поверхность, что является причиной образования пустот за креплением Ш. Эти пустоты в свою очередь являются источником всех аварий — неизменным спутником способа забивной крепи. Наиболее типичными авариями являются: 1) поломка венцов крепления, 2) искривление ствола шахты, 3) оседание крепления, 4) образование воронок на поверхности и, как результат этого, разрушение поверхностных сооружений, находящихся вблизи Ш. Ликвидация этих аварий в еще большей степени замедляет работу, удорожает стоимость строительства, в большинстве случаев приводит к потере поперечного сечения Ш. и нередко кончается полной неудачей.

Металлические шпунты. При проходке более мощных водоносных пластов вместо деревянной забивной крепи забивается крепь, составленная из металлических шпунтов. В качестве шпунтов м. б. применены балки

всех видов фасонного железа. Наиболее часто применяются шпунты Simon'a—комбинация из балок двутаврового и коробчатого железа. В последние годы в шахтном строительстве нашли применение шпунты более сложных профилей: Лакуанна, Ларсена, Рансома и др., применяющиеся в строительном деле (см. *Шпунтовые стенки*). Так же, как и при деревянной забивной крепи, в шахте устанавливаются направляющие рамы—для сохранения вертикальности шпунтовой стенки—на расстоянии 1—1,5 м одна от другой. Затем между стенками III и направляющей рамой устанавливаются шпунты. Отдельные шпунты в породе забиваются бабами или паровыми молотами периодически на глубину 0,7—1 м. В некоторых случаях шпунты могут забиваться сразу на глубину 15—20 м. Как правило, выемка породы из III производится после проходки шпунтами всей толщи водоносных пород. В целях предохранения шахты от прорывов пльвуна шпунты забиваются на 1—2 м в породу, обычно глину, подстилающую пльвуны. По прохождении III, через водоносные породы в ней устанавливается бетонное или железобетонное крепление; шпунты не вынимаются, а остаются за стенками крепления. Предельная мощность пльвуна, который можно пройти шпунтами, определяется максимальной длиной шпунтов, изготавливаемых заводами. Эта длина обычно составляет 12—15 м. В тех случаях, когда необходимо пройти пльвун большей мощности, длина шпунтов увеличивается путем наращивания их. Неблагоприятным условием для проходки III металл. шпунтами является наличие крупных валунов и крепких прослоек в пльвуне. При забивке шпунтов они оказывают большое сопротивление, благодаря чему шпунты отклоняются от вертикального положения, изгибаются и входят внутрь III, тем самым уменьшая поперечное сечение последней. По этой причине первоначальные размеры шахты принимаются больше проектных. По сравнению с деревянной забивной крепью металл. шпунты прочнее, с помощью их можно пройти пльвун большей мощности и работы производятся быстрее, т. к. за одну операцию их можно забивать на большую глубину. Металлич. шпунты обычно применяются при прохождении пльвунов мощностью до 10 м и на глубине залегания их не свыше 30—40 м. Разновидностью металл. шпунтов являются трубы Haase (фиг. 5). Шпунтовая



Фиг. 5.

стенка в этом случае составляется из стальных труб \varnothing 100—125 мм. Трубы снабжаются стальными башмаками. Соединение отдельных труб между собою достигается тем, что к одной стороне их приклепывается обычный рудничный рельс, а к другой—направляющие лапы. Забивка труб облегчается тем, что в них вставляются трубки меньшего диам., через которые нагнетается вода. Вода, выйдя из трубки под башмаком трубы Haase, размывает породу под ним и вместе с породой поднимается по коль-

цевому пространству вверх, где она собирается в бабды и выдается на поверхность. Иногда промывные трубки снабжают небольшим долотом, с помощью которого можно разрыхлять плотные пески. Длина труб обычно не превышает 5—6 м. При проходке пльвуна мощностью более 5 м трубы наращиваются с помощью внутренних муфт. Этим способом проходились пльвуны мощностью до 25—30 м. Теперь способ Haase применяется сравнительно редко.

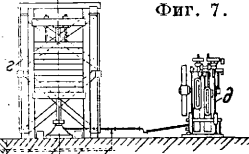
Опускная крепь. Другим методом проходки III в слабых водоносных породах является опускная крепь. При этом способе работ так же, как и при забивной крепи, крепление III опережает углубку. До водоносных пород проходится форшахта, внутренний диам. которой несколько больше внешнего диаметра опускной крепи. На дне форшахты укладывается бетонная подушка толщиной 100—200 мм, служащая основанием режущему башмаку *a* (фиг. 6)—кольцу, составленному из чугунных сегментов, изготовленных в форме клина или со срезанными внизу краями. Сегменты усиливаются ребрами *b* и между ними прокладываются свинцовая прокладка *в*. На режущем башмаке возводится собственно опускное крепление. Материалом для крепления служат кир-



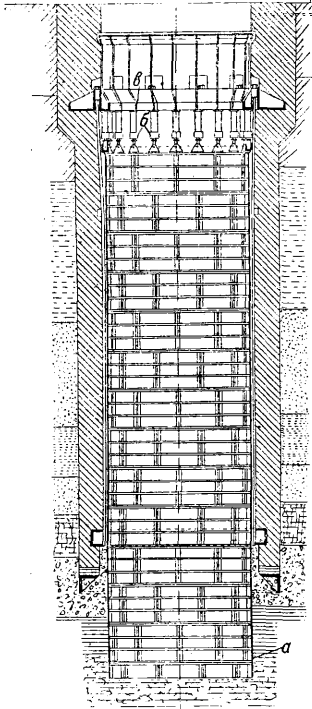
Фиг. 6.

пич, бетон, чугун, резе дерево. Опускная крепь снаружи обшивается досками, которые уменьшают трение опускной крепи о стенки III, а также предохраняют крепь от расшатывания и образования трещин во время опускания. В теле крепи заделываются вертикальные стержни *г*, анкерные болты, расположенные на равном расстоянии друг от друга по окружности. Назначение их—предохранить опускную крепь от разрыва во время опускания. Разрыв крепи может произойти в том случае, когда верхняя часть ее по каким-либо причинам заклинится и нижняя часть окажется висячем положении. Болты между собою связаны горизонтальными полосами *д* и наращиваются помощью муфт *е*. Когда установка крепи окончена, приступают к разбору бетонной подушки, а затем к выемке породы со дна шахты. По мере выемки породы происходит опускание (собственным весом) крепления, которое постепенно наращивается. Для сохранения вертикальности опускной крепи к стенкам форшахты укрепляются вертикальные деревянные брусья, служащие направляющими для опускной крепи. Если благодаря большому трению собственного веса для опускания крепления недостаточно, вес крепи увеличивается дополнительной нагрузкой. Для этой цели на опускную крепь сверху накладывают груз или нажимают домкратами и гидра-

влическими прессами. На фиг. 7 представлена опускная крепь, зажимаемая гидравлич. прессами. Здесь *a*—чугунная опускная крепь, *b*—гидравлические прессы, *c*—упорное кольцо, *e*—гидравлич. аккумулятор, *d*—насос. Выемка породы при способе опускной крепи производится с водоотливом или без него. В первом случае вода откачивается насосами, а порода вынимается обычным способом. Однако иногда притоки воды встречаются настолько значительные, что никакой водоотлив с ними не в состоянии справиться. Помимо этого водоотлив в слабых водоносных породах нежелателен из-за возможности образования пустот за креплением. В таких случаях Ш. проходят без



Фиг. 7.



водоотлива. При углубке Ш. без водоотлива уровень воды в Ш. остается неизменным, а порода вынимается грейферами, элеваторами или с помощью Маммут-насоса. Так же, как и для забивной крепи, неблагоприятным условием для проходки является наличие валунов и крепких прослоек в пльвунах. При встрече их опускную крепь опускание последней затрудняется, и крепь отклоняется от вертикального положения. В практике были случаи, когда крепь отклонялась от вертикали на 0,6—1,0 м. Ка-

менное (кирпичное, бетонное) крепление возможно только для проходки пльвунов мощностью 15—18 м. Трение, развиваемое между креплением и породой, замедляет опускание крепления, а малая сопротивляемость сжатию такого крепления не позволяет применить слишком большого давления на него. В тех случаях, когда опускание крепления из-за сильного трения прекращается или отклонение от вертикали достигает больших размеров, предпочитают опустить вторую опускную крепь внутри первой. Это в значительной мере уменьшает полезный диам. Ш., т. к. помимо пространства, занимаемого стенкой второй опускной крепи, между ними необходимо оставлять зазор. В практике известны случаи, когда телескопически одна в другую опускалось до семи колонн опускной крепи. Иногда для уменьшения трения опускной крепи применяют «смазку», состоящую в том, что в кольцевое пространство между опускной крепью и породой по трубам нагнетается вода, пар или сжатый воздух. Чтобы уменьшить потерю сечения Ш., вторую колонну

опускной крепи изготовляют из чугуна. Благодаря большому сопротивлению сжатию чугуна опускную крепь можно подвергать большой нагрузке—до 1 000—2 000 т. Трение, развиваемое боковой поверхностью опускного крепления, выражается следующими цифрами: песок и гравий по дереву и каменной кладке 3 т/м², песок и гравий по бетону и железным листам 2,5 т/м², глина и мергель по каменной кладке 2,5 т/м², глина и мергель по бетону и железу 1,5 т/м². Самая глубокая Ш., пройденная опускной крепью,—Ш. «Hügo» в Германии глубиной 178 м. Давление на единицу боковой поверхности опускной крепи определяется по ф-ле

$$p = \delta H \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где δ —об. вес породы в кг/м³, H —глубина залегания водоносного пласта в м, φ —угол естественного откоса породы. Расчетные данные для давления пород приведены в таблице.

Расчетные данные для подсчета давления пород.

Род пород	δ в т/м ³	φ°
Сухой песок	1,6	30—35
Песок естеств. влажн.	1,8	40
Песок, насыщ. водой	2,0	25
Сухая глина	1,6	40—45
Мокрая глина	1,9	20—25

Толщина стенки опускной крепи определяется по формуле

$$E = R \left(\sqrt{\frac{h}{k-2p} - 1} \right),$$

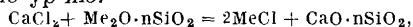
где E —толщина опускной крепи, R —радиус Ш. в свету, p —расчетное давление, k —допускаемое напряжение. Высота опускной крепи (в м) $H = h + 3$, где h —мощность водоносных пород. Вес опускной крепи

$$g = \pi (R_1^2 - R^2) H \gamma;$$

здесь R_1 —радиус Ш. внешне, γ —уд. в. материала опускной крепи. Если вес башмака— q , то полный вес опускной крепи будет $Q = g + q$. Боковая поверхность трения опускной крепи $S = 2\pi R_1 H$. Сила трения, развиваемая опускным креплением,— $F = f \cdot S$, где f —приведенные выше коэф-ты трения опускной крепи в зависимости от характера породы и материала опускной крепи. Для опускания крепления д. б. соблюдено условие, чтобы Q было $> F$. Если Q оказывается недостаточным, его увеличивают за счет увеличения толщины E или высоты H . Если разность $F - Q$ очень большая, прибегают к искусственной нагрузке.

Химическое окаменение пльвунов. Идея этого способа основана на естественном образовании песчаников и конгломератов в природе, когда отдельные мелкие зерна пород связываются между собой различными цементирующими веществами, главн. обр. кремнекислотой. Способ этот состоит в том, что в породу, содержащую воду, нагнетаются по очереди два раствора химических. Один из этих растворов является раствором кремнекислого натрия—жидкого стекла—крепостью 36—38° Вё; другой из них выбирается в зависимости от характера укрепляемых пород, напр. раствор хлористого кальция 33—40° Вё и хлористого алюминия при кварцевых, известковых породах, раствор фтористых солей кремния для глин и т. д. Эти растворы, вступая между собой в реакцию, образуют коллоидаль-

ный студнеобразный осадок, к-рый очень быстро затвердевает. При этом реакция протекает по у-рию:



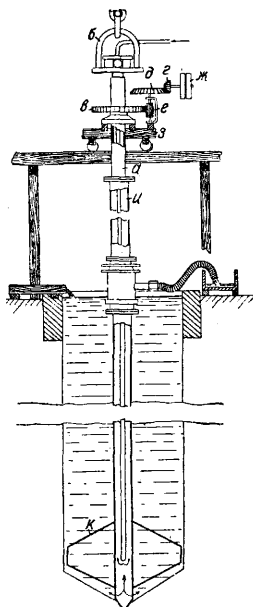
где $\text{Me}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ —общая ф-ла жидкого стекла щелочных силикатов различного стереохимич. состава: Na_2SiO_3 ; $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$; $\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_7$. Работы по химич. окаменению производятся сл. обр.: на нек-ром расстоянии (0,5—1,0 м) от водоносных пород, предположенных к укреплению, укладывается прочная бетонная подушка. Через эту подушку бурятся скважины, необходимые для нагнетания раствора. В пробуренные скважины вставляются стальные перфорированные трубы, нижний конец к-рых заострен. Нагнетание химикалий производится под высоким давлением—до 50 atm. Вначале нагнетается первый раствор, затем при постепенном подъеме трубы—второй. Твердение раствора наступает немедленно, причем с течением времени прочность укрепленных пород увеличивается, и последние становятся практически водонепроницаемыми. Временное сопротивление сжатию укрепленного грунта достигало 60—120 кг/см².

Искусственное понижение уровня грунтовых вод (способ Сименс Баунион) наиболее применимо в песках, хорошо отдающих воду. Способ этот состоит в том, что вокруг шахты с поверхности земли бурится несколько скважин, через которые откачивается вода, находящаяся в песках. В результате этой откачки вокруг Ш. образуется депрессионная воронка, т. е. понижается уровень грунтовых вод, и Ш. таким образом проходится в сухой породе. Для откачки воды из скважин в первый период применения этого способа применялись центробежные или Маммут-насосы. Так как практически максимальная высота всасывания центробежных насосов не более 5—6 м, то в один прием этими насосами можно понизить уровень грунтовых вод не более как на 4,5—5 м. При большой мощности водоносного пласта уровень грунтовых вод приходится понижать на значительную глубину. Понижение уровня грунтовых вод центробежными насосами в таком случае возможно произвести постепенно, в несколько ярусов, в зависимости от мощности пласта. Фирмой Сименс-Шуккерт недавно выпущены электрические насосы специальной конструкции, которые в скважине опускаются по мере понижения уровня воды. При откачке воды этими насосами уровень грунтовых вод можно понизить одноярусной системой на значительную глубину, не прибегая к многоярусной. Насос этого типа напоминает сигару и имеет высоту ок. 2,5 м при диам. 200—300 мм. В скважину он подвешивается на водоотливных трубах. Центробежный двухступенчатый насос и электромотор монтируются на одном вертикальном валу, причем электромотор м. б. установлен выше или ниже насоса. Мощность электромотора 5—13 kW. Наиболее трудной задачей при конструировании такого типа насосов является достижение герметичности его, т. е. устранение возможности проникания воды в него и тем самым затопления. В современных конструкциях затопление предупреждается тем, что все пространство, окружающее мотор под кожухом, наполняется сжатым воздухом или ниже главного насоса устанавливается вспомогательный, к-рый откачивает воду, просочившуюся в кожух через сальник и другие

неплотные места. Этим способом пройдена только одна Ш. «Матадор» в Германии.

С п о с о б Х о н и г м а н а. Для проходки Ш. через водоносные породы большой мощности в Германии применяется способ Хонигмана. Последний основан на принципе глубокого бурения Ш. с промывкой глинистым раствором. Работа обычно начинается с устройства форшахты, к-рая проходится до уровня грунтовых вод. После этого приступают к бурению Ш. без водоотлива и крепления стенок ее. При этом стенки буровой Ш. поддерживаются от обрушения глинистым раствором с большим уд. в. и при давлении, превышающем гидростатическое. Буровое оборудование, применяемое для бурения Ш., представлено на фиг. 8.

Здесь *a*—буровой шпindel, подвешенный к вертикальному *b*, приводится во вращение цилиндрич. зубчатый колесом *в* при посредстве зубчатой передачи *г, д, е* и шкива *ж*. Эта зубчатая передача установлена на буровой тележке *з*. Буровой шпindel *a* поддерживается полые штанги *и*; *к*—бур (рабочие части не показаны). Буровая муфта удаляется через полые штанги насосами Маммут. Под давлением воздуха поднимающаяся по штангам вода получает столь большую скорость, что она в состоянии поднять куски породы весом до 16 кг. Глинистый раствор подается в таком количестве, что уровень воды в Ш. превышает горизонт грунтовых вод примерно на 6—10 м. Как только слабые водоносные породы пробурены и шахта вошла на 5—10 м в крепкие породы, в Ш. опускают постоянное крепление и делают его водонепроницаемым. Бурение Ш. производится с постепенным увеличением ширины буров. При достаточно изученном геологич. разрезе проходимых пород бурение Ш. начинают шириною 2,0 м, затем заменяют его буром на 1,3—1,5 м больше. Если породы недостаточно изучены, то начинают с предварительного бурения диам. 700 мм. Напр. для бурения Ш. диам. 5,0 м в свету применяют буре шириною 700; 2 000; 3 500; 5 000 и 6 500 мм, причем каждая ступень бурится сразу до окончательной глубины. Крепление Ш. при этом способе производится т ю б и н г а м и. Кольца из отдельных сегментов собираются на поверхности и затем опускаются в Ш. Нижнее кольцо снабжается бетонной подушкой, на нем устанавливают следующие кольца крепления. Первоначально крепление поддерживается на прочных штангах, к-рые постепенно вывинчиваются из муфт, поддерживающих штанги. По мере опускания крепления штанги наращиваются отрезками соответствующей длины. Так крепление опускают, пока оно не начнет всплывать. С этого момента в применении опускного устройства нет нужды: дальнейшее погружение крепления происходит уже с помощью водяного баласта,



Фиг. 8.

для чего цилиндр, образованный креплением, наполняется водой или глинистым раствором. Если S —площадь дна опускаемой колонны, H —глубина погружения, δ —удельный вес глинистого раствора, то вес, вытесняемый колонной, $g = SH\delta$. Для погружения колонны в глинистом растворе необходимо, чтобы Q было больше g , где Q —вес опускаемой колонны. По достижении определенной глубины погружение колонны прекратится, т. к. вес ее окажется недостаточным. Сила, противодействующая опусканию крепления,

$$P = g - Q = SH\delta - q\Pi = H(S\delta - q),$$

где q —вес 1 м. м крепления. Чтобы крепление могло опускаться, колонну необходимо наполнить водой или глинистым раствором в количестве, равном по весу силе P , т. е. $P = Fh\delta$, где F —площадь поперечного сечения Π . в свету, h —искомая высота наполнения. Подставляя это выражение в предыдущую формулу, получим

$$F \cdot h\delta = (S\delta - q)H,$$

откуда

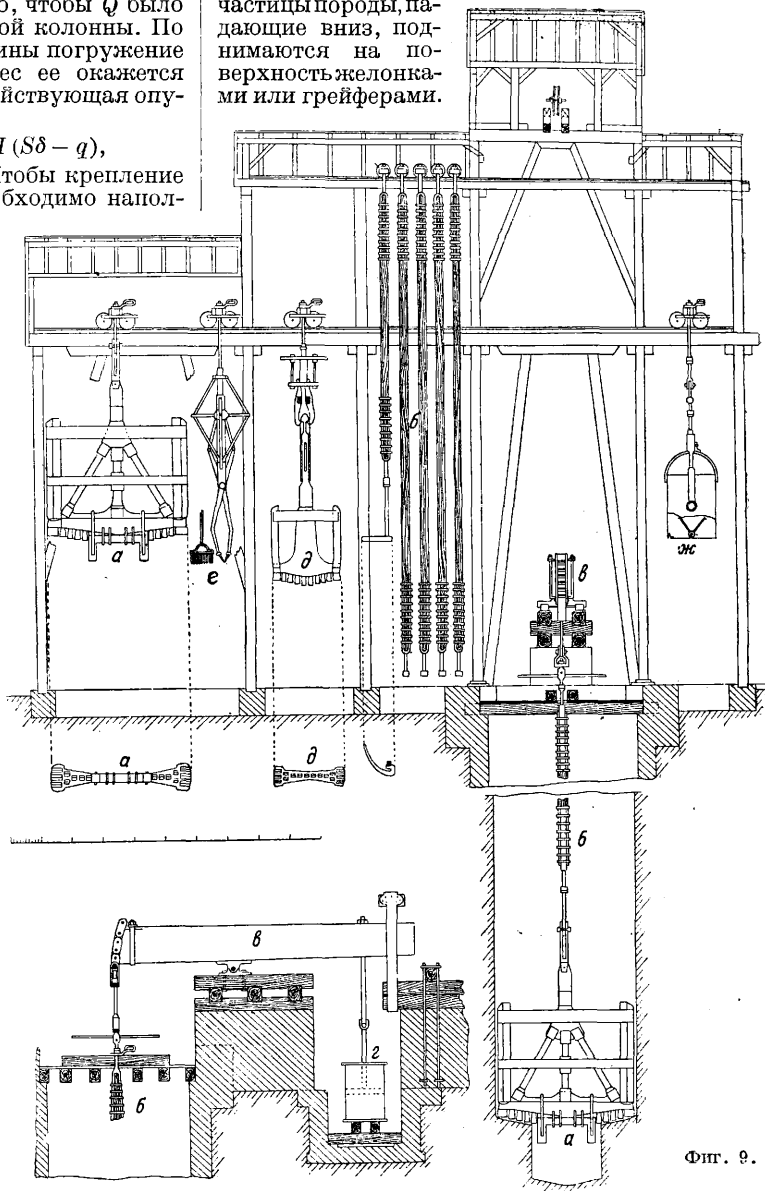
$$\frac{h}{H} = \frac{S\delta - q}{F\delta},$$

отношение $\frac{h}{H}$ обычно 0,6—0,7.

По мере погружения крепления сверху продолжают наращивать новые кольца тубингов. Как только нижнее кольцо достигает 1 м над забоем Π , погружение останавливают. По трубопроводам, опущенным между стенками крепления и боками Π , к забою шахты подводится цементный раствор, и крепление затем погружается в этот раствор. Затем кольцевое пространство между креплением и стенкой Π заполняется цементным раствором. После затвердения раствора Π откачивается, бетонная подушка удаляется и дальнейшая проходка Π производится обычным способом. В Голландии способом Хонигмана пройдено несколько Π . diam. 2,65—4,5 м и глубиной 100—200 м. В Германии шахта «Арсбек» диаметром 5,5 м пройдена на глубину 428 м. Менее распространенными способами бурения Π . в слабых водоносных породах являются: способ Стокфиша, Тиссена, Цейслера. **З а м о р а ж и в а н и е Π .**—см. *Замораживание грунта.*

Крепкие водоносные породы. Бурение Π . по способу Кинд-Шодрона. Бурение Π . полным diam. в крепких водоносных породах впервые было осуществлено немецким инж. Киндом. Крепление шахты при этом способе было предложено французским инж. Шодроном, почему этот способ и получил название Кинд-Шодрона. Бурение Π . выполняется в два приема. Вначале выбирается шахта diam. 1,2—2,7 м, а затем расширяется до полного diam.; опережение первой ступени составляет 10—12 м. Штанги, несущие долото, прикрепляются к

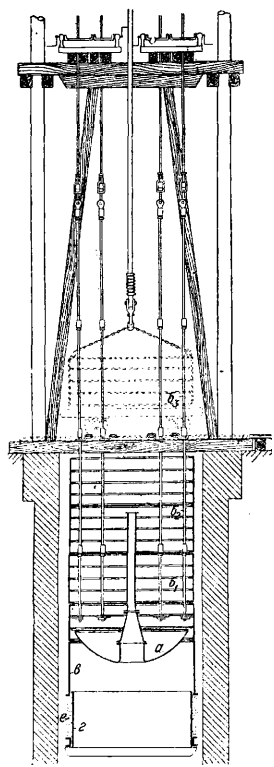
концу балансира, расположенного на поверхности земли и приводимого в движение специальной машиной. Режущий инструмент или долото состоит из стальной балки, к нижней поверхности к-рой прикрепляются стальные зубья весом ок. 50 кг каждый. Разрушенные частицы породы, падающие вниз, поднимаются на поверхность желонками или грейферами.



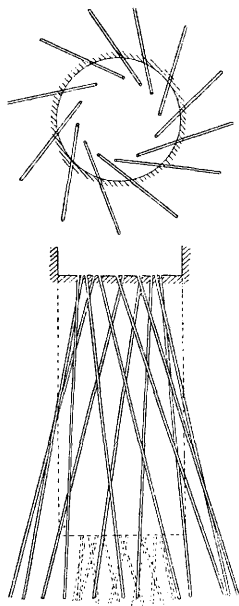
Фиг. 9.

Материалом для штанг служит специальная америк. сосна размерами 200 × 200 × 15 000 мм. Высота удара штанг 250—600 мм и число ударов 9—20 в мин. Долото высотой 2,7 м и весит 12 ÷ 25 т в зависимости от diam. Π .; ширина долота 200—250 мм. Большое долото направляется специальной рамой, прикрепленной снизу к долоту и скользящей в передней шахте. Штанги и долото на поверхность поднимаются специальной машиной. На фиг. 9 представлено буровое оборудование для бурения шахты по способу Кинд-Шодрона. Здесь a —долото, $б$ —штанги, $в$ —балансиры, $г$ —цилиндр шаровой машины, приводящий в движение балансиры, $д$ —малое долото, $е$ —ловильный инструмент,

юс—желонка. По прохождении водоносной зоны пробуривают на некоторую глубину и водоупорные породы. После этого шахта очищается от буровой мелочи, удаляется буровой инструмент и приступают к опусканию крепления. Крепление шахты производится чугунными кольцами или тубингами. Чрезмерно большой вес крепления, достигающий 3 000—4 000 т, уравнивается водой, вытесняемой креплением. К нижнему кольцу (фиг. 10) прикрепляется металлическое дно *a*, и крепление т. о. представляет собою цилиндр, плавающий в воде. При спуске крепления несколько первых колец поддерживается на штангах (*b*₁, *b*₂, *b*₃ и др.); по погружении крепления в воду, когда оно начинает всплывать, штанги удаляются и дальнейший спуск производится уже без них. Для достижения водонепроницаемости опоры крепления основание последнего снабжается «моховым сальником». Операция состоит в том, что к нижнему кольцу *в* крепления прикрепляется кольцо меньшего диам. *г* с фланцем, отогнутым к стенке Ш. На этот фланец укладывается мох *e*. Когда нижнее кольцо *г* достигает опоры, колонна крепления Ш., продолжая все еще опу-



Фиг. 10.



Фиг. 11.

скаяться, входит внутрь этого кольца, сжимает мох, уплотняя т. о. кольцообразное пространство. Этим способом проходились шахты диам. до 4,1 м и на глубину до 400 м. Вследствие громоздкости и сложности оборудования, а также трудности выполнения работ, этот способ в настоящее время применяется редко.

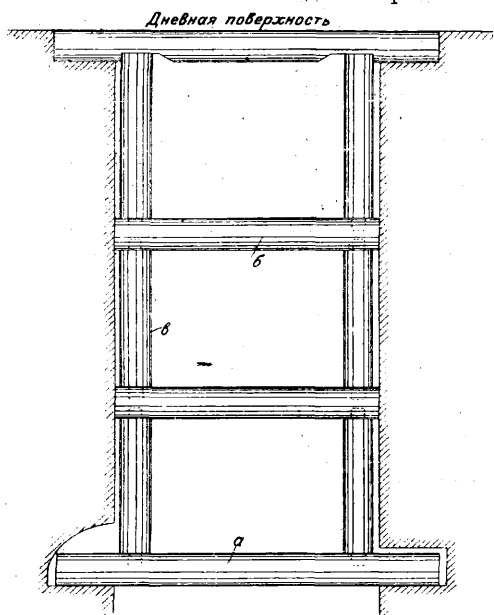
Цементация. Для уменьшения притоков воды при проходке Ш. через крепкие водоносные породы применяется способ цементации, состоящий в том, что водопроводящие пустоты и трещины в горных породах заполняются жидким цементным раствором, который, затвердевая в них, образует вокруг Ш. кольцо, защищающее ее от проникновения воды. Заполнение трещин и пустот производится пу-

тем нагнетания в них через буровые скважины цементного раствора. Бурение цементационных скважин м. б. осуществлено как непосредственно с поверхности, так и из забоя Ш. Работам по цементации из забоя Ш. обычно предшествует укладка подушки—бетонной перемычки. Подушка должна предупреждать обратный выход в шахту цементного раствора из трещин. Толщина подушки 2—6 м в зависимости от давления, под которым нагнетается цементный раствор. В подушке заделываются стальные трубы, через которые пробуриваются цементационные скважины. Скважины располагаются по окружности (фиг. 11), диам. к-рой на 0,5—0,6 м меньше диам. Ш. Диам. скважин 50 мм, расстояние между ними 0,7—1,0 м. Угол наклона скважин к горизонту, 70—80°, принимается с таким расчетом, чтобы скважины на своей конечной глубине выходили бы за периферию Ш. на 1,5—2,0 м. Кроме того скважинам придается боковое отклонение обычно под углом 135° к радиусу, проведенному из центра Ш. к скважине. Глубина скважин 8—15 м. Для целей цементации применяется быстросхватывающийся тампонажный портланд-цемент. При цементации трещин, содержащих рассол, вместе с портланд-цементом применяется магнезиальный цемент. Концентрация раствора, нагнетаемого в скважины, изменяется от 2,5 до 50% по объему цемента. Давления, развиваемые при нагнетании цементного раствора, достигают 50—100 атм и в некоторых случаях—на больших глубинах—даже до 200 атм. Оборудование, необходимое для цементации: растворомешалка, насос и трубопроводы. Трубопровод, по к-рому нагнетается цементный раствор в скважины, составляется из стальных труб \varnothing 50 мм. Расход цемента на 1 н. м Ш. изменяется от 2 до 20 т и зависит от количества пустот и трещин в породе. В практике имели место случаи расхода цемента до 10 000 т на Ш. глубиною в 200 м. Цементацию целесообразно применять при наличии притоков воды в шахте свыше 30 м³/ч. Расход цемента достигает значительных размеров при цементации т. н. карстовых известняков, т. е. известняков, в к-рых образовались большие пустоты, пещеры, в результате выщелачивания их подземными водами. В таких случаях применяют способ глинизации, состоящий в том, что в большие пустоты и трещины вместо цементного раствора нагнетается глинистый раствор. Операции и аппаратура для нагнетания глинистого раствора отличаются лишь немногим от тех же для цемента. В этом случае необходима лишь дополнительная аппаратура для отделения от глины гравия, кусков породы, растительных остатков и т. д. Для быстрейшего осаждения в трещинах глины из раствора, после нагнетания глинистого раствора, нагнетается какой-либо коагулянт—хлористый кальций или окись кальция. В результате действия коагулянта глина выпадает в осадок в виде плотной массы. Способ глинизации применялся при проходке каменноугольной Ш. в Кизеле и калийной—в Соликамске. Кизеловская Ш. была начата проходкой способом цементации в 1926 г.; по 1930 г. пройдена на глубину 81 м, причем с глубины 25 м применялась цементация. На проходку высотой 56 м Кизеловской Ш. израсходовано ок. 5 000 т цемента, что на 1 н. м Ш. составляло почти 100 т. На глубине ниже 81 м применялась уже глинизация больших

пещер и цементация небольших трещин. На заполнение пустот и трещин между 92 и 142 м, т. е. на протяжении 50 м, было израсходовано 40 200 м³ глины, 1 600 т цемента и ок. 350 т хлористого кальция.

Самая глубокая Ш. в мире пройдена в Африке. Глубина ее 2 500 м. В СССР наиболее глубокой Ш. является Ново-Смоляниновская (Донбасс). Глубина ее ок. 800 м. Средняя месячная скорость проходки Ш., достигнутая в Донбассе, 18—20 м; максимальная 40—50 м в месяц. Максимальная скорость проходки Ш. в мире достигнута в Африке—120 м в месяц.

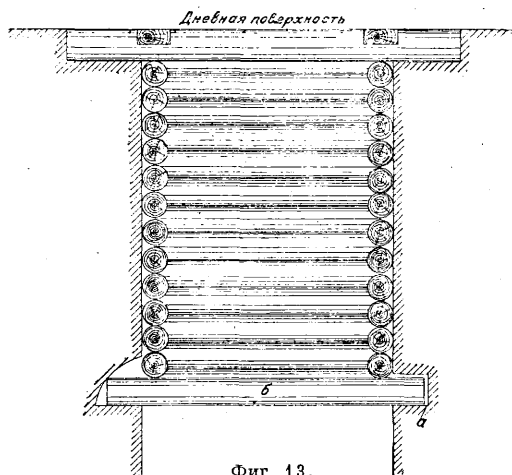
Крепление Ш. Деревянное крепление. Различают два основных вида деревянного крепления шахты: сплошное венцовое крепление и венцовое крепление на бабках. Последнее применяется



Фиг. 12.

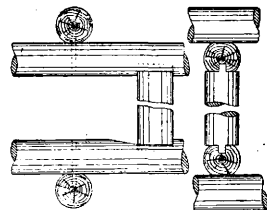
только при креплении Ш. малого размера и при незначительном давлении пород. Это крепление ведется путем установки основных венцов *а* (фиг. 12), промежуточные венцы *б* устанавливаются на бабках *в* (стойках), длина которых делается 1—2 м. Иногда стенки Ш. при этом затягиваются досками или горбылями. Шахты среднего и большого размера крепятся сплошным венцовым креплением из круглого леса, из распиленных бревен, пластин нормального типа, пластин, опиленных с трех сторон, и из брусев. Крепление ведется сл. обр. Сплошной сруб заготавливают на поверхности, затем разбирают его и по частям спускают в Ш. Основной венец *б* (фиг. 13) укладывают в самом забое. Пальцы венца длиной ок. 0,5 м укладывают в лунки *а*; на основном венце снизу вверх возводят сруб Ш. Бока Ш. тщательно забучивают. Расстояние между основными венцами зависит от прочности проходимых Ш. пород и изменяется от 2 до 6 м. Для усиления деревянного крепления шахты применяется развандрутка—постановка вандрутов и расстрелов. Вандруты—длинные брусья, прибиваемые вертикально к стенкам Ш. для предохранения ее от искривления; расстрелы—деревянные брусья или желез-

ные балки, устанавливаемые между вандрутами или заделываемые в стенки ствола Ш. Вандруты ставятся по длинным сторонам Ш. и распираются расстрелами, к-рыми Ш. разделяется на отделения. Вандруты устанавливаются



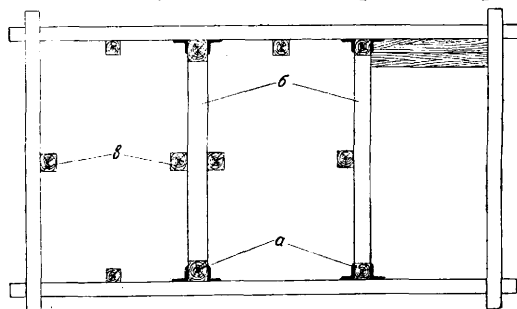
Фиг. 13.

сразу ставятся в зависимости от длины вандрутов. Для вандрутов идет круглый и тесный лес, сосновый или дубовый, размеры которого зависят от сечения Ш. и крепости проходимых пород; от этих же факторов зависит и расстояние между расстрелами. Обычные размеры вандрутов 15 × 15 см при длине до 6 м; расстрелы такого же сечения или немного меньше. Количество леса на 1 м³ шахты в свету для вандрутов ок. 0,013 м³, для расстрелов—0,012 м³. Способ соединения вандрутов и расстрелов виден на



Фиг. 14.

фиг. 14, а расположение их на фиг. 15, где *а*—вандруты, *б*—расстрелы, *в*—направляющие (проводники). При закреплении Ш. деревом одновременно производят установку проводников, полков и лестниц в лестничном отделении и отшивку отделений Ш. При деревянном креплении направляющие чаще устанавливают деревянные, реже

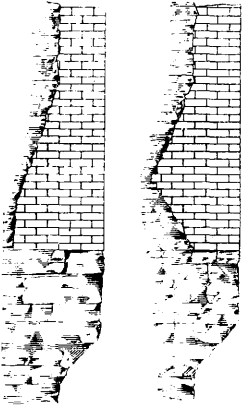


Фиг. 15.

рельсовые и изредка канатные. Направляющие прикрепляют или непосредственно к стенкам Ш. или к расстрелам. Для деревянных направляющих идут обрезные брусья, обычно дубовые, сечением до 13 × 15 см. Лестничные полки в Ш., закрепленных деревом, устраиваются

из дерева; лестницы бывают деревянные и железные. Отшивка отделений в Ш. производится досками, прибиваемыми к расстрелам сплошь или вразбежку.

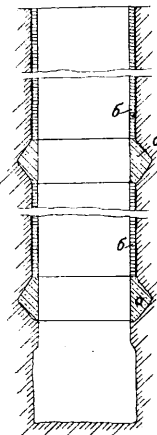
Каменное крепление. Материалом для крепления служат кирпич, естественные тесаные камни, искусственные камни, бетон и железобетон. Толщина стен зависит от размеров Ш., свойства и залегания пород и вида крепящего материала и колеблется от 0,15 до 0,70 м, иногда и больше. Наиболее часто применяется кирпичное крепление, затем из сплошного или набивного бетона, железобетона, искусственных камней, реже тесаных камней. При каменном креплении обычно устраивают временную подвесную крепь. Крепление Ш. ведут снизу вверх звеньями, располагая каждое звено на основных венцах. На фиг. 16 показаны конич. и двухконич. основные



Фиг. 16.

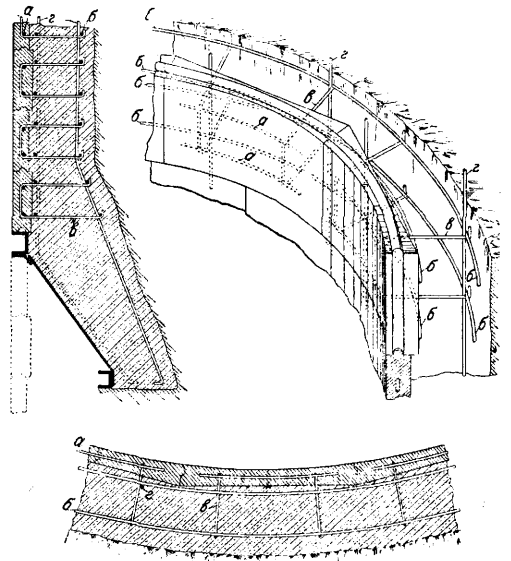
венцы из кирпича, уложенные на выравненном уступе породы. Кирпичи располагают concentрическими слоями, причем швы одного ряда несколько сдвигаются относительно швов другого ряда. Промежутки между кладкой и стенками выработки заполняют бетоном или другим материалом (забучивают). Толщина стен 1—3 кирпичей. Кирпичом иногда обделывают устья Ш., закреплённых другими материалами. На 1 м³ проектного объема крепления идет 360 шт. кирпича, 0,61 м³ цементного

раствора и 0,23 м³ камня для забутки. Крепление из тесаных камней (гл. обр. из песчаника) производится таким же способом, как и из кирпича. Камни обтесывают пятаком. Размер камней в зависимости от размеров Ш. достигает 30 × 40 × 50 см; в этом случае крепление делается в 1 кирпич вперевязку. Промежутки между кладкой и стенками Ш. забучивают камнем или заполняют тощим бетоном. Из искусственных камней наиболее применяются бетонные, изготавливаемые из измельченного доменного шлака с прибавлением 10% (по весу) извести. Для затвердения кирпичей требуется около 5 дней. Бетонные камни обычно изготавливают из бетона такого состава: 1 ч. цемента, 3 ч. песка, 4—5 ч. щебня. Песок д. б. хорошего качества, лучше всего мытый. Для заливки пространства между кладкой и породой идет тощий бетон состава: 1 ч. цемента, 6 ч. щебня и 10 ч. рудового песка или же это пространство заполняют набивным бетоном. Форма камней различна: клинообразная, очерченная кривыми различных радиусов, и фасонная; вес одного кирпича до 30 кг и больше. Работа по креплению ведется следующим образом. Когда Ш. углублена настолько, что можно уложить звено крепи (лучше до более крепкой породы), рас-



Фиг. 17.

ширяют выработку, выравнивают почву и возводят основной венец *a* (фиг. 17) из набивного бетона, для чего устанавливают разборные деревянные или железные шаблоны; пространство за шаблонами заполняют бетоном такого же состава, как и бетонные камни, и хорошо затрамбовывают. На основном венце вверх возводится крепление камнями *б*. Работа производится на подвесном полке, куда спускают с поверхности строительные материалы. Раствор для кладки бетонных кирпичей обычно таков: 1 ч. цемента и 3 ч. хорошего песка. На 1 м³ камней идет 0,30 м³ раствора. Крепь из бетонных камней возводится скорее крепи из набивного бетона (почти вдвое), что дает ей большое преимущество по сравнению с набивным бетоном, в особенности на больших глубинах, где подача материала отнимает много времени. Кроме того крепь из бетонных камней при большом притоке воды не подвергается размыванию, как это бывает при креплении



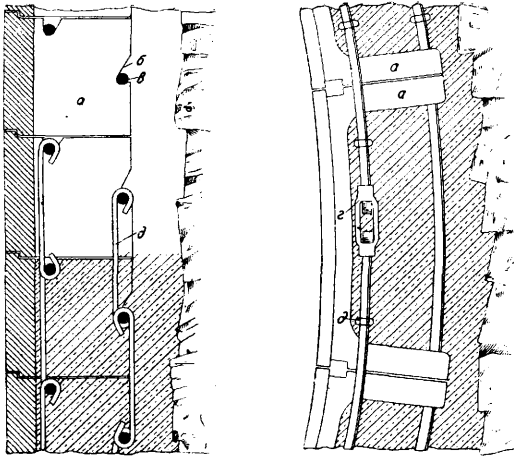
Фиг. 18.

набивным бетоном. Существует несколько систем таких камней, например в камнях Кнебеля в бетон закладывают при формовке железные прутья; камни Рюде, Воле соединяются вертикальными и горизонтальными железными прутьями.

В сист. Вольрата (фиг. 18) каждый камень прочно соединен железным каркасом с набитым сзади бетоном. Каркас состоит из 8-мм проволоки *a*, 10-мм прутьев *б*, изогнутых железных прутков *в*, вертикальных прутьев *г*. Камни Брейля (фиг. 19) имеют U-образную форму; для пропуска каркаса в них оставлены отверстия; сзади кладки набивается бетон. Камни имеют 60 см ширины, 25 см высоты и 6—8 см толщины. Камни снабжены ребрами *a*; последние имеют выемки *б*, в к-рые вкладываются железные прутья *в*; железными натяжными винтами *г* эти прутья соединяются между собою, стягивая и скрепляя отдельные камни. Ряды прутков *в* скрепляются кроме того крючками *д*. Пространство между стенками выработки и кладкой заполняется набивным бетоном.

Как на пример крепления Ш. бетонитами (см.) можно указать на крепление Ш. первого рудника для разработки железной руды в пре-

делах Курской магнитной аномалии (Старо-оскольский район). Проектная глубина шахты 208 м, из к-рых 90—95 м будет пройдено в осадочных покровных породах, 20—25 м в обогащенной зоне и ок. 100 м в кварцитах. Для разработки месторождения будут пройдены рудничные дворы на горизонтах 108, 121, 147 и 208 м; главный остаточный штрек—на горизонте 208 м. Крепление Ш. от поверхности до пльвуна кирпичное, а ниже—бетонитами. Бетониты состоят из 1 ч. портланд-цемента, дающего не более 14—15% остатка на сите с 5 000 отверстий на 1 см², 1 ч. песка с крупностью зерен 0,5÷5 мм, 2 ч. щебня с крупностью зерен 5÷40 мм. Для крепления предусматривается два вида бетонитов: малых размеров для кладки стен и больших размеров для основных венцов. Размеры бетонитов: малых—500 × 500 × 495 мм, больших—1 000 × 500 × 495 мм. Пространство между задней стенкой



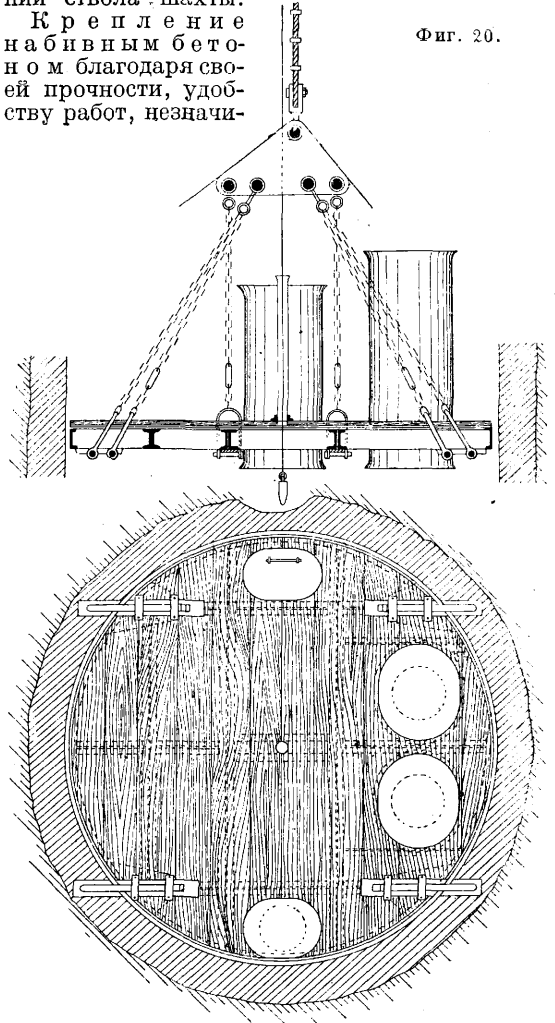
Фиг. 19.

бетонитов и породой в целях водонепроницаемости заполняется слоем глины толщиной 250 мм. С той же целью водонепроницаемости передняя стенка торкретируется цементным раствором слоем в 3—5 мм. Бетонитовое крепление армируется железными круглыми стержнями диам. 12—15 мм, расположенными на расстоянии 200—500 мм один от другого. Пустоты между бетонитами, образованные для помещения в них горизонтальных и вертикальных стержней, заливаются цементным раствором состава 1:2. Т. к. опытами заграничной практики установлено, что холод вредно действует на затвердевание цемента бетонитовой кладки, то, чтобы предотвратить это явление, к раствору прибавляется 25—30% раствора хлористого кальция. С целью ускорения схватывания и затвердевания раствора к последнему кроме того добавляется 1—2% по объему раствора жидкого стекла. Веса бетонитов малого размера 210 кг и больших 480 кг. Расстояние между основными венцами 20—25 м. Согласно ориентировочной смете Шахтострой стоимость крепления бетонитами определяется сл. обр.: а) изготовление бетонитов: рабочая сила 60 коп. за шт., материалы 1 р. 40 к.; полная стоимость с накладными и прочими расходами одного бетонита 5 р. Стоимость 1 м³ кладки: бетониты 20 р., рабочая сила с трамбовкой глины 20 р. и прочие расходы 30 р., всего 70 р. Стоимость крепления бетонитами 1 м. Ш. определяется в 500 р. Необходимо

отметить существенные недостатки бетонитового крепления при недостаточно доброкачественном материале, напр. глинистом песке, что имеет место на КМА; прочность такого крепления оставляет желать много лучшего. Кроме того благодаря многочисленным стыкам в этой кладке достигнуть совершенной водонепроницаемости ее очень трудно. В качестве примера можно указать на одну из буроугольных Ш. Об-ва Кольбе (Германия), пройденную способом замораживания и закрепленную бетонитами в аналогичных же условиях с Ш. КМА. По оттаивании Ш. приток воды через это крепление достигал 40—50 л/мин на всем протяжении ствола шахты.

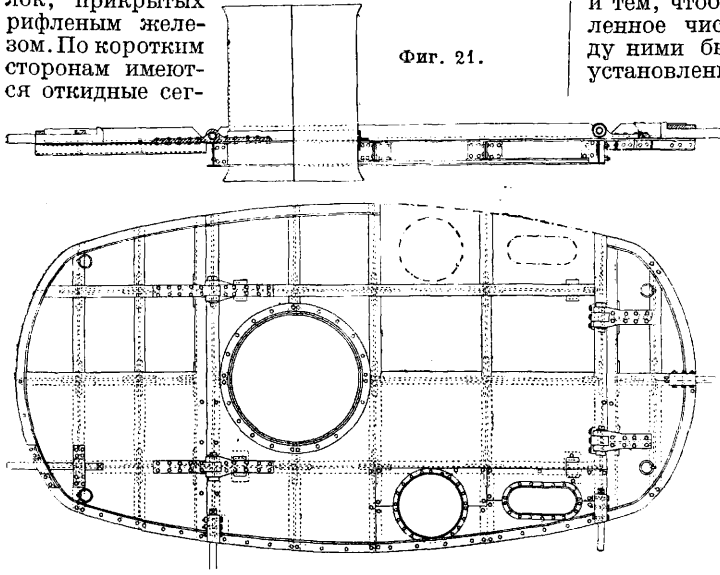
Крепление набивным бетоном благодаря своей прочности, удобству работ, незначи-

Фиг. 20.



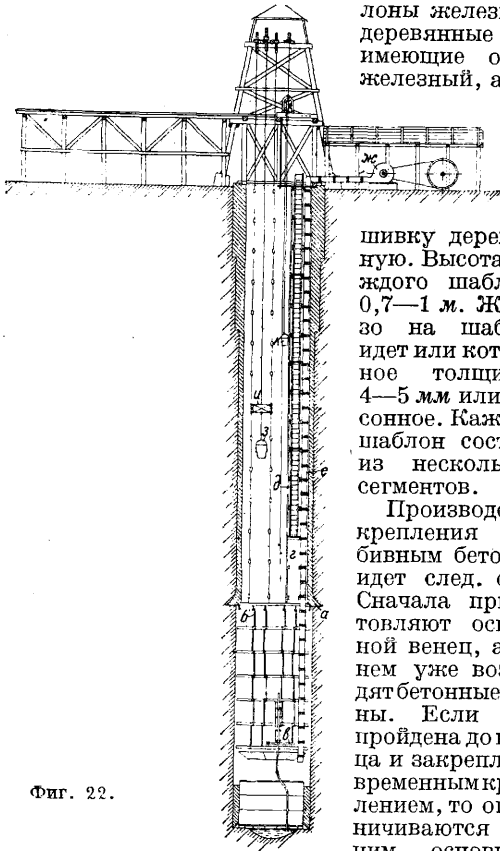
тельной толщине стен имеет наибольшее применение. Обычно для составления бетона берется 1 ч. цемента (по объему), 3 ч. песка и 4 ч. щебня. Бетон приготавливают на поверхности или ручным способом или в бетономешалках; в Ш. он подается в слегка смоченном виде и уже в Ш. доводится до требуемой консистенции; чаще же всего бетон подается в Ш. в готовом виде в обыкновенных или специальных различного устройства бадьях, иногда и по трубам. Полки, с к-рых производится работа, деревянные, а чаще железные, имеют различные устройства. На фиг. 20 показан полук, применяемый при креплении Ш. круглого се-

чения, а на фиг. 21 показан железный полка для бетонирования Ш. криволикого сечения. Рама полка состоит из железных двутавровых балок, прикрытых рифленным железом. По коротким сторонам имеют откидные сег-



Фиг. 21.

менты на шарнирах. Для установки полка на той или иной высоте устроены выдвижные пальцы. При бетонировании применяют шаблоны железные, деревянные или имеющие остоу железный, а об-



Фиг. 22.

шивку деревянную. Высота каждого шаблона 0,7—1 м. Железо на шаблон идет или котельное толщиной 4—5 мм или фасонное. Каждый шаблон состоит из нескольких сегментов.

Производство крепления набивным бетоном идет след. обр. Сначала готовят основной венец, а на нем уже возводят бетонные стены. Если Ш. пройдена до конца и закреплена временным креплением, то ограничиваются одним основным

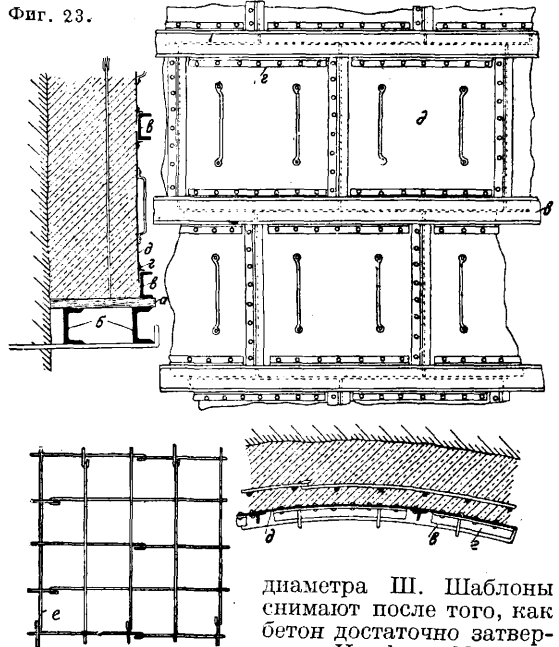
венцом; в большинстве же случаев бетонирование производят звеньями сверху вниз, а самое звено бетонируют снизу вверх. Величина звеньев, бетонируемых зараз, зависит от

твердости пород и общего хода работ как по проходке шахты, так и закреплению ее. При выборе высоты звена руководствуются также и тем, чтобы по высоте его уложилось определенное число расстрелов и расстояния между ними были такие же, как и между ранее установленными. Основной венец, если можно, возводят на более твердой породе (песчаник, песчаный сланец).

Сначала распирают стенки Ш. и выравнивают забой, затем устанавливают шаблоны и все пространство за ними вплоть до стенок выработки бетонируют. Для лучшей связи бетона с породой и большей прочности бетона иногда пробуривают несколько шпуров, вставляя туда железные стержни, а в бетон заделывают куски старого железа, рельсов, старые провололочные канаты и пр. На основном венце возводят стены, толщина к-рых зависит от размеров Ш., крепости пород и других факторов; толщина эта варьирует от 20 до 60 см, иногда и больше. Бетон трамбуется слоями не более 20 см до тех пор, пока на его поверхности появится жидкость молочного

вида. Таким же порядком бетонируются и стены Ш. Для однородности бетона и равномерности распределения его за шаблонами наблюдают, чтобы каждые две последующие бады опирались на двух противоположных концах

Фиг. 23.



диаметра Ш. Шаблоны снимают после того, как бетон достаточно затвердеет. На фиг. 22 пока-

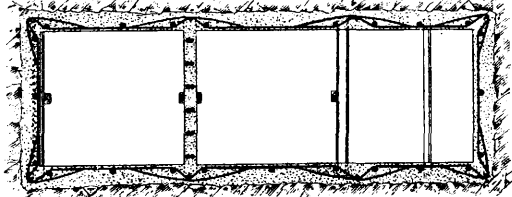
зана схема расположения работ при бетонировании Ш. Верхняя часть Ш. забетонирована, причем стены в наносных породах имеют большую толщину. Ниже основного венца а Ш. закреплена временной крепью б; на забое Ш. устроен полка, на нем расположены шаблоны и начато бетонирование. На нек-рой высоте устроен предохранительный полка, а еще выше—полка в, на к-ром стоит насос, откачивающий воду из приямка в забое Ш. В за-

бетонированной части III. отшито лестничное отделение *г* и установлены лестницы *д* (показана часть). Воздух подается по железной трубе *е* вентилятором *ж*, установленным в надшахтном здании. Бадья *з* с направляющей рамой *и* служит для подъема во время проходки; другая (меньшая, вспомогательная) бадья *к* без направляющих поднимается ручной лебедкой, установленной над III. Материал для бетонирования может подаваться бадьей *з* или же вместо нее бадьей специального устройства.



Фиг. 24.

Железобетонное крепление применяется при неравномерном давлении боковых пород; растягивающее усилие должен воспринимать на себя железный каркас, форма и прочность которого находятся в зависимости от давления пород и сечения III. Отдельные части каркаса связываются между собою проволочными петлями, крючками и т. п. На каркас идет железо (начиная от проволоки и до рельсов) чаще круглого сечения 5—25 мм толщиной, реже квадратное. Бетон д. б. жирным, щебень обычно не больше 5 см в диам., при частой сетке—не более 2—3 см. Железобетонное крепление вследствие присутствия железа в бетоне может иметь меньшую толщину, чем из набивного бетона. При производстве этого крепления временную металлическую крепь обычно не разбирают, а оставляют вместо каркаса. Железный каркас готовят ординарным или двойным; на фиг. 23 представлен ординарный каркас. Временный венец из брусев *а* покинтся на двух кольцах *б* из швеллеров; к другим кольцам *в* приклепывают при помощи уголков *г* опалубку из листового железа *д*. Каркас представляет собой сетку из прутьев *е* круглого

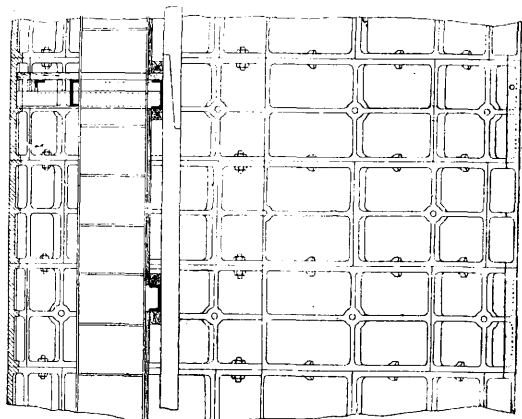


Фиг. 25.

железа в 2 см толщиной, концы к-рых для соединения их загнуты в виде крючков; прутья горизонтальных и вертикальных рядов связываются между собою мягкой проволокой. На фиг. 24 представлен двойной каркас сист. Брейля с устройством основного венца. На фиг. 25 показано железобетонное крепление III. прямоугольного сечения, ранее закрепленной деревом; толщина крепления осталась прежней. Производство работ идет в таком порядке: сна-

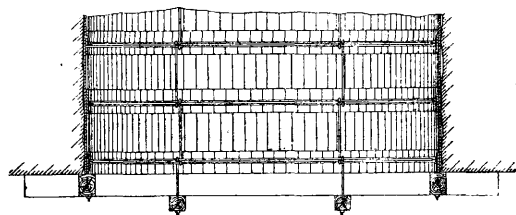
чала устанавливают железный каркас, а затем идет бетонирование обычным способом.

Металлическое крепление III. встречается сравнительно редко. Сначала устанавливают чугунный основной венец в виде кольца;



Фиг. 26.

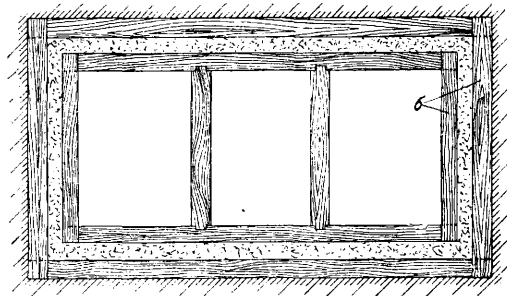
к нему по мере углубления III. подвешивают чугунные кольца, состоящие каждое из нескольких сегментов высотой 70 см и весом ок. 300 кг каждый. Закрайны сегментов обращены внутрь шахты (фиг. 26); соединение их—при помощи болтов, причем вертикальные швы располагаются вперевязку. Спуск сегментов в шахту производится при помощи скобы, подвешенной на канате; сегмент подводят к лежащему



Фиг. 27.

выше венцу и закрепляют; последний сегмент кольца заводят боком, для чего один конец заводят в подготовленную лунку. Промежутки между крестью и стенкой шахты заливают цементным раствором.

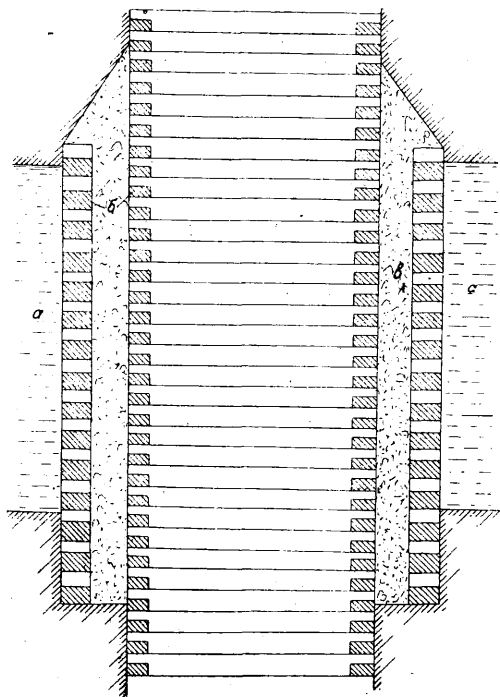
Временное крепление III. В виду того что при каменном креплении высота звеньев крепления большая (20—80 м), возникает



Фиг. 28А.

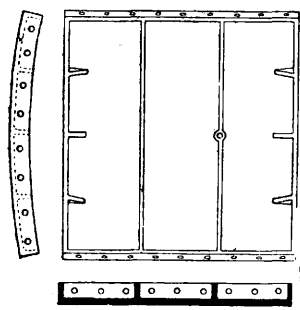
необходимость во временном креплении III., иначе может произойти обвал III. Это крепление возводится сверху вниз и делается из корбчатого или двутаврового железа или из

старых рудничных рельсов. Венец крепи имеет форму сечения Ш.; он состоит из отдельных частей (3÷8), соединенных различным образом: при помощи муфт, плоских накладок и болтов, коробчатых накладок и шпилек. Венцы крепи соединяются между собою длинными железными болтами, крючьями, железными стойками.



Фиг. 28Б.

Подвески из стальных канатов, цепей менее удобны, т. к. трудно достигнуть их равномерного натяжения. Число подвесок у верхних венцов, несущих нагрузку нижних, достигает 20, тогда как у нижних 6—10. Промежутки между отдельными венцами, расположенными обычно на расстоянии 1—1½ м друг от друга,



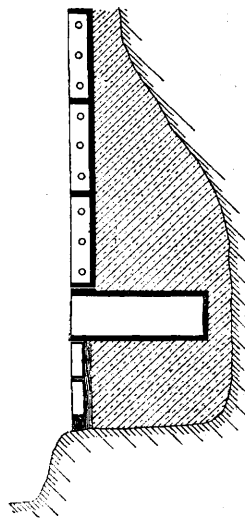
Фиг. 29.



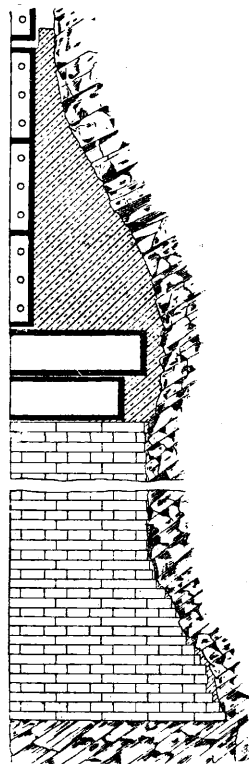
Фиг. 30.

Водонепроницаемое крепление применяется при пересечении сильно водоносных пород. Это крепление м. б. деревянным, каменным, бетонным и металлическим. При деревянном водонепроницаемом креплении поступают так. Пройдя водоносные породы, устанавливают основной венец. Промежутки между венцом и стенкой Ш. плотно забивают мохом; далее возводится обычным порядком сплошная венцовая крепь с соединениями в лапу. Про-

межутки между венцами и стенкой Ш. плотно утрамбовывают глиной, а щели между венцами заделывают мохом, паклей и заливают смолой. При прохождении сильно водоносных, но не чрезмерно пльвучих пород на нек-рых Ш. в США применяется способ крепления, указанный на фиг. 28А и 28Б (где а—водоносный пласт). Крепление состоит из двойной сплошной венцовой крепи б. На наружный сруб идут брусья сечением 300×300 мм и на внутренний—250×250 мм. Промежуток между срубами 100—150 мм заполняется хорошо утрамбованной глиной в. Преимущество каменного водонепроницаемого крепления состоит в прочности и быстроте работы; недостатки его—слишком большая толщина и невозможность при большом напоре воды достигнуть водонепроницаемости. Для бетонного водонепроницаемого крепления применяют очень жирный бетон—1:1:2 или 1:2:3. Бетонирование ведут слоями в 10—15 см; чтобы вода не размывала во время работы бетон, ее отводят по особым трубкам, к-рые



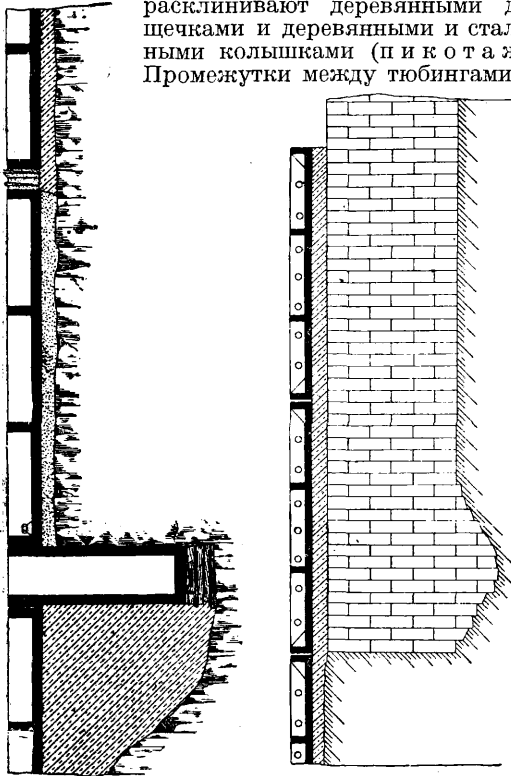
Фиг. 31.



Фиг. 32.

затем вынимают, а оставшееся отверстие прочно заделывают. Наиболее распространенным видом водонепроницаемой крепи является металлическая крепь (к ю в е л а ж), состоящая из особых чугунных или стальных сегментов (плит), называемых т ю б и н г а м и. Различают тубинги без вертикальных ребер—немецкие (фиг. 29) и с вертикальными ребрами—английские (фиг. 30). В первом случае тубинги тщательно пригоняют друг к другу и соединяют на месте при помощи болтов; все стыки прокладываются листовым свинцом. Англ. тубинги изготовляют без болтов; они расклиниваются между собою в швах мягким деревом, обычно еловыми клиньями. Крепление тубингами может идти снизу вверх отдельными участками или сверху вниз в виде подвесной крепи. На фиг. 31—34 ясно видно устройство водонепроницаемой крепи при помощи тубингов. При креплении снизу вверх иногда остается зазор между последним рядом тубингов и основным

венцом верхнего звена. В этом случае в этот промежуток вставляют соответственной величины отлитое кольцо, к-рое и снизу и сверху расклинивают деревянными дощечками и деревянными и стальными кольщиками (пикотаж). Промежутки между тубингами и



Фиг. 33.

Фиг. 34.

породой или каменной стенкой заполняют бетоном. В случае же подвешной водонепроницаемой крепи промежуток между нижним тубингом и стенкой Ш. расклинивают деревянными кольщиками, а затем заливают через особые отверстия в тубинге цементным раствором.

В последнее время для крепления начинают применять *торкретирование* (см.). Материалом для торкретирования служит бетон из цемента с песком или гравием крупностью 5—7 мм в отношении от 1:3 до 1:10. Иногда торкретируемую поверхность покрывают каркасом из железных проволок или продырявленных железных листов. Предельная длина шланга 200 м; давление сжатого воздуха 2,5—5 atm; давление воды, поступающей в сопло, д. б. больше давления в нем воздуха примерно на 1 atm. Для подземных работ цементную пушку (тектор) устанавливают на тележке вместе с компрессором и баком для воды; по рельсовым путям тектор может подвезиться к местам торкретирования. Торкрет-бетон при проходе Ш. в нек-рых случаях может заменять временное крепление.

Расчет шахтного крепления.

1) Крепление на бабках. Толщина d круглого крепления определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 p l a^2}{\pi h b}},$$

где p —давление пород в кг/см^2 поверхности Ш., l —расстояние между венцами (середина от середины), $2a$ —наибольший пролет венца, не подпертый расстрелами (чаще короткая сторона Ш.), h_b —прочное сопротивление материала крепления изгибу, равное (если все размеры в см) 60 кг/см^2 для сосны и 80 кг/см^2 для дуба.

2) Сплошное венцовое крепление. Толщина крепления для прямоугольного сечения определяется по ф-ле:

$$d = 0,9 \cdot 2a \sqrt{\frac{p}{h_b}}$$

или по эмпирич. ф-ле (на основании данных Донбасса):

$$d = 0,1 \sqrt[4]{Hl},$$

где H —глубина шахты в см; значение остальных букв прежние.

3) Круглое каменное крепление. Толщина стенки будет:

$$d = \frac{pR}{k-p} + \frac{150}{k},$$

где R —внутренний радиус Ш. в см, k —прочное сопротивление материала крепления на сжатие в кг/см^2 , $\frac{150}{k}$ —запас прочности. Более точная ф-ла:

$$d = R_0 \left(\sqrt{\frac{k}{k-2p}} - 1 \right) + \frac{150}{k},$$

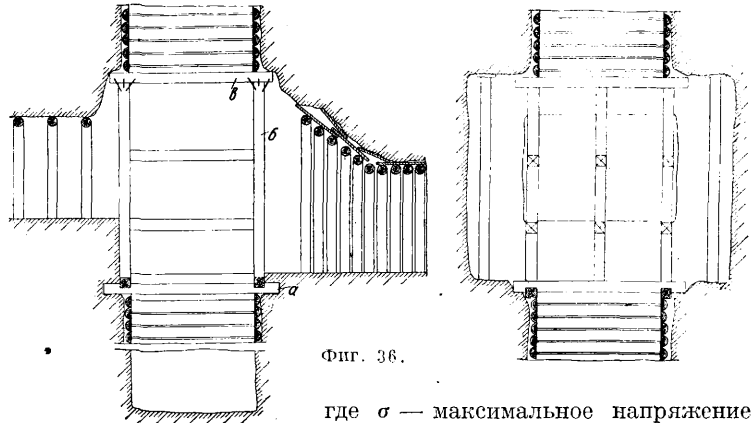
где R_0 —наружный радиус Ш.; значение остальных букв прежние. Полученную величину d можно проверить по эмпирич. ф-ле:

$$d = 0,007 \sqrt{DH} + 14 \text{ см},$$

где D —внутренний диам. Ш. в см; значение остальных букв прежние.

4) Крепление эллиптических Ш. Для расчета толщины крепления пользуются ф-лой Мауер-Мит'а, для эллиптических труб:

$$\sigma = \frac{pa}{d} + \frac{3p(a^2 - i_p^2)}{d^2},$$



Фиг. 36.

где σ —максимальное напряжение материала крепления на сжатие в кг/см^2 , a —большая полуось (b —малая полуось эллипса), i_p —радиус инерции; все размеры в см. При вычислениях по этой формуле необходимо пользоваться следующими данными:

$b : a$	$i_p : b$	$b : a$	$i_p : b$
1,000	1,000	0,643	1,278
0,985	1,008	0,500	1,503
0,940	1,032	0,342	1,982
0,865	1,077	0,174	3,521
0,788	1,153	0	—

5) Крепление овалных и криволиких Ш. При сечениях Ш., образованных дугами круга, каждую часть рассчитывают по ф-лам, приведенным в расчете круглого каменного крепления, беря за R и R_0 соответственные радиусы кривизны. Для овалного сечения с полуосями a и b радиусы кривизны R_1 и R_2 связаны след. ур-ем:

$$a(2R_2 - a) + b(2R_1 - b) = 2R_1R_2.$$

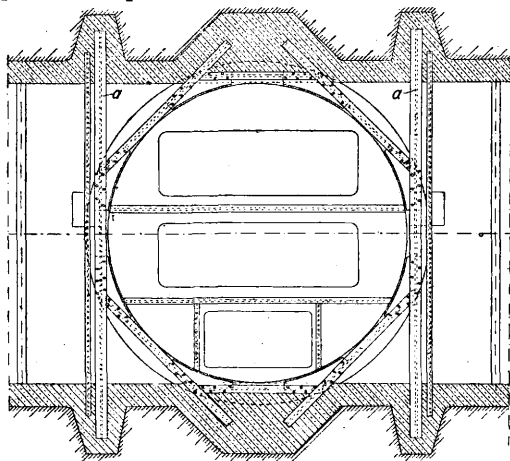
Задавшись одним радиусом, вычисляют другой, затем по ф-лам для круглого сечения вычисляют толщину стенки. Этот способ пригоден при равномерных давлениях на крепь. При неравномерных давлениях криволикие сечения рассчитывают, как пологие своды, а овалы, — как эллиптические, с учетом изгибающих моментов.

6) Расчет основных венцов (фиг. 35).

Ширина подошвы венца (в м) определяется по эмпирич. ф-ле

$$e = \frac{\delta h d}{50\,000\sqrt{f}},$$

где δ —вес 1 м³ крепления в кг, d —толщина крепления в м, h —высота звена в м, f —коэф. крепости породы.

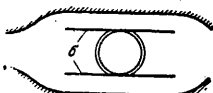


Фиг. 38А.

7) Водонепроницаемое крепление. Давление на крепь определяется по ф-ле

$$p = \delta H \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha - \varphi}{2},$$

где φ для воды равно 0 и δ равно 0,001 кг/см³. Для пльвунов φ равно 6—16° и вес 1 см³ = 0,0019—0,0020 кг. Для воды давление на 1 см² $p = 0,001 H$, для жидкого пльвуна $p = 0,0016 H$, более густого пльвуна $p = 0,0011 H$. Толщина стенок чугунной крепи d определяется по той же

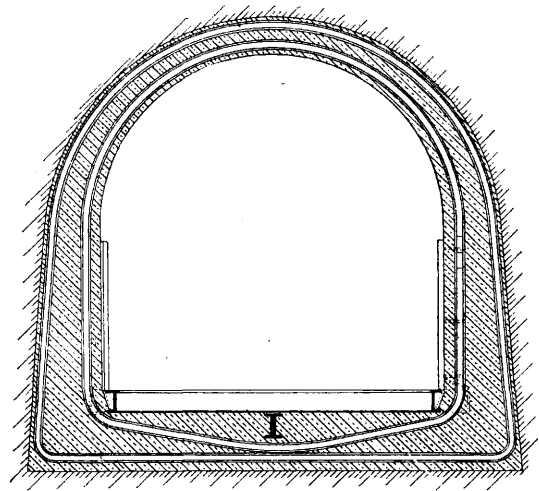


Фиг. 38Б.

формуле, как и для круглого каменного крепления, причем прочное сопротивление чугуна на сжатие k может быть принято в 600—900 кг/см². По ф-ле Chastelain'a толщина стенки (в см) $d = 0,9 + 0,0065 HD$, где H и D в м. По ф-ле Kegel'я толщина определяется так:

$$d = \frac{pD}{2(k-p)},$$

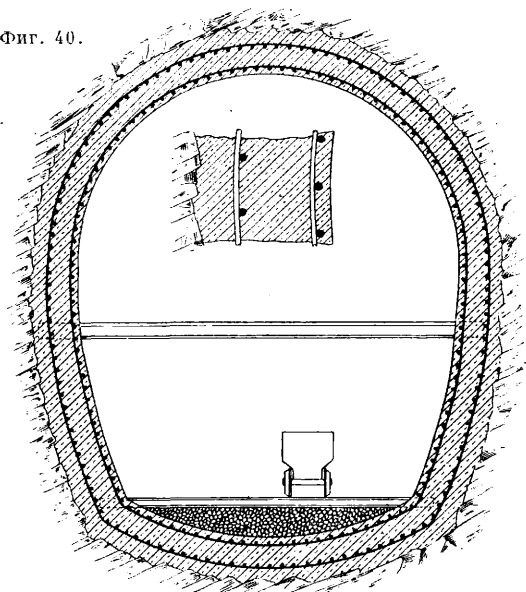
где D —диам. Ш. в свету в см, p —давление в кг/см², а k имеет прежние значение.



Фиг. 39.

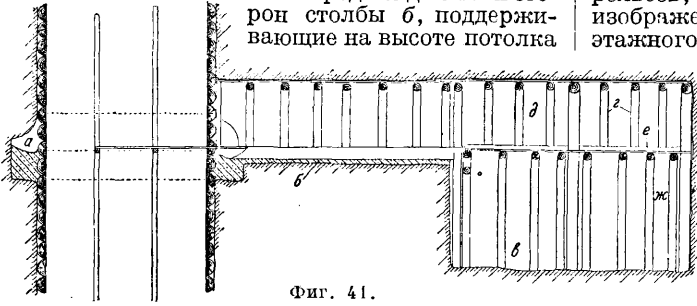
Крепление рудничных дворов и камер. Ввиду того что эти выработки обладают большими размерами и должны служить продолжительное время, они д. б. прочно закреплены. Для крепления их идут те же материалы, как и для

Фиг. 40.



крепления Ш. Ширина рудничных дворов обычно равна ширине Ш., высота их—3,6 м, а двухэтажных рудничных дворов—до 7 м. Высота эта выбирается с таким расчетом, чтобы удобно было разгружать клетки с рельсами, трубами, крепежным лесом. На фиг. 36 показан один из видов деревянного крепления рудничного двора. В месте примыкания рудничного двора к

Ш. устраивается т. н. станок след. обр.: на уровне пола рудничного двора укладывается рама *a*; на ней устанавливаются в шип по углам и по середине длинных сторон столбы *б*, поддерживающие на высоте потолка



Фиг. 41.

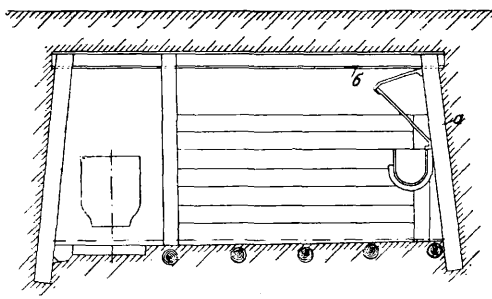
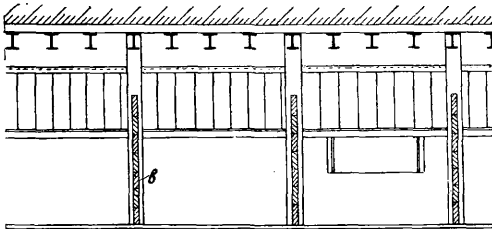
двора такую же раму *в*, к-рая держит на себе крепь Ш. Рама схвачена со столбами помощью болтов или железных скоб. По мере удаления от Ш. потолок рудничного двора понижается. Рудничные двсры крепятся обычно сплошными деревянными окладами с затяжкой кровли обалопами.



Фиг. 42.

Примером кирпичного крепления рудничного двора может служить крепление, показанное на фиг. 37.

На прямоугольный железный станок *a* опирается шахтная крепь; на кирпичные стены укладываются двутавровые железные балки *б*. Потолок заделывают обычно бетоном. На фиг. 38А и 38Б показано примыкание рудничного



Фиг. 43.

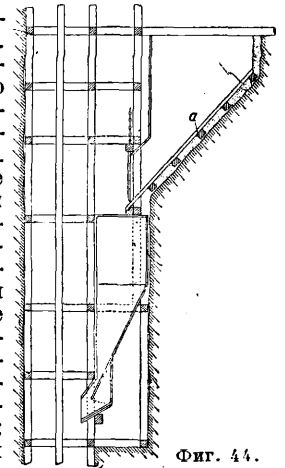
двора к Ш. круглого сечения. Ш. и рудничный двор закреплены бетоном; там, где оканчивается шахтная крепь, устроен плоский венец из двутавровых балок *a*, опирающийся на две параллельные бетонные стенки *б*, поддерживающие шахтную крепь. Железобетонное крепле-

ние рудничного двора показано на фиг. 39; оно состоит из двойных железных рам в виде полных дверных окладов, изготовленных из рельсов; рамы заделаны в бетон. На фиг. 40 изображено железобетонное крепление двухэтажного рудничного двора шириною 4 м и высотой 6,8 м.

К а м е р ы для насосов, для подъемных лебедок, двигателей механич. откатки, конюшен, камеры для компрессоров, электрич. подземные подстанции и др. закрепляются всевозможными видами крепления в зависимости гл. обр. от их размера и крепости окружающих пород. Деревянное крепление применяется для камер небольшого сечения, имеющих второстепенное значение и срок служ-

бы к-рых незначителен. На фиг. 41 показано крепление временной насосной камеры дубовыми дверными окладами. Вода со стен Ш. по бетонному колыду *a* и бетонному каналу *б* собирается в резервуар *в*; дверные оклады *г* насосного отделения *д* устанавливаются на помосте *е*, расположенном на перекладах *ж*. Крепление камер большого размера в слабых породах иногда производится сл. образом. Стены выкладывают из камня, потолок камеры устраивают из толстых бревен или ж.-д. рельсов, заделанных в

стены и подпертых каменными столбами с затяжкой из кругляков. Над потолком выбирается слабая порода до крепкой породы, и пустоту забучивают костровой крепью. На фиг. 42 показано смешанное крепление камеры для двигателя и направляющих шкивов круто-наклонного подъема; изогнутые железные балки *a* уложены на каменные и деревянные стены; затяжками служат рудничные рельсы *б*. Пример крепления конюшни приведен на фиг. 43: на деревянные стойки *a* уложены железные двутавровые переклады *б*; перегородки между стойлами — доски. На фиг. 44 показан один из видов деревянного крепления бункера для руды при больших вертикальных Ш. для подъема в скипах большой емкости; обшивка его прибавляется к основным брусам *a*, заделанным в бетон.



Фиг. 44.

Лит.: Браун Ф., Проходка вертикальных шахт, пер. с англ., М., 1930; Слесарев В., Проходка шахт в водоносных неустойчивых породах, М.—Л., 1932; Проходка шахт, сборник, Новосибирск, 1931; Справочник для проходчиков, под ред. А. Терпигорева, Харьков, 1931; Стоматиу М., Исследование вопроса о химическом способе укрепления горных пород и бетонной кладки, М., 1933; Групак Н., Цементация контактовой зоны шахты № 1 калийного треста, «ГЖ», 1931, 11; Heise F. u. Herbst F., Bergbaukunde, B. 2, 5 Aufl., B., 1932; H a t o n d e l a G o u p i l l i è r e, Cours d'exploitation des mines, P., 4 éd., t. 1, 1928; P e e l e R., Mining Engineers Handbook, N. Y., 1927; H a n d b u c h f r d e n d e u t s c h e n B r a u n k o h l e n b e r g b a u, hrsg. v. G. Klein T. 1, Halle a/S., 1927; B r o w n, Vertical Shaft Sinking, Lond n, 1927; B a n s e n H., Grubenaustau, 2 Aufl., B., 1909; R e d m a y n e R., Modern Practical in Mining, v. 2, The Sinking of Shafts, L ndon, 1909; R i e m e r J., Shaft-Sinking in Difficult Cases, London, 1907; см. также Рудничное крепление.

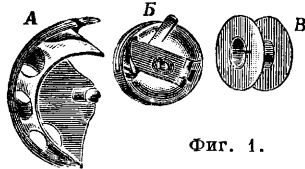
И. Мушено и Н. Групак.

ШАХТНЫЙ ПОДЪЕМ, см. Рудничный подъем.

ШВЕДСКАЯ МАТЕРИЯ принадлежит к группе одежных тканей, а по характеру своего переплетения относится к классу атласных тканей типа молескин, но наощупь мягче и нежнее последнего. III. м. вырабатывается трех видов: ровная—шириною до 138 см из пряжи (англ. номер) основы № 20 и утка № 24, средняя—шириною до 80 см из основы № 22 и утка № 26 и тонкая—шириною до 80 см из основы № 26 и утка № 32. Ткань работает на 8 ремизках, причем на лицевой ее стороне преобладают уточные нити в количестве $\frac{6}{8}$ частей раппорта переплетения, б. или м. плотно набитых (от 2 до 4 и более раз сравнительно с плотностью по основе), и только $\frac{2}{8}$ части основы выступают на лицевой стороне ткани. Ткань выпускается различных сортов. В отделке ткань окрашивается в различные гладкие цвета, преимущественно темные (черный) и реже в другие. Лицевая сторона тканей начесывается и благодаря этому они принимают вид сукноподобных и применяются в таком виде: ровная—для обивки мебели, экипажей и пр.; средняя и тонкая, которые между прочим и набиваются,—как платяная и брючная ткань.

С. Молчанов.

ШВЕЙНЫЕ МАШИНЫ, машины для механич. шивания различных материалов, идущих на изготовление белья, обуви, верхней одежды и т. п., начиная от легких хл.-бум. тканей и сукна и кончая тяжелой кожей и брезентом. III. м. выполняют кроме того все разнообразие сложных функций, встречающихся в производстве одежды и обуви, напр. изготовление петлиц для пуговиц, пришивание самих пуговиц, ажурную строчку, и являются т. о. незаменимыми орудиями производства как в швейной пром-сти, так и в быту. Соответственно своему назначению III. м. обычно разделяются на семейные, ремесленные и специальные, а по характеру механизма петлеобразования—на машины с качающимся челноком, центральнотшпульные, ротационные и крючковые. Машины с качающимся челноком (лодочкой), интересные как прототип современной III. м., значительно устарели и строятся только для домашнего обихода; работают от ручного или ножного привода и развивают до 700 об/м. на главном валу. К этому типу принадлежит III. м. 127-го класса. К центральношпульным машинам относится большинство нормальных современных швейных машин. Переплетение нитей производится здесь чашкообразным челноком (фиг. 1, А), на центральном стерженьке которого надет так наз. шпульный колпачок (фиг. 1, Б) с заключенной в последнем шпулькой (фиг. 1, В). Челнок, заключенный в корпусе хода, совершает качательные движения вокруг неподвижного шпульного колпачка. К недостаткам этих машин относятся: сложность конструкции передаточного механизма, значительные инерционные усилия, развивающиеся в результате периодич. колебательных движений, а вследствие этого и быстрый износ всей машины, и наконец сравнительно невысокий предел для числа оборотов (до 2 200 об/м.), уже не вполне удовлетворяющий требованиям современного швейного дела. Типичными об-



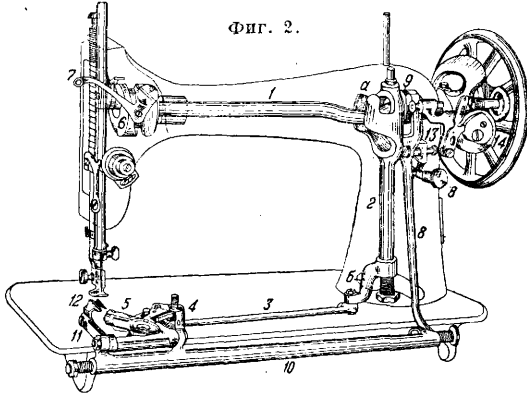
Фиг. 1.

разами центральнотшпульных машин являются: семейная машина 15-го класса полупромышленного значения—для бельевых работ,—получившая широкое распространение и в быту и в легкой пошивочной пром-сти и являющаяся предметом массового производства на Подольском государственном механич. заводе; ремесленные машины 31-го класса для работ по сукну и коже; петьельные автоматы 71-го класса для производства петлиц для пуговиц в бельевом материале. Характерной особенностью ротационных машин является непрерывно и обычно равномерно вращающийся круглый челнок в виде коробки. Передача от главного вала машины к валу челнока производится или специальной цепочкой или двумя парами конич. шестерен. Относительная простота передаточного механизма, отсутствие колебательных движений, а следовательно и динамич. усилий переменного знака, допускающее высокое число оборотов (3 500—4 000 об/м.), являются преимуществами ротационных машин. Крючковые III. м. без челночного устройства относятся к разряду специальных. Они отличаются большой сложностью кинематич. схем и разнообразием конструкций. Сюда относятся машины для зашивания заполненных мешков (с мукою, зерном и т. п.), дающие т. а м б у р н ы й ш о в—прочный, эластичный и легко распускаемый; машины для меха—однониточные—типа 46-го класса и др.

Обыкновенная нормальная III. м. состоит из следующих основных механизмов: 1) механизма движения челнока с челночным устройством, выполняющим функцию переплетения нитей; 2) механизма нитепритягателя, производящего затягивание образованной челноком петли, а также и подачу «верхней» нити с катушки; 3) механизма игловодителя, посредством которого игла в нужный момент прокалывает материал и проводит через последний верхнюю нить к носику челнока, образуя петлю («нижняя нить» подается со шпульки, заключенной в самом челночном устройстве); 4) механизма для продвигания ткани—транспортера; 5) приспособления для регулирования длины стежка, т. е. расстояния между двумя смежными уколами иглы, определяющего частоту строчки; 6) нажимного устройства в виде лапки, нажимного ролика и т. п. для зажимания прошиваемого материала. Конструктивные формы и кинематич. схемы отличаются большим разнообразием, модифицируясь в зависимости от назначения, мощности и быстроты машины. Специальные III. м., постепенно развившиеся из нормальных, включая обычно все вышеуказанные основные механизмы или некоторые из них, осложнены рядом добавочных устройств и приспособлений, соответствующих специализации машины и приобретающих доминирующее значение; так, в петьельной машине имеется механизм для прорубания ткани, особое устройство для обрезания нити и т. п. Сущность работы швейных машин и ее устройства легко выясняются на приводимых примерах.

Швейная машина 127-го класса с качающимся челноком-лодочкой семейного типа (фиг. 2). Механизм движения челнока состоит из главного колесчатого вала машины 1, вращающегося в подшипниках рукава, своеобразной пространственной кулисы, образованной искривленным коленом вала 1 и щеками а вертикального качающе-

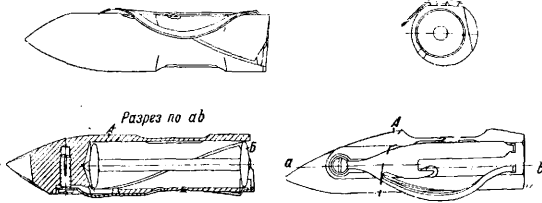
гося вала 2, четырехзвеного шарнирного механизма, составленного из отрезка б качающегося вала 2, дышла челнока 3 и двухколенного рычажного кривошипа 4, на к-ром закреплена каретка с челноком 5. Равномерное вращение главного вала машины 1 преобразуется в сложное колебательное движение вертикального вала 2, а от этого последнего (через шарнирный механизм)—в качательное движение



Фиг. 2.

челнока 5. В челноке заключена шпулька с запасом нижней нити, конец к-рой через отверстие челнока выходит наружу. Механизм нитепритягателя осуществлен в виде барабанного эксцентрика б с криволинейным желобком для ролика нитепритягательного рычага 7. При опускании ушка нитепритягательного рычага происходит подача нити с катушки, при быстром движении его вверх—затягивание уже образовавшейся петли. Барабанный эксцентрик применяется во многих конструкциях машин, рассчитанных на небольшое число оборотов,—семейных машинах 127-го и 15-го класса, тяжелых ремесленных 45-го класса и др.

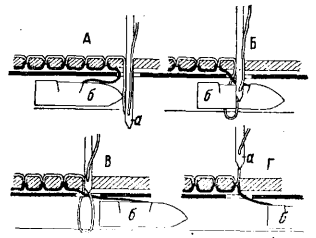
Механизм для передвижения ткани. Продольное перемещение двигателя ткани, или зубчатой гребенки, захватывающей материал, заимствуется от вилки 8, охватывающей вилочный эксцентрик 9 на заднем конце главного вала 1. Вилка 8 заставляет качаться вал 10, между ушками к-рого в центровых вилках шарнирно закреплен рычаг 11, несущий



Фиг. 3.

зубчатую гребенку 12, посредством к-рой и подается материал. Величина продольного перемещения гребенки, определяющая частоту строчки, зависит от амплитуды вертикального колебания вилки 8 и регулируется особым кулисным механизмом—т. н. регулятором строчки 13, состоящим из рамки, в прорезе к-рой ходит ролик, связанный с вилкой. Изменение амплитуды достигается изменением посредством регулировочного винта в угла наклона рамки регулятора. Машина 127-го класса, как и большинство нормальных Ш. м., дает обыкновенный двухниточный шов. Петлеобразование произ-

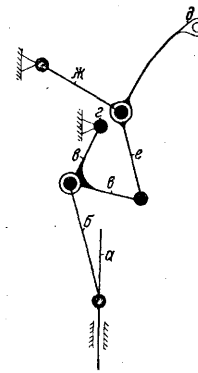
водится здесь качающимся челноком (фиг. 3, А), в к-рый вкладывается шпулька (фиг. 3, Б) с намотанной на ней нитью. Самый процесс образования шва показан на фиг. 4.



Фиг. 4.

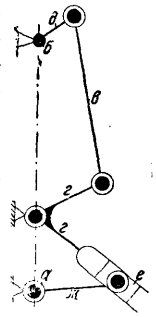
Входящая нить, указанная белым, сматывается с катушки и протодается через ушко иглы а. Нижняя нить поступает со шпульки, заключенной в челноке б. Фиг. 4, А соответствует тому положению, когда игла, проколов материал, опустила до крайнего нижнего своего предела, а челнок своим острым носиком начинает задевать петлю, стремясь проскользнуть между нитью и иглой. На фиг. 4, Б показано то положение, когда челнок уже наползину вошел в расширенную петлю, а игла начала медленно приподниматься. На фиг. 4, В нижняя нить уже продернулась через петлю, игла движется вверх, а челнок приближается к своему крайнему положению. Последнее положение (фиг. 4, Г) соответствует моменту затягивания петли.

Типичной центральношпульной Ш. м. является ремесленная машина 31-го класса для работ по сукну и коже. Механизм нитепритягателя (фиг. 5)—шарнирный четырехзвенный—в противоположность барабанному типу (фиг. 2) нитепритягателя семейных и других тихоходных машин. Игловодитель а приводится в возвратное движение шатуном б от кривошипа в, сидящего на главном валу г; ушко д нитепритягателя является продолжением дышла е четырехзвеного шарнирного механизма в, е, жс.



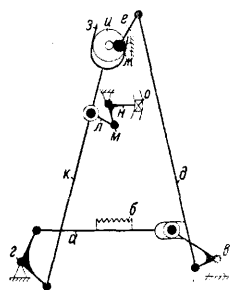
Фиг. 5.

центральношпульных машин комбинации из двух элементарных механизмов—простого четырехзвеного, образованного дышлом в, одной стороной кулисы г и коленом д главного вала б, и кулисного с большим крейцкопфом е (иногда в форме ролика), скользящим в прорезе кулисы г и сообщающим через посредство кривошипа жс качательное движение валу челнока а. На конце вала челнока закреплен так наз. двигатель, сообщающий челноку определенные углы поворота в ту и другую сторону. Продвижение ткани производится весьма сложным многозвеном механизмом (фиг. 7) с двумя парами скользящих. Рычаг двигателя ткани а, несущий зубчатую гребенку б, получает движение с двух сторон: 1) от качающегося вала в для подъема и опускания и от вала г для продольного перемещения. Колебания первого вала в производятся дышлом д, работающим от колена е главного вала жс. Второй вал г качается от



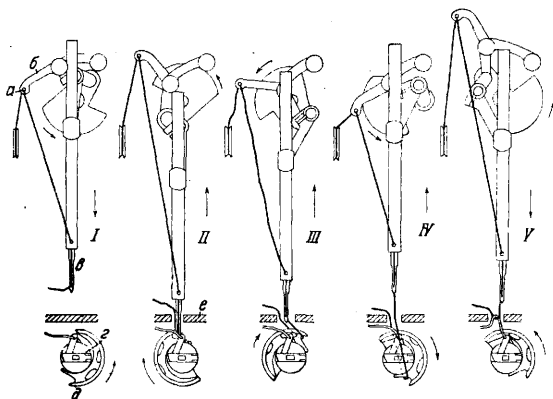
Фиг. 6.

вилки 3, охватывающей сидящий на главном валу *ж* машины эксцентрик *и* и составляющей продолжение дышла *к* четырехзвенного механизма *з*, *к*, *л*, имеющего вторую неподвижную точку *м* в шарнирном рычаге *н* регулятора строчки. Амплитуда продольных колебаний вилки 3 изменяется перемещением точки опоры *м* посредством вращения коленчатого рычага регулятора строчки *н*, фиксируемого в требуемом положении головкой винта *о*. Величина продольного колебания дышла *к* определяет величину продольного перемещения гребенки *б*, а следовательно и частоту строчки.



Фиг. 7.

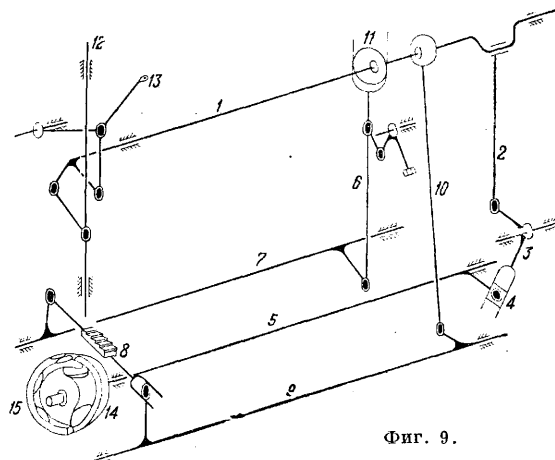
Процесс петлеобразования в центральношпульных Ш. м. несколько отличается от описанного выше для Ш. м. с качающимся челноком. Через нитеводительное отверстие *а* (фиг. 8) рычага нитепритягателя *б* и ушко иглы *в* пропущена верхняя нить (изображенная на фиг. 8 черным). Нижняя нить (на фиг. 8 белая) выходит из шпульного колпачка *г*. В положении *I* игла приближается к материалу, а челнок своим носиком *д* начинает поворачиваться к игле. В положении *II* игла, проколов материал *е*, опустилась до нижнего своего предела. Челнок, успевший тем временем повернуться более чем на 180°, меняет направление движения и подходит своим носиком к игле, готовясь захватить небольшую образовавшуюся петельку. Положение *III*—челнок, продолжая вращаться в том же направлении, удлиняет захваченную петлю. Положение *IV*—челнок расширяет петлю, обводя последнюю вокруг шпульного колпачка, т. е. нижняя нить оказывается захваченной в середину петли. Нитепритягатель подает верхнюю нить с катушки. Положение *V*—челнок сбрасывает петлю и меняет



Фиг. 8.

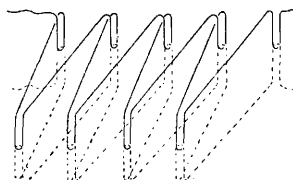
направление вращения. Ушко нитепритягателя, двигаясь вверх с большим ускорением, вытягивает нить и затягивает петлю. Игла начинает опускаться, готовясь к новому проколу. В это время происходит перемещение материала от механизма подачи на расстояние, равное длине стежка. На фиг. 9 изображена общая схема механизма центральношпульной машины: 1—главный вал, 2—дышло, 3—угловой рычаг с кулисой, 4—крейцкопф, 5—вал челнока, 6—вилка, 7—качающийся вал для про-

дольного перемещения рычага двигателя ткани (транспортера), 8—рычаг двигателя ткани, 9—качающийся вал для подъема рычага 8, 10—



Фиг. 9.

дышло, 11—эксцентрик, 12—игловодитель, 13—рычаг нитепритягателя, 14—двигатель челнока, 15—челнок. Во многих специальных машинах — петельной, закрепочной, зигзаг-машине и др.—игла кроме возвратно-поступательного движения вверх и вниз имеет еще поперечное перемещение, которое, слагаясь с продольным



Фиг. 10.

продвижением прошиваемого материала, дает своеобразную зигзагообраз-



Фиг. 11.

ную строчку. Осуществляется это тем, что игловодитель движется не в постоянных направлениях рукава, а в качающейся от особого механизма рамке. На фиг. 10 изображен в перспективе шов обыкновенной петельной машины с переплетением верхней и нижней нити; фиг. 11 представляет зигзагообразную строчку краевой машины для сшивания материалов впритык.

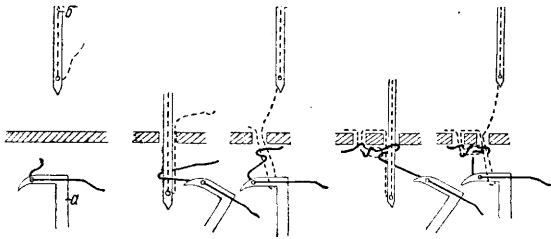
Примером специальной крючковой машины без челночного устройства может служить нем. машина Union Special для зашивания заполненных мешков с мукой, зерном и т. п. Машина дает т а м б у р н ы й ш о в, очень прочный, но легко распускаемый (фиг. 12); на фиг. 13 изображено относительное движение крючка *а* и иглы *б*, необходимое для образования стежка.



Фиг. 12.

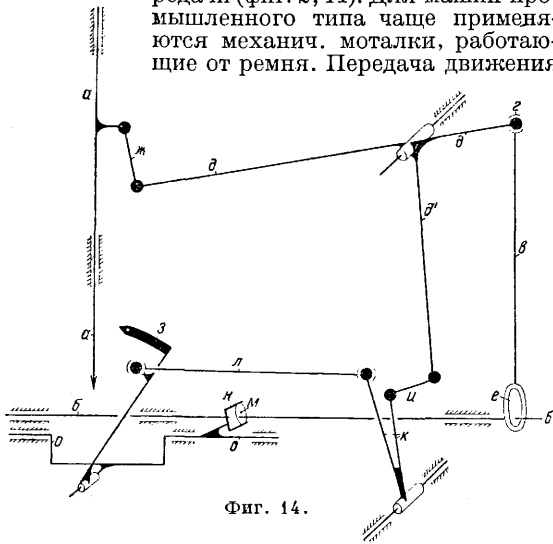
На фиг. 14 показана упрощенная кинематическая схема самой машины. Игловодитель *а*—*а* получает движение от непрерывно вращающегося главного вала *б* через комбинацию двух механизмов—одного, кривошипно-шатунного простейшего с дышлом *в*, верхняя головка которого посредством шарового шарнира *з* соединена с концом коромысла *д*, а нижняя охватывает шаровой же эксцентрик *е*, и другого плоского четырехзвенного механизма, представляющего своеобразную модификацию кривошипно-шатунного, где ползунном является сам игловодитель *а*, а роль дышла выполняет короткая серьга *ж*. Швейный крючок *з* с продетой

нитью описывает сложную пространственную кривую, находясь то по одну то по другую сторону от иглы. Он получает свое движение одновременно и от коромысла d через шарнирный механизм d', u, k и дышло l с двумя шаровыми шарнирами и от второго эксцентрика m , качающегося посредством вилки n и коленчатый вал o , шарнирно связанный со швейным крючком.



Фиг. 13.

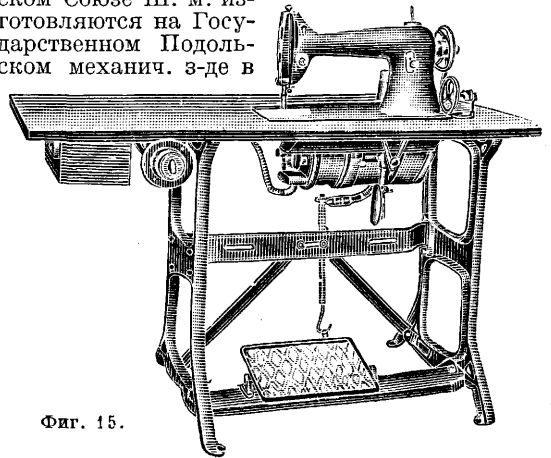
Необходимой принадлежностью Ш. м. является приспособление для механич. наматывания нити на шпульку — т. н. моталка. Конструкции моталок отличаются большим разнообразием. В Ш. м. семейного типа (127-го, 15-го класса и др.) моталка закрепляется на рукаве машины у махового колеса. Шпулька челнока, на которую требуется намотать нить, садается на шпиндель или закрепляется в центрах и приводится в быстрое вращение от небольшого фрикционного шкивочка с резиновым ободом, прижимаемого к маховику машины. Продольная намотка нити производится нитенаправительным рычажком, получающим медленное возвратное движение от небольшого кардиоидального эксцентрика, который приводится во вращение посредством червячной передачи (фиг. 2, 14). Для машин промышленного типа чаще применяются механич. моталки, работающие от ремня. Передача движения



Фиг. 14.

к Ш. м. осуществляется различными способами. Ш. м. семейного назначения приводятся в действие обыкновенно вручную посредством так наз. ручного привода, состоящего из пары цилиндрич. шестерен, позволяющих сравнительно медленное вращение руки трансформировать в быстрое вращение главного вала. Наряду с этим широкое распространение получил и ножной привод, состоящий из шатунной и простой ременной передач, приводимых в движение от подножки. На швейных ф-ках и в пошивоч-

ных мастерских Ш. м. обыкновенно работают от группового электрич. привода, хотя в последнее время и заметно стремление перейти на индивидуальный электрич. привод (фиг. 15), представляющий несомненные преимущества в смысле экономии энергии. Семейные машины лучших марок давно уже выпускаются с индивидуальными моторчиками штепсельного типа, работающими от осветительной сети. Ш. м. является одним из самых распространенных орудий производства. Можно полагать, что в настоящее время общее количество работающих Ш. м. (во всем мире) превышает 50 000 000. Соответственно массовому потреблению и само производство Ш. м. носит ярко выраженный массовый характер. Главное производство Ш. м. сосредоточено в Америке на з-дах Зингера, где изготавливаются многие десятки классов и сотни разновидностей семейных, промышленных и узкоспециальных машин. Почти все европ. производство Ш. м. падает на Германию; наиболее известными фирмами являются: Naumann, Pfaff, Adler, «Union», «Phönix». В Советском Союзе Ш. м. изготавливаются на Государственном Подольском механич. з-де в

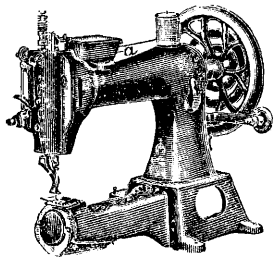


Фиг. 15.

Московской обл. Основной продукцией з-да являются семейные Ш. м. 15-го и 127-го класса (в среднем 450 000 в год) и ремесленные машины 31-го класса.

Советская швейная пром-сть, бурно развившаяся за последние годы, начинает предъявлять все больший спрос на Ш. м., в особенности на специальные. Скорейшее освобождение от импорта и создание собственного специального швейного машиностроения являются поэтому неотложной задачей. В основном оборудовании наших швейных ф-к зингеровские типы Ш. м. до сих пор еще преобладают. Широко известна и до сих пор применяется и классификация Ш. м., выработанная Зингером. Следующие классы Ш. м. имеют наибольшее распространение в нашей швейной пром-сти. Швейная машина 31К15 (центральношпульная) — одна из распространеннейших машин на наших ф-ках для работ по сукну — служит для изготовления верхней одежды. Механизм нитеприятателя — шарнирного типа. Наибольшее расчетное число оборотов главного вала 2 200 в мин. Дает обыкновенный ординарный двухниточный шов. Самая редкая строчка — 6 стежков на один дм. Работает обыкновенно от общей трансмиссии, реже от ножного привода. Является предметом крупно-серийного производства на Подольском механич. з-де. Швейная машина 31К18 — одна из ходовых ма-

шин легкой кожевенной швейной пром-сти. От машины 31К15 отличается только устройством механизма продвижения материала. Вместо обычной нажимательной лапки применяется нажимное устройство с накатным роликом. Двигатель ткани (гребенка) заменяется зубчатым колесом, совершающим прерывистое вращательное движение в одном направлении. Изготавливается на Подольском механическом з-де. Швейная машина 16-го класса по конструкции и по характеру выполняемой работы близка к машине 31-го класса, по значительнее слабее последней. Нитепритягатель барабанного типа ограничивает наивысшее число оборотов 1 600 в мин., поэтому эта машина обычно применяется в качестве ремесленной. Машина 96-го класса—ротационная, т. е. с непрерывным круговым вращением челнока. Рассчитана на 3 000 об/м. Передача от главного вала—гибкая с отношением 2 : 1, т. ч. вал челнока делает вдвое большее число оборотов. Машина предназначена для обыкновенных швейных работ. Швейная машина 15К26 (центральношпульная) является объектом массового производства (Подольский механич. з-д). Применяется гл. обр. как семейная машина. Находит применение и на швейных ф-ках для белешвейных работ. Число оборотов главного вала 800—900 в мин. Может работать как на тонком, так и на толстом материале—шелке, батисте, ситце и бязи. Барабанного типа нитепритягатель является слабым элементом конструкции. Машина 15К66 применяется на отбелочных ф-ках для сшивания материала. Цепной, легко распускаемый шов. Швейные машины 45-го класса применяются для работ по коже и брезенту. Механизм нитепритягателя—барабанного типа, как у всех тихоходных машин. Своеобразный барабанный челнок совершает качательное движение



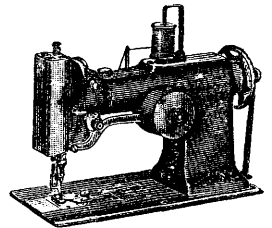
Фиг. 16.

в вертикальной плоскости. Шьют вошеной или просмоленной нитью; для промоклки служит характерная для этих Ш. м. коробка а (фиг. 16) с варом, располагаемая на рукаве. Существует несколько разновидностей этих машин. Машина 45К1 (с плоской платформой) применяется для обычных работ по коже и брезенту. Машина 45К48 предназначена для штопки мешков. Отличается цилиндрич. платформой. Машина 45К64 (фиг. 16) служит для пришивания подошв к подметкам.

Петельная машина 71-го класса служит для изготовления петлиц для пуговиц в белом материале с закрепкою по концам петли. Работает автоматически. По характеру челночного устройства принадлежит к центральношпульным машинам. Игла кроме возвратно-поступательного совершает еще и качательное движение. Машина снабжена механизмом для прорубания ткани и для обрезания нитей. Главный вал машины делает 1 500 об/м. Образование петли складывается из следующих элементов. 1) Продвигатель ткани подает материал вперед, игловодитель совершает колебательное движение, образуя на материале зигзагообразную строчку, и обметывает одну сторону

будущей петли. 2) После того как одна сторона петли обметана, продвигатель ткани вместе с закатым материалом останавливается, а игла, описывая широкий размах, делает на конце петли закрепку. 3) Продвигатель ткани начинает движение в обратном направлении, игла продолжает совершать колебания, но уже по другую сторону, т. к. продвигатель успел уже несколько сместить материал в поперечном направлении,—образуется вторая зигзагообразная строчка. 4) После того как и вторая сторона петли обметана, продвигатель опять останавливается, игловодитель с иглой делает снова широкий размах, образуя вторую закрепку. 5) Наконец специальный нож, все время находившийся над петлей, опускается и прорубает отверстие петли, как-раз по середине между строчками. 6) Цикл машины закончен, и ремень посредством особого сбрасывателя автоматически переводится с рабочего шкива на холостой. Машина снабжается набором ножей разной длины.

Пуговичная машина 69-го класса служит для пришивания плоских пуговиц к брюкам, рукавам и другим предметам, имеющим замкнутую полую форму, почему и устраивается с цилиндрич. платформой. Пуговицы м. б. различных размеров и иметь или два или четыре отверстия. Нормальное число оборотов при центральношпульном выполнении—1 000



Фиг. 17.

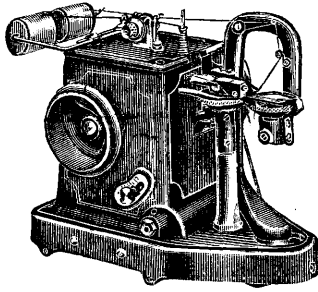
в мин. Главная особенность машины заключается в устройстве продвигателя материала и пуговицы. Для того чтобы пришить пуговицу, продвигатель ткани должен описать сложное движение по диагоналям, которое комбинируется из перемещений как вдоль, так и поперек платформ при помощи особого механизма с распределительным диском. Игловодитель с иглой совершает обыкновенное возвратно-поступательное движение, как в нормальных Ш. м., т. ч. весь процесс осуществляется только относительным движением пуговицы. Механизм нитепритягателя барабанного типа. В советской конструкции пуговичной машины применен принцип кругового вращения, а механизм нитепритягателя—шарнирный.

Зигзаг-машина 107W1 (фиг. 17) дает т. н. зигзагообразную строчку (см. выше). Служит для производства верхнего и нижнего платья, белья, шляп, перчаток, подтяжек, чулочного товара и трикотажных изделий. Эта швейная машина—ротационная и имеет гибкую передачу с главного вала машины. Игловодитель кроме возвратно-поступательного совершает еще и качательное движение, определяющее ширину зигзага. Производительность машины—до 2 500 стежков в минуту. Ширина зигзага—до 7/32" (5,6 мм).

Машины 72W служат для образования ажурной строчки; представляют собой двухигольные, ротационные Ш. м. с двумя челноками. Производительность—до 1 300 стежков в мин.

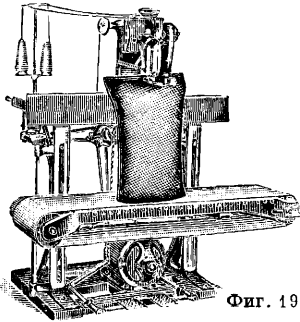
В меховой пром-сти для сшивания шкур широко применяются машины 46-го класса (фиг. 18)—46К25, 46К26 и 46К27—своеобразной коромысловой конструкции, чисто кривокольного типа. Эти Ш. м. дают однониточный или двухниточный шов; игла у них горизонтальна; про-

движение материала производится двумя рифлеными дисками. Машины 46-го класса применяются также и при производстве перчаток.



Фиг. 18.

Для зашивания наполненных мешков (с мукою, зерном, рисом, солью, семенами, сахаром, цементом и т. п.) применяются специальные машины 104-го класса (фиг. 19). Машина работает совместно с конвейером-самотаской от общего электромотора постоянного или переменного тока. На мукомольных мельницах можно встретить описанную выше немецкую машину Union Special. Для шитья мешков под цемент, сахар, соль, муку, зерно и т. п. употребляются машины 92-го класса. Разнообразными классами Ш. м. далеко не исчерпывается все богатство существующих конструкций. Стремление удовлетворить всем многообразным требованиям специализированной промышленности привело к созданию узкоспециальных машин, приспособленных только для определенного рода работ. Характерные примеры: машины 25—53 (фиг. 20) предназначены для сшивания соломенной плетенки при производстве соломенных шляп; машины 17—28 — для штопки чулок, носков и вязаного белья; машины 11—24 — для обметывания круглых петель на мешках и брезенте; машины 5-го класса — для отделки кромок у одеял; машины 49-го класса — для плиссирования; специальные сапожные машины 58-го класса применяются для пришивания пуговиц к гетрам и т. д.



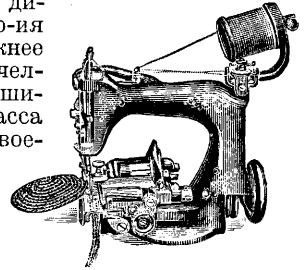
Фиг. 19.

Несмотря на чрезвычайную распространенность Ш. м. и более чем столетнюю историю ее развития отсутствует строгая теоретич. база швейного машиностроения. Объясняется это, с одной стороны, большой сложностью кинематич. устройства машины, а, с другой стороны, несомненно секретами конкурирующих фирм, производящих машины. Цель кинематич. исследований Ш. м. не ограничивается одним изучением рабочего процесса и взаимодействия деталей, главная задача кинематики — это строгий и исчерпывающий анализ влияния всех неизбежных погрешностей производства на работу машины в целом, задача тем более трудная, что приходится иметь дело со многими переменными, связанными сложными функциональными зависимостями. Существует два метода подсчета и исследования: графо-аналитический и аналитический. Графо-аналитич. способ исследуются скорости и ускорения отдельных точек механизма, аналитич. метод незаменим при определении угловых и линейных перемещений, траекторий и взаимного расположения рабочих точек, из взаимосвязи которых и образуется рабочий процесс. Так, про-

цесс петлеобразования определяется взаимным расположением носика челнока, ушка иглы и отверстия нитеприятателя. Механизм игловодителя в большинстве случаев строится по принципу обыкновенного кривошипно-шатунного и величина перемещения x его м. б. легко определена по общей ф-ле

$$x = r(1 - \cos \varphi) \pm \frac{r^2}{2l} \sin^2 \varphi, \quad (1)$$

где φ — угол поворота кривошипа, r — длина кривошипа, l — длина шатуна. Вторым членом пренебрегать нельзя, т. к. отношение $\frac{r}{l}$ часто бывает больше $\frac{1}{4}$. Скорости и ускорения иглы находятся простым дифференцированием ур-ия (1). Значительно сложнее механизмы движения челнока. В семейных машинах 127-го, 66-го класса и др. применяется своеобразная кулиса, образованная изогнутым коленом главного вала с шаровым яблочком и щечками вертикального вала 2 (фиг. 2 и 21, А).



Фиг. 20.

Дальнейшая передача — шарнирным механизмом 3—4. Если обозначим через r радиус колена (фиг. 21, Б), l — расстояние центра колена до оси вращения вертикального вала 2, φ — угол поворота главного вала, то угол ψ отклонения вертикального вала определится из соотношения

$$a = r \sin \varphi = l \operatorname{tg} \psi, \quad (2)$$

откуда

$$\psi = \arcsin \frac{r}{l} \sin \varphi. \quad (3)$$

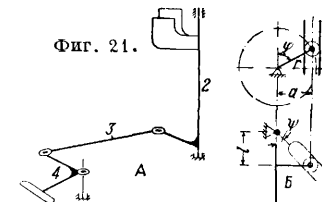
Положение носика челнока определяется теперь простым решением четырехшарнирного механизма 2, 3, 4. Вертикальный вал колеблется почти по синусоидальному закону; угловую скорость его можем найти, дифференцируя по t ур-ие (3)

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{dt} = \omega_1 &= \frac{r}{l} \frac{\cos \varphi}{1 + \left(\frac{r}{l}\right)^2 \sin^2 \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \\ &= \frac{r}{l} \omega \cos \varphi \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{l}\right)^2 \sin^2 \varphi}, \end{aligned} \quad (4)$$

где ω — угловая скорость вала машины = Const, а ω_1 — угловая скорость качания вертикального вала.

Угловые и линейные скорости самого челнока легче всего определить графически — путем построения планов скоростей для шарнирного механизма, связанного с вертикальным валом, причем угловые скорости ведущего звена будут переменными и определяться из кривой $\omega_1 = f(\varphi)$.

Механизмы движения челнока центральношпунтовых машин 31-го, 71-го и других классов обыкновенно приводятся к схеме фиг. 22 (см. также фиг. 6 и 9). Введя обозначения, указанные на фиг. 22, получим соотношения между углами φ — отклонения челнока — и γ — поворота главного вала — из следующих ф-л:



Фиг. 21.

$$m = \sqrt{r^2 + h^2 - 2rh \cos \gamma},$$

$$\sin \beta = \frac{r \sin \gamma}{m} = \frac{r \sin \gamma}{\sqrt{r^2 + h^2 - 2rh \cos \gamma}}, \quad (5)$$

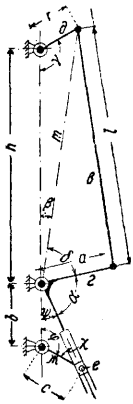
$$\cos \delta = \frac{a^2 + m^2 - l^2}{2am} = \frac{a^2 + r^2 + h^2 - 2rh \cos \gamma - l^2}{2a \sqrt{r^2 + h^2 - 2rh \cos \gamma}}, \quad (6)$$

$$\psi = 180^\circ - (\alpha + \beta + \delta),$$

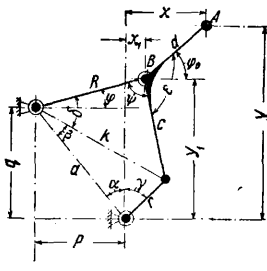
$$\sin \chi = \frac{b \sin \psi}{c},$$

$$\varphi = 180^\circ - (\psi + \chi) = \alpha + \beta + \delta - \arcsin \left[\frac{b}{c} \sin (\alpha + \beta + \delta) \right]. \quad (7)$$

Т. о. угол φ является ф-ией постоянного угла α , постоянных длин b и c и переменных углов β и δ , являющихся ф-ией размеров отдельных звеньев механизма, и угла γ поворота главного вала—см. ур-ия (5) и (6). Т. к. углы отклонения челнока имеют существенное значение для работы машины и допустимые пределы колебаний довольно узки, то просчеты необходимо производить не только по номинальным размерам частей, но и для измененных в соответствии с допускаемой неточностью обработки и износом величин параметров r , h , l , a , b , c и $\angle \alpha$. Угловые скорости челнока легко определяются из планов скоростей для шарнирного четырехугольника и кулисного механизма.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

Механизмы нитепритягателя отличаются разнообразием; в быстрходных машинах чаще встречается шарнирная конструкция, приводящаяся к схеме фиг. 23. Искомые величины—координаты x , y ушка A для нити. Траектория ушка представляет сложную кривую высшего порядка и проще всего определяется по точкам. Путь решения—геометрический.

$$k = \sqrt{a^2 + r^2 - 2ar \cos (\alpha + \gamma)},$$

$$\sin \beta = \frac{r \sin (\alpha + \gamma)}{k} = \frac{r \sin (\alpha + \gamma)}{\sqrt{a^2 + r^2 - 2ar \cos (\alpha + \gamma)}}, \quad (8)$$

$$\cos \delta = \frac{R^2 + k^2 - c^2}{2Rk} = \frac{a^2 + R^2 - c^2 + r^2 - 2ar \cos (\alpha + \gamma)}{2R \sqrt{a^2 + r^2 - 2ar \cos (\alpha + \gamma)}}, \quad (9)$$

$$\varphi = \alpha + \beta + \delta - 90^\circ.$$

Отсюда координаты точки x_1 и y_1 конца B качающегося рычага R (жс на фиг. 5) определятся из ур-ий:

$$x_1 = R \cos \varphi - p, \quad (10)$$

$$y_1 = R \sin \varphi + q. \quad (11)$$

Далее

$$\cos \psi = \frac{R^2 + c^2 - h^2}{2Rc} = \frac{R^2 + c^2 - a^2 - r^2 + 2ar \cos (\alpha + \gamma)}{2Rc} \quad (12)$$

и

$$\varphi_0 = \psi + \varphi + \varepsilon - 180^\circ.$$

Тогда координаты x и y ушка A определятся из ур-ий

$$x = d \cos \varphi_0 + x_1; \quad y = d \sin \varphi_0 + y_1,$$

где φ_0 , x_1 и y_1 —переменные, определяемые из ур-ий (8), (9), (10), (11) и (12), в ф-ии угла поворота γ главного вала и параметров p , q , a , R , c , d , r , $\angle \alpha$ и $\angle \varepsilon$, изменяющихся для данной конструкции лишь в пределах допуска. Решение производится для разнообразных комбинаций величин этих параметров. Решение пространственных механизмов специальных машин является одной из труднейших задач кинематического анализа.

Лит.: Михайлова А. и Русанов С., Швейные машины, М.—Л., 1929; Григорьев С., Швейная машина, Москва—Ленинград, 1927; Rollingher E., Der Nähmaschinen-Mechaniker; Cosmann, «Z. d. VDI», 1930, 15/II; «Deutsche Nähmaschinen-Zeitung», Bielefeld.
Н. Сумароков.

ШЕВИОТ, шерстяная ткань. Пряжу из полугрубой шевитовой шерсти (от овец шотландской породы) вырабатывают по камвольному способу прядения (гл. обр. английскому) и по аппаратному способу (более короткие сорта) в чистом виде или с примесью других видов шерсти и суррогатов. Ш. вырабатывают также из шерстей метисных, кроссбреда, цыгайской и т. п. Более тяжелые сорта шерсти идут на изготовление ткани для мужских костюмов и верхней одежды и вырабатываются гл. обр. из аппаратной пряжи № 8—12; более легкие сорта шевитоа из пряжи камвольного прядения № 1/32, 1/40, 2/32, 2/40 применяют для Ш., идущего на изготовление женской одежды. Ш. обычно вырабатывают *саржеей* (см.), но встречается Ш. и со сложным рисунком. Внешний вид Ш. большей частью слегка заваленный, но встречается он и с гладкой отделкой. Ш. выпускают окрашенным в темные цвета или в отбеленном виде (женская верхняя одежда, одежда для спорта и т. п.).

Н. Арманд.

ШЕЕЛЕ ЗЕЛЕНЬ, шведская зелень, минеральная краска, полученная шведским химиком Шееле; состоит из смеси мышьяковистомедной соли CuHAsO_4 с различными количествами гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Краску готовят из растворов медного купороса, мышьяковистонатриевой соли и едкого натра. Способ получения состоит в следующем. В небольшом баке растворяют при нагревании 75 кг медного купороса (не содержащего примеси железа) в 500 л воды; в другом баке, также при нагревании, растворяют 5÷15 кг мышьяковистой к-ты H_3AsO_3 (в зависимости от оттенка краски) в 17 кг кальцинированной соды. Оба раствора сливают затем при помешивании в большой чан емкостью 2500÷3000 л, наполненный до $\frac{1}{2}$ объема холодной водой. После осаждения мышьяковистомедной соли к прозрачной жидкости прибавляют остывший раствор едкого натра до полного осаждения оставшегося медного купороса в виде $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Растворы едкого натра получают или из каустич. соды или готовят непосредственно на самом з-де путем обработки гашеной извести раствором соды. Ш. з. в зависимости от соотношения составных частей может иметь самые разнообразные оттенки—от светлого до темного сине-зеленого цвета. Чистота краски определяется по виду излома; последний д. б. раковистым и блестящим. В продаже под названием Ш. з. также встречается краска, состоящая из смеси мышьяковистомедной соли с основной углекислой медью. Она получается в том случае, если вместо едкого натра применяется кальцинированная сода. Ш. з. отличается хорошей укрывистостью, прочностью к действию света и воздуха, но вследствие очень

сильной ядовитости в настоящее время применяется редко.

ШЕЕЛИТ, см. *Вольфрамовые руды*.

П. Черенин.

ШЕЛК, продукт выделения шелкоотделительных желез червя при завивке им кокона перед превращением его в куколку. Ш. называют также и другие волокнистые материалы, которые по внешнему виду и блеску напоминают собою нить шелковичного червя. В табл. 1

в особых зимовниках, имеющих определенную t° (ок. 0°) и определенную влажность. Весною, когда лист шелковицы начинает распускаться, грену кладут на оживление. Грена м. б. оживлена в комнатной t° на листе бумаги, но продолжительность этого способа и колебание t° помещения могут подействовать ослабляюще на оживляемую партию, поэтому рекомендуют оживлять грену искусственным путем в инкубаторе, к-рый представляет собой камеру с определенной t° ($20-21^{\circ}$) и влажностью (70%). Выход червей совершается утром, гл. обр. от 5 до 8 час. Как только черви начинают выходить, прогрызая скорлупу яйца, их необходимо собирать, для чего кладут поверх грены, рассыпанной на листе, кусочек тюля, а на него свежий молодой лист шелковицы. Червячки, почуяв запах листа,

Табл. 1. — Классификация шелка по Герцогу (А. Herzog).

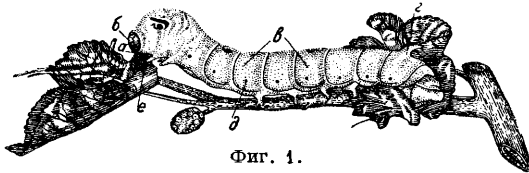
Растительного происхождения	Животного происхождения					Неорганич. происхожд.	Органич. происхожден.	
	Ш. гусениц		Ш. пауков	Ш. мол.-лосокв	Ш. рако-винный		Растительный	Животный
	*1	*2						
Волоски семян растений, произрастающих в субтропических странах и отличающихся блеском	Ш. культурного тутового шелкопряда	Ш. диких шелкопрядов	Ш. африканский	Ш. мадагаскарского паука	Ш. рако-винный	Стеклоплетенная нить	Растительный	Животный

*1 Кокон одиночной завивки.

*2 Кокон групповой завивки.

приведена классификация шелка по Герцогу. Наибольшее промышленное значение имеет Ш. культурного тутового шелкопряда (*Bombyx mori*), нек-рое значение имеет Ш. диких шелкопрядов, преимущественно туссоров и ямамай. Ш. раковинный и Ш. пауков, а также волокон, именуемые растительным Ш., имеют крайне ограниченное промышленное значение. Из видов искусственного Ш. исключительное промышленное распространение получил Ш. растительного происхождения, имеющий исходным материалом целлюлозу. Стеклоплетенная нить имеет очень ограниченное технич. применение. Искусственный Ш. животного происхождения применения не получил.

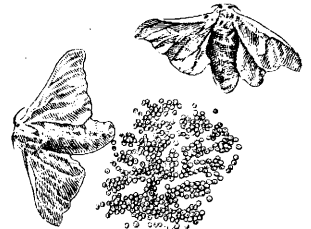
Тутовый шелкопряд (фиг. 1), являющийся главным производителем Ш., принадлежит к



Фиг. 1.

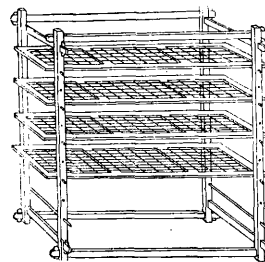
одному из 20 000 видов отряда чешуекрылых насекомых; а—нижняя губа, б—верхняя губа, в—брюшные членики, г—шип, д—дыхальца, е—жвала. Из яичка, отложенного летом бабочкой тутового шелкопряда, весной следующего года выдупливается червячок, который быстро растет, пожирает значительные количества листа шелковицы; созрев, червяк перед превращением в куколку завивается в кокон, который должен предохранить куколку от неблагоприятных внешних условий и врагов. Внутри кокона куколка превращается в бабочку, которая, вылетая из кокона, спаривается с самцом и откладывает яички, и процесс жизни червя повторяется. В настоящее время тутовый шелкопряд воспитывается исключительно в культурной обстановке—в комнате на этажерках, в диком состоянии он почти неизвестен. Яичко тутового шелкопряда—грена (фиг. 2)—представляет собою зернышко овальной формы, во время кладки желтоватого цвета, который меняется в голубовато-фиолетовый, затем в серый. В одном грене содержится 1 450—1 950 яичек. В течение зимы грена сохраняется

переползают через отверстия в тюле наверх и м. б. вместе с тюлем сняты и перенесены в другое место. Так как шелководство является занятием сезонным, временным и помещение для него требуется на 5—6 недель, то обычно специальных червоводен не устраивают. В некоторых районах Франции (в Севеннах) встречаются у крестьян специальные постройки для червецормления. Рационально построенная червоводня должна иметь достаточную кубатуру ($2,5-3 \text{ м}^3$ на 1 г грен), печь для отопления и поддержания t° в пределах $16-20^{\circ}$, приточную и вытяжную вентиляцию; t° ниже 16° задерживает развитие червей и вредно действует на них, выше 20° она вызывает болезни и чрезмерно быстрое развитие червей; при высокой t° черви, завивая кокон, слишком быстро выделяют Ш., и шелковичная нить получается толстой и грубой. Влажность в червоводне держат в пределах 70—75%; освещение д. б. умеренным; прямой солнечный свет вреден и не должен падать на червей. Ежегодно перед выкормкой червей червоводню необходимо дезинфицировать путем белиения стен известью с прибавлением формалина,



Фиг. 2.

опрыскивания стен формалином или сжигания в помещении формалина или серы; при этом необходимо герметически закрывать помещение на несколько дней. Для кормления червей, выдупившихся из одного г грен, необходима площадь не менее $1,7 \text{ м}^2$.

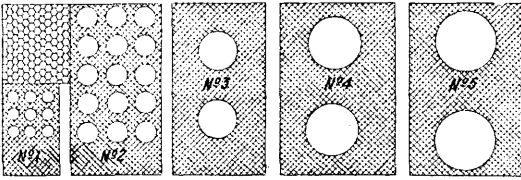


Фиг. 3.

В примитивных хозяйствах для этого употребляют плетения из камыша, доски, столы; кормление может производиться и на полу. В Японии в большом ходу бамбуковые полки. Для рационального ведения выкормки рекомендуют применение этажерок в 4 полки (фиг. 3) общей площадью в 6 м^2 . Полки представляют собою деревянные

рамы, на к-рых натянута веревочная сетка. Червяк растет быстро: длина его тотчас после вылупления—3,5 мм, перед первой линькой—6,5 мм, перед второй—12,4 мм, перед третьей—29 мм, перед четвертой—40 мм и перед пятой—73 мм. Габерланд предлагает давать в каждый период жизни червя для успешного черенормления верное больше места, чем он занимает: тотчас после вылупления—0,01 м², перед 1-й линькой—0,03 м², перед 2-й—0,1 м², перед третьей—0,33 м², перед 4-й—0,5—0,8 м², перед 5-й—1,5—2,2 м². Первый возраст продолжается 4—5 суток, 1-я линька—1—1½ суток; 2-й возраст продолжается 4 суток, 2-я линька—1—1½ суток; 3-й возраст продолжается 4—5 суток, 3-я линька—1—1½ суток; 4-й возраст продолжается 5—6 суток, 4-я линька—1—1½ суток; 5-й возраст продолжается 9—12 суток; всего 30—38 суток.

При кормлении на этажерках скученностью червей разрезают по мере роста посредством съемников (фиг. 4)—листа бумаги с отверстиями различной величины, в зависимости от воз-



Фиг. 4.

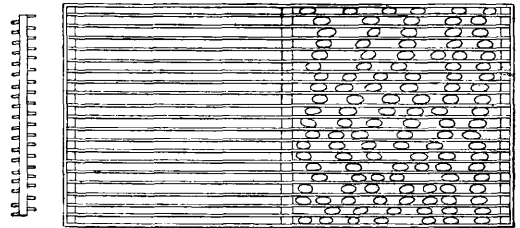
раста червей. На съемник кладут свежий лист шелковицы; черви переползают через отверстия съемника вверх; их переносят на другое место со съемником, производя при этом их разрежение; внизу остаются обеды и экскременты червей, а также слабые больные черви; все это выбрасывают и уничтожают. Главный вид корма червей—лист шелковицы, к-рая в диком виде встречается в Закавказьи, на Сев. Кавказе, Украине и в Ср. Азии; наиболее пригодной является белая шелковица с белыми плодами как менее страдающая от морозов; лучшими суррогатами шелковицы являются скорцонера (сладкий корень), лист маклюры, брусонечи, рами и одуванчика, но кормление ими не дало удовлетворительных результатов. В 1-ом, 2-ом, 3-ем возрасте лист дают резанный, в 4-ом и 5-ом—цельный; в 5-ом возрасте черви часто кормятся на ветках. На количество червей из 1 г грены расходуется до 35 кг листа.

Сбор и хранение листа имеют большое значение в шелководстве. Лист д. б. неповрежденным во время сбора и не должен начинать загнивать, обрывать его надо осторожно руками. Опытный рабочий собирает в день в открытые мешки или в корзины до 45 кг листа. Лист д. б. хорошего зеленого цвета, блестящий, хрящеватый, б. или м. упругий. Светлозеленый лист, содержащий менее питательных веществ, дает Ш. более тонкий, лист же зеленовато-бурый, суховатый, содержащий много питательных веществ, дает Ш. менее блестящий и более толстый. Лист дикой шелковицы считается более питательным, чем привитой; им рекомендуют кормить червей после линьки. Лист должен некое время вылежаться и не д. б. собираем в мокром виде. Лучшим временем сбора листа считаются утренние часы после восхода солнца и вечерние—перед закатом, при сухой погоде. Червь перед завивкой коконов (зрелый) отыскивает основу, где бы он мог начать вить свой кокон. Такой основой м. б. угол или другое сочетание нескольких плоскостей, к-рое позволило бы червю начать перекидывать шелковину от одной плоскости к другой. Для этой цели в черводстве употребляют особые приспособления—коконники, которые облегчают

червю эту работу. Коконники бывают различного устройства: устраиваются из прутьев, из стружек, из соломы, где червь может найти опору для завивки кокона, но лучшим коконником считается коконник Давриля, к-рый и получил наибольшее распространение (фиг. 5).

Завивка кокона начинается с того, что червь размашистыми движениями устраивает основу для кокона—плетенку, в к-рой и основывает кокон. Шелковинная нить кладется им петлями в виде восьмерок. Работа червя продолжается трое суток. Червь выпадает в 5-й сон, сбрасывает старую шкурку, линяет, превращаясь в куколку. За время от начала завивки кокона и до выхода из него бабочки червь уменьшается в весе приблизительно в четыре раза. Зрелый червь весит 4 г, бабочка 1 г. Эта потеря в весе происходит, во-первых, благодаря выпуску червем Ш., что составляет по весу приблизительно $\frac{4}{5}$ г, и, во-вторых, за счет тех жизненных процессов, к-рые происходят с червем, когда он находится в коконе. Для того чтобы выйти из кокона, бабочка смачивает стенку кокона щелочной жидкостью, находящейся в передней кишке; щелочь быстро размягчает ткань кокона, и бабочка выползает наружу. Выйдя из кокона, бабочки спариваются, после чего самка откладывает грену—яички, из к-рых следующей весной выходят черви. Одна самка откладывает в среднем 450—500 яичек, и для одного грены требуется 3—4 кладки. Грена микроскопируется, отмывается и сохраняется в течение зимы в погребе при определенной t°.

Органами червя, которые вырабатывают Ш., являются шелкоотделительные железы; их две и они идут по длине всего тела червя. Шелкоотделительные железы достигают у тутового



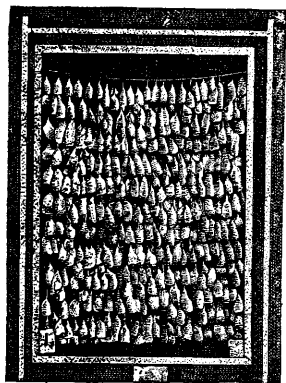
Фиг. 5.

шелкопряда больших размеров; их длина в вытянутом состоянии доходит до 40 см, в несколько раз превышая длину тела червя, и составляет $\frac{2}{5}$ его тела и по объему и по весу. Каждая из желез представляет собою длинную, извитую трубку, которая оканчивается в области задней кишки. В каждой железе различают три различные части. Задняя часть—железистая—сильно извита, она достигает в длину 15 см, имеет 12—15 извитков при толщине железы в 1 мм. Вторая часть—средняя—называется резервуаром. Резервуар имеет 3 колена. Длина резервуара 6—7 см, толщина стенки 2,5—3 мм. Третья часть железы—выводной проток—длиной 5 см служит продолжением резервуара. Выводной проток очень извилист, он очень тонок, примерно в три раза тоньше железистой части. В голове червя оба протока соединяются в один, оканчивающийся в шелкоотделительном сосочке нижней губы.

Стенка канала шелкоотделительной железы состоит из 3 слоев: поверхностного, среднего клеточного и внутреннего кутикулярного. Шелковое вещество вырабатывается клеточным слоем. Кутикулярный слой в выводном протоке железы представляется сплошным, а в первых двух ча-

ствя железы—в виде мелкого сита. Железы выделяют 4 вещества: собственно Ш., или фиброин, шелковый клей, или серицин, красящее вещество и слизь, или мукоидин. Фиброин выделяется железистой частью шелкоотделительной железы. Средняя часть—резервуар—на $\frac{2}{3}$ своей длины, снятая от железистой части, выделяет второе вещество—шелковый клей, или серицин, к-рый отлагается в виде толстой оболочки вокруг фиброина. В последней трети резервуара желочная масса, состоящая из фиброина и серицина, покрывается слоем слизи, или мукоидина. Из серицина добывают бастовое мыло. Выходя на воздух, фиброин свертывается и дает волокно; с ним происходит тот же процесс, что и с кровью; серицин твердеет на воздухе значительно медленнее, что дает возможность шелковине склеиваться с другими частями кокона и превратить кокон в одну компактную массу. Серицин, являясь необходимым для построения кокона, имеет в производстве значение как вещество, связывающее нить фиброина, усиливающее ее крепость, но нарушающее блеск шелковины и чистоту ее цвета. Червяк благодаря имеющемуся в средней части вынодного протока аппарату (волочильне) может регулировать выход нити и ее толщину, изменять толщину слоя клея, облегающего нить; червяк выпускает нить парную, причем обе отдельные шелковинки местами склеены, местами м. б. только сближены.

Большое значение для качества и количества Ш. в коконе имеют болезни червей во время их выкормки. Червь как животное, воспитанное в культурной обстановке и изнеженное, сильно подвержен заболеваниям. Наиболее известными болезнями являются: пибрина, флашери, желтуха, мускардина. Большинство из них является сильно заразными, часто уничтожающими целые выкормки червей. Пибрина является в то же время наследственной, так как тельца пибрины продолжают жить в яйце, откладываемом бабочкой. Вред, причиняемый пибриной, был в значительной степени уменьшен работами Пастера и предложенной им системой целлюлярного гренажа, состоящего в том, что каждая пара бабочек вместе с отложенной самкой греной изолируется в отдельном мешочке (фиг. 6). Тело бабочек растирается в ступке и при-



Фиг. 6.

готовленный препарат микроскопируется на присутствие телец пибрины. На племя оставляется лишь грена здоровых производителей. Несмотря на кажущуюся сложность способ не требует большой затраты времени; под микроскопом можно в день пропустить до 800 и более кладок. Этот способ является общепризнанным; на гренажных з-дах СССР грена приготавливается только целлюлярным способом.

К о к о н. Нить, выпускаемая червем, укладывается им в виде восьмерок в результате небольших движений взад и вперед его головы; 15—20 таких восьмерок образуют пакетик, к-рый червь производит в одном направлении. Размер пакетика 4×5 мм. Закончив один пакетик, червь несколько изменяет положение головы и приступает к работе второго; серицин, затвердевая на воздухе, склеивает пакетики в одну цельную оболочку. В среднем кокон состоит из 60 000 таких пакетиков, в каждом из к-рых 15—20 восьмерок. Червь завивает кокон непрерывно, а с остановками, благодаря чему в разрезе кокон представляется состоящим из ряда слоев, к-рые довольно рельефно видны в атласистых и слабых коконах и трудно различимы в нормальных коконах. Как толщина

отдельных слоев, так и толщина промежутков между слоями бывают весьма различные. Число слоев в коконной оболочке колеблется $10 \div 30$. В коконе легко различимы три слоя: 1) наружный, который не имеет еще достаточно правильного строения, не м. б. размотан и перед размоткой снимается в виде фризона, 2) средний слой, представляющий собою размазываемую часть кокона, 3) внутренний слой—пленка, к-рая имеет крайне тонкую нить и не вполне правильное строение и не м. б. домотана. По цвету коконы бывают: белые, серовато-белые, палевые, светложелтые, ярко-желтые, зеленые, розовые. Особенно разнообразны по окраске азиатские породы. Белый цвет представляет собою натуральный цвет фиброина при прозрачном серициновом слое. Окраска же в другие цвета дает красящее вещество, поступающее из крови червя, к-рое и окрашивает серицин; фиброин остается неокрашенным. Важна однородность окраски коконов, что обычно связано с их качеством. Форма коконов различна (см. *Коконмотание*). Коконы бывают сферич. формы, овальной, овальной с перехватом по середине, к-рая характерна для большей части европ. и нек-рых японских пород и имеет наибольшее распространение, а также коконы остроконечной формы (один конец кокона заострен), характерной для менее культурных пород: терской, нек-рых персидских и др. По величине коконы бывают весьма различны в зависимости от породы и от состояния выкормки. Длина кокона тутового шелкопряда колеблется $25 \div 42$ мм; ширина $14 \div 21$ мм, объем $4 \div 9$ см³. Наибольшей величиной отличаются коконы ближневосточных пород: кипрской, багдадской, хорасанской; коконы европ. пород имеют средние размеры; китайские и японские породы дают наиболее мелкие коконы. С величиной коконов изменяется и вес их, он колеблется для сырого кокона по данным проф. Тихомирова от 0,5 до 4 г. Средний вес хорошего европ. кокона 2 г, японского 1,4 г. Средний вес сухого кокона по данным Миланской лаборатории составляет: кутаисские коконы—0,636 г, туркестанские—0,563 г, персидские—0,586 г, китайские—0,298 г, пьемонтские—0,739 г. Мужские коконы мельче и легче, женские—крупнее, тяжелее мужских в $1,23 \div 1,31$ раза. Относительное содержание шелка в мужском коконе несколько больше, чем в женском; у женских коконов куколка тяжелее, и потому мужские коконы дают несколько больший выход шелку. Вес шелковой оболочки мужского кокона составляет 14—16% веса живого кокона, в то время как в женском коконе шелк составляет лишь 11—13%. В среднем можно принять для сырого кокона вес куколки 84,2% кокона, вес шкурки 0,45%, вес оболочки 15,35%.

При размотке использовать удастся 8—9%, в лучшем случае 10% от веса сырого кокона. Поверхность кокона, освобожденного отadora, представляет собою ряд бугорков и углублений. Эта неровность наружной поверхности, зависящая от породы кокона, называется зернистостью, или гранью; породы, имеющие большие коконы, бывают обычно крупнозернистыми. Зернистость д. б. правильной, определенно выраженной и мелкой по рисунку; она определяется числом бугорков на 1 квадратную единицу поверхности оболочки. С гранью кокона тесно связана и его плотность. Чем лучше грань, тем кокон плотнее. По плотности

стенки кокона обычно судят и о качестве его и количестве в нем Ш. В практике шелкового дела проба на плотность кокона производится сдавливанием его между двумя пальцами: большим и указательным. Плотность коконов можно определить в кг путем сжатия их на динамометре. Опыты, произведенные в Московском текстильном ин-те, показали, что плотность колеблется в среднем $900 \div 2\ 000$ г. Наибольшей плотностью обладает оболочка коконов пород асколи и итальянской, наименьшей — коконы багдадской породы. Водопроницаемость оболочки коконов характеризует ее поглощательную способность, весьма различную не только у разных пород, но и у отдельных коконов одной и той же породы и партии. Поглощательная способность кокона имеет большое значение для запарки, режим которой, т. е. t° воды и продолжительность запарки, определяется поглощательной способностью кокона: чем однороднее коконы в отношении водопроницаемости, тем правильнее протекает запарка. Поглощательная способность оболочки коконов определяется погружением их в горячую воду (93°) в течение 3 мин. при сливании затем в течение 15 мин. воды из сосуда, в котором находились коконы. Разница в весе коконов до погружения их в воду и после сливания воды определяет вес поглощаемой коконами воды. Водопроницаемость оболочки коконов в среднем (% поглощенной воды по данным б. Лаборатории технологии волокнистых веществ МВТУ) следующая: китайские белые — 171,73%, туркестанские — 146,15, китайские скрещенные желтые — 118,03, адрианопольские желтые — 125,35, персидские белые — 128,93, тосканские желтые — 109,46, при значительных колебаниях в пределах одной и той же породы. Породы желтые, отличающиеся большой заклеенностью оболочки и большей жесткостью, обладают меньшей водопроницаемостью, чем породы белые, имеющие более мягкую и менее заклеенную оболочку. Кокон состоит из оболочки и тела куколки, весьма различных как по происхождению, так и по физич. свойствам. Содержание влаги в оболочке живого кокона по данным д-ра Келлера составляет 12,5%, в то время как в теле куколки оно колеблется $71,77 \div 78,89\%$. При высушивании коконы теряют в среднем ок. 66% влаги, причем эта потеря почти целиком идет за счет усушки куколки; высушивающие коконы происходит очень медленно, т. к. куколка защищена оболочкой. В сырых коконах вес оболочки кокона составляет 13—15%, в сухих коконах 36—52%. Богатство коконов Ш., выраженное %-ным отношением веса всего шелкового волокна (грежа, фризон и внутренняя оболочка), полученного при размотке кокона, к весу сухого кокона, называется шелконосностью. Шелконосность указывает как на хорошие природные свойства кокона, обуславливаемые породой и правильностью ведения шелкового х-ва, так и на способность кокона разматываться. По данным Среднеазиатского ин-та шелководства содержание Ш. в воздушном сухом коконе колеблется для коконов багдадской породы $43,3 \div 45,7\%$, для «асколи» $43,2 \div 46,1\%$. Отношение веса разматывающейся коконной нити к весу всей шелковой оболочки кокона называется разматываемостью оболочки кокона. По данным Среднеазиатского ин-та шелководства разматываемость оболочки кокона в среднем составляет 68—75%. Экономич. ценность кокона определяется выходом Ш. «ран-

деман», под которым разумеется количество кг коконов, необходимых для того, чтобы получить 1 кг размотанного Ш. Нормальным выходом в практике западноевропейских государств считается 4, т. е. для получения 1 кг Ш.-сырца необходимо израсходовать 4 кг сухих коконов; цифра эта в зависимости от качества шелковой оболочки и ее плотности колеблется в пределах 3,5—5,5. Выход Ш. одновременно служит показателем качества коконов, так как обычно плотная оболочка содержит не только много Ш., но и Ш. хорошего качества.

Кокон с недостатками составляют значительный % каждой выкормки. Главными видами недостатков являются: 1) Пятнистые коконы, причем различают два вида пятен — поверхностные и внутренние; поверхностные получаются коконом от соприкосновения с большими коконами, червями или с грязными листьями выкормки. Поверхностные пятна являются крупными недостатками, но коконы, имеющие их, обычно поступают в размотку. Внутренние пятна на оболочке кокона получаются в результате болезней — желтухи и флашери, при к-рых большие черви выделяют жидкость темного цвета, к-рая пропитывает изнутри весь кокон насвозь. Такие коконы не годятся для размотки и поступают в прядение. Кокон с такими пятнами д. б. отобраны до замаривания, т. к. при замаривании (в особенности паром) куколка, а также и пятна на коконе расплываются, благодаря чему пачкаются другие коконы. 2) Слабо завитые и недовитые коконы, к-рые обычно завиваются заболевшими слабыми червями, не имеющими физич. сил для завивки плотного и здорового кокона. 3) Двойники — коконы, завитые двумя червями. Такой недостаток получается или благодаря отсутствию соответствующих условий для завивки (неправильная система коконника) или в силу специфичности породы; нек-рые китайские породы отличаются особой склонностью к завивке двойных коконов. Двойные коконы легко узнаются по внешнему виду как по их величине, так и по форме, обычно овальной без перехвата. Стенки двойников значительно плотнее нормальных коконов. Двойники обычно сортируются на три сорта; первые два сорта разматываются, но отдельно от нормальных коконов и на особых станках; третий сорт идет на прядение. 4) Кокон неправильной формы (уроды) получаются, как и двойники, при завивке одного кокона тремя и более червями в силу специфич. особенности данной породы; уродливые коконы не разматываются, а поступают в прядильное производство. 5) Атласистые коконы со стенками, легко расслаивающимися на отдельные слои; коконы отличаются рыхлостью и слабостью стенки и обычно трудно разматываются, т. к. быстро пропитываются водой и тонут, причем нить сходит с кокона целыми пучками. Атласистость кокона есть свойство отчасти наследственное, отчасти присущее определенным породам. Атласистые коконы имеют гладкую поверхность без определенно выраженной зернистости. 6) Дырявые коконы, в стенках к-рых имеются небольшие отверстия, либо оставленные червями при завивке, либо сделанные бабочкой при плохой заморке, либо прогрызенные мышами, муравьями, жуками-кожеедами; они для размотки не годятся.

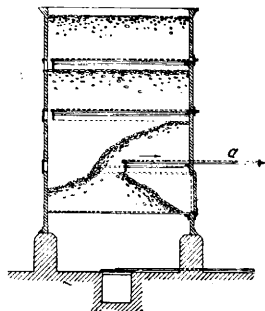
Кокон, составляющие партию, должны принадлежать к одному классу и быть б. или м. однообразными по цвету, форме, размерам,

плотности и зернистости. С мая 1931 г. в СССР введен общесоюзный стандарт на сырые коконы (ОСТ 2842), по которому должна производиться приемка коконного сырья на заготовительных пунктах. По ОСТ'у коконы подразделяются на четыре группы: среднеазиатские (шесть подгрупп), закавказские (три подгруппы), коконы новых районов (Украина, Крым, Астрахань, Дагестан) и дальневосточные (Приморская обл.). Все сырые коконы подразделяются на пять сортов, первые три сорта нормальные, 4-й и 5-й—брак. К 1-му сорту относятся коконы нормальной формы и объема, присущих данной породе, однородные, плотные наощупь, вполне довитые, с оформившейся куколкой, абсолютно чистые; ко 2-му сорту—коконы нормальной формы и объема, присущих данной породе, однородные, несколько слабые наощупь, довитые, с оформившейся куколкой, с мелкими наружными пятнами. К 3-му сорту—коконы неправильной формы и объема, слабые наощупь, недовитые, несколько мятые, с крупными наружными пятнами. К 4-му сорту: а) коконы очень слабые наощупь, испачканные внутри и снаружи, недовитые, б. ч. без оформившихся куколок, с погибшими червями; б) коконы уродливые по форме и атласистые, характеризующиеся рыхлым и ватообразным строением оболочки; в) коконы с поврежденной оболочкой, дырявые, раскрытые вышедшей бабочкой, проеденные мышами и т. п. К 5-му сорту относятся двойники—коконы, завитые двумя или несколькими гусеницами. С сдаваемых на пункт коконов д. б. снят сдор—наружная, легко отделяющаяся часть кокона, состоящая из шелковины, не прикрепленной к стенкам кокона. Доставка сырых коконов должна производиться преимущественно в твердой таре. При приемке от шелководов отсортированных коконов допускается нахождение в 1-ом сорте до 20% коконов 2-го сорта, во 2-ом—до 20% 3-го, в 3-ем—до 10% 4-го, кроме коконов, испачканных внутри и снаружи. Во всех трех сортах допускается 1% коконов 5-го сорта (двойников). В случае разногласия между приемщиком и сдатчиком в определении сортов коконов по сдаваемой партии берется средняя проба из разных мест в количестве 1% общего веса, но не менее 500 г, для производства контрольной сортировки. Полученные данные рассортировки взятой средней пробы характеризуют всю партию.

Заготовка коконов. Под заготовкой коконов понимается: сбор коконов с коконников и превращение их в такое состояние, к-рое необходимо для фабричного производства, которого требует фабричная размотка. В число операций, составляющих заготовку, кроме съема коконов с коконников входят: 1) отделение из партии коконов недовитых и завитых большими червями, 2) предварительная очистка коконов от сдора, к-рая лучше и легче м. б. произведена на живых коконах, еще не бывших в упаковке и перевозке; эта работа, как и первая, имеет целью повысить качество партии, облегчить запарку и уменьшить % фризона при размотке; 3) заморка коконов шелководом и доставка заморенных на заготовительный пункт или, что чаще бывает, живых коконов и заморка их на пункте с целью умерщвления куколки и предупреждения вылета бабочки из кокона. В настоящее время заморка обычно производится в сушилках; одновременно с заморкой коконы высушиваются. Сушиль-

ная установка состоит из трех частей: вентилятора, нагнетающего воздух, нагревателя воздуха и сушильной камеры. Сушилки бывают с нагревом воздуха жаровыми или паровыми трубами. Первая система имеет ряд неудобств: трудную регулировку нагрева, опасность пожара и возможность проникновения в сушильную камеру продуктов горения; она применяется там, где нет парового котла.

В качестве нагревателя воздуха применяют печь с трубчатым калорифером, через к-рый проходят продукты горения. При нагреве паром в качестве нагревателя применяются ребристые трубы, или радиаторы. По конструкции сушильной камеры сушилки делятся на три группы: камерные, барабанные и специальные типы сушилок. Камерные сушилки являются наиболее распространенными, в свою очередь м. б. разделены на две подгруппы: а) сушилки упрощенного типа и б) сушилки механизированные. Наиболее распространенными представителями камерных сушилок первой подгруппы являются сушилка «симплекс» итальянской фирмы Алеа в Милане, которую также строит з-д Грузметаллтреста в Тифлисе, и сушилка «мультиплекс». Сушилка «симплекс» состоит: из сушильной камеры, нагревателя и вентиляторов.



Фиг. 7.

Камера (фиг. 7) состоит из отдельных секций, по 4 сушильных ящика в каждой секции, помещенных вертикально один над другим. Наименьший размер сушилки представляет собою одна секция в 4 ящика, наибольший—в 12 секций. Воздух с $t^{\circ} 90-95^{\circ}$ подводится в сушильную камеру снизу, проходит через толщу коконов всех 4 ящиков наверху камеры и выходит в атмосферу с $t^{\circ} 40-50^{\circ}$. Коконы загружаются в верхний ящик. При выдвигании дна ящика а коконы падают в ниже лежащий. Пересыпка коконов из ящика в ящик совершается по мере высыхания коконов нижнего ящика, что узнают по пробе, вынимаемой через особое отверстие. Если коконы нижнего ящика высохли до желаемой степени сухости, то дверка ящика открывается, и коконы высыпаются в ящик или мешок, затем выдвигается дно 2-го ящика и коконы из него пересыпаются в 1-й ящик и т. д. В среднем коконы пересыпают через каждые 3 часа; таким образом продолжительность сушки полной загрузки сушилки составляет 12 ч. Каждая секция вмещает в себе 320 кг сырых коконов и ее производительность в сутки составляет 600—650 кг сырых коконов; основные данные сушилки «симплекс» приведены в табл. 2. Преимуществами этой сушилки являются: простота, легкость, быстрота сушки, возможность быстрого переноса с места на место. Недостатками являются: отсутствие механизации движения коконов, недостаточная регулировка сушки, возможность сгорания коконов. Сушилка рекомендуется для небольших установок в местах, не имеющих парового хозяйства. Сушилка «мультиплекс» строится примерно тех же размеров, что и сушилка «симплекс», но различается только в деталях. В качестве представителей механизированных камерных сушилок является сушилка «Н» фирмы Алеа. Сушилка

Табл. 2.—Основные данные сушилки «симплекс».

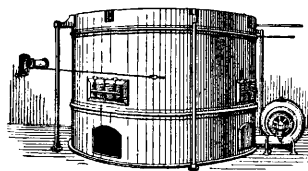
№ сушилки	0	1	2	3	4	6	8	12
Число камер и секций	1	1	2	3	4	6	8	12
Производит. сырых коконов при t° 95° в кг	300	650	1 300	1 900	2 500	3 900	5 000	7 500
Расход энергии в IP	0,5	1	2	3	4	5	6	7

построена на принципе противотоков; она обычно имеет 4 полстна и производительность ее до 18, 500 кг сырых коконов в 24 ч. Сушилки большей суточной производительности строятся в 5, 6 и 7 ярусов. В нижней части сушильной камеры помещается паровой радиатор для нагрева воздуха. Коконы загружаются сверху и рассыпаются слоем толщиной в 450 мм. Полотна находятся в непрерывном движении, и коконы последовательно передаются с верхнего полотна на второе, со второго на третье, с третьего на четвертое. Продолжительность сушки каждого полотна коконов 3,5—4 ч. При заморке скорость полотен увеличивается от 2 до 10 раз. При сушке паром давление пара принимается в 4 atm. При отсутствии котла сушилка снабжается особой топкой и нагревателем для нагрева воздуха; данные о сушилке типа «Н» с бесконечными полотнами фирмы Алеа приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Данные о сушилке типа «Н».

№ сушилки	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Число полотен	—	4	4	4	5	6	7
Производит. в 24 ч. при 95° сырых коконов в кг	6 500	7 500	9 500	11 000	12 000	17 000	18 500
Расход энергии в IP	6	7,5	9	10	12	13	15

Сушилка «автомат» строится 4-ярусной и отличается от сушилки Алеа тем, что составляется из отдельных секций (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8); мощность каждой секции—1 800 кг сырых коконов в 24 ч. при t° 95°. Главными преимуществами рассмотренных сушилок являются: 1) полная механизация и небольшой расход рабочей силы, 2) меньшая площадь на единицу производительности, 3) небольшой расход пара и угля. Недостатками—высокая стоимость самой сушилки и ее установки, большое число движущихся и вращающихся частей, возможность частого ремонта и потребность в квалифицированном обслуживающем персонале. Барабанные сушилки типа «А» фирмы Алеа (фиг. 8)



Фиг. 8.

состоят из вентилятора, печи с радиатором для нагрева воздуха и сушильной камеры. Последняя представляет барабан диаметром 2,5—4,5 м, который состоит из трех частей: фундамента, средней части и верхней крышки; нижняя и верхняя части неподвижны, а средняя может вращаться около вертикальной оси. Барабан разделен двумя перпенди-

кулярными вертикальными перегородками на четыре четверти; каждая из них загружается и разгружается отдельно. Дно средней части барабана сетчатое, с такими отверстиями, что коконы не проваливаются, а воздух может легко проходить через них. Загрузка сушилки коконами производится через отверстие сверху в крышке, выгрузка—через нижнее отверстие в подвижной части барабана. Нагретый воздух вгоняется вентилятором в 1-ю четверть, поднимается, проходя всю толщину коконов, переходит во 2-ю четверть барабана, которую проходит сверху вниз, затем переходит в 3-ю четверть, поднимается в ней через всю толщину коконов и, перейдя 4-ю четверть, опускается вниз и выходит через отверстие в атмосферу. Когда коконы 4-й четверти высушены, то средняя часть барабана поворачивается на 90°, и коконы выгружаются через нижнее отверстие. Опорожненная четверть вновь загружается коконами. Темп-ра входящего воздуха 95—100°, выходящего 40° (табл. 4).

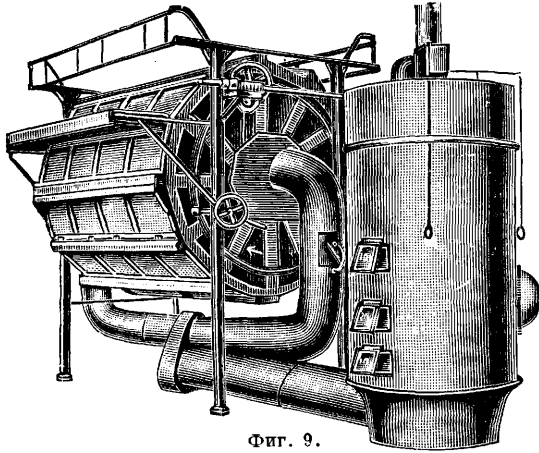
Преимуществами сушилки типа «А» являются: простота обслуживания, хорошая просушка коконов, т. к. при каждом повороте барабана на 1/4 оборота направление движения воздуха в каждой четверти меняется, т. о. в течение полной сушки ток воздуха в каждой четверти имеет 2 раза направление снизу вверх и 2 раза сверху вниз, и наконец компактность сушилки и небольшая площадь, занимаемая ею. Сушилка «универсаль» представляет собою барабанную сушилку с непрерывно вращающимся на гори-

Табл. 4.—Основные данные о барабанных сушилках.

Тип сушилки	Размеры барабана в м		Производительность в кг за 24 ч.			Расход энергии в IP	Расход пара в кг/час
	Диам.	Высота	Сушка	Полусушка	Замаривание		
«А» 250	2,50	2,40	1 400	1 800	10 000	3,5	90
«А» 350	3,50	2,40	2 800	5 600	20 000	5,0	160
«А» 450	4,50	2,40	4 000	8 000	25 000	7,0—8,0	230

зонтальной оси барабаном, смонтированным на легкой деревянной станине (фиг. 9). В разрезе барабан представляет двенадцатиугольник, разделенный на 6 отдельных камер, из которых каждая может загружаться и разгружаться отдельно. В углах по середине каждой камеры укреплены небольшие перегородки, имеющие целью лучшее перемешивание коконов. Загрузка сушилки производится сверху, а выгрузка через одну из боковых стенок при среднем положении камеры. Камеры засыпают коконами не полностью, а лишь на 3/4 объема с тем, чтобы при вращении барабана происходило достаточно легкое и хорошее перемешивание коконов. Барабан делает 10—15 об/ч. Впуск нагретого воздуха происходит через трубу \varnothing 400 мм, представляющую собою ось барабана, выход в атмосферу—через стенки барабана, сделанные в виде рамок, полотно которых представляет железную сетку, легко пропускающую воздух. Основные данные о

барабанной сушилке «универсаль»: размеры—длина 6,1 м, ширина 3,15 м, высота 3,7 м; продолжительность сушки 10 час., t° сушки 85° ; расход энергии 4 НР. Положительными сторонами сушилок типа «универсаль» являются: 1) постоянное пересыпание коконов в



Фиг. 9.

камере благодаря вращению барабана, а следовательно быстрая сушка, 2) возможность сушить отдельные небольшие партии, 3) простота установки, ее сравнительно небольшая стоимость, возможность легко переносить установку с места на место. Для небольших шелководных хозяйств применяется башенная сушилка, представляющая собой железную печку с трубой, поверх которой установлена система плоских ящиков с сечатым дном, в к-рые загружают коконы; нагретый воздух поднимается вверх, проходя всю систему ящиков; когда коконы в нижнем ящике высушены до желаемой степени, ящик вынимается, и вся система ящиков опускается на высоту одного ящика, а сверху задвигается ящик со свежими коконами. К этой же группе сушилок относятся и передвижные сушилки на колесах, к-рые перевозят с одного места заготовки коконов на другое.

Табл. 5.—Рост мировой добычи шелка-сырца с 1871 по 1927 г. включительно (в т).

Годы	З. Европа	В. Европа, Левант, Ср. Азия	В. Азия, Япония, Китай и др.	Всего
1871—1875	3 676	676	5 194	9 546
1876—1880	2 475	639	5 740	8 354
1881—1885	3 630	700	5 198	9 438
1886—1890	4 340	738	6 522	11 600
1891—1895	5 518	1 107	8 670	15 295
1896—1900	5 220	1 552	10 281	17 053
1901—1905	5 312	2 304	11 476	19 092
1906—1910	5 459	2 836	14 917	23 212
1911	4 330	2 960	17 280	21 570
1912	4 982	2 233	19 750	26 965
1913	4 245	2 315	20 760	27 320
1914	4 840	1 785	15 695	22 220
1915	3 215	1 040	19 410	23 665
1916	4 070	1 040	22 015	27 125
1917	3 245	1 040	22 480	26 765
1918	3 165	1 040	21 335	25 540
1919	2 235	1 040	24 040	27 315
1920	3 655	750	16 440	20 845
1921	3 500	550	25 285	29 335
1922	2 264	700	26 950	31 867
1923	5 548	760	24 480	30 814
1924	6 022	900	32 332	39 254
1925	4 740	1 065	34 055	39 860
1926	4 180	1 070	38 840	44 090
1927	5 005	1 040	40 025	46 070

Хранение коконов. Коконы заготавливаются на год, поэтому условия хранения их имеют очень большое значение. Высушенные коконы содержат влаги не менее 8%, и при хранении их в сыром, плохо вентилируемом помещении легко появляется сначала на куколке, а затем на оболочке зеленатоватая плесень, к-рая понижает размоточную способность коконов, ухудшает выход Ш. и его динамометрические свойства. Кроме плесени вредителями коконов являются жучок-кожед, мыши и крысы, к-рые прогрызают оболочку кокона. На устройство складочных помещений и на условия хранения в них коконов д. б. обращено особое внимание.

Табл. 6.—Динамика мировой добычи сырья с 1928 по 1932 г. (в т).

Страны	1923	1929	1930	1931	1932
З. Европа					
Италия	4 836	4 950	4 882	3 285	3 100
Франция	205	220	110	80	70
Испания	79	80	58	44	40
Итого	5 120	5 250	5 080	3 410	3 210
В. Европа, Левант и М. Азия					
Итого	1 110	1 150	1 220	810	740
Дальневост. стр.					
Япония (экспорт)	33 600	36 900	33 595	33 020	31 200
Китай, Шанхай (экспорт)	6 420	6 000	4 820	2 160	1 800
Китай, Кантон (экспорт)	2 795	3 000	3 310	1 550	1 440
Индия	110	100	20	10	10
Итого	42 925	46 000	41 745	38 740	34 450
Всего	49 135	52 400	48 045	40 960	38 400

В последнее время делались попытки хранения живых заморенных коконов в замороженном состоянии в холодильниках. Такой способ хранения прекрасно сохраняет качество оболочек кокона, и при размотке такая оболочка всегда

Табл. 7.—Урожай и заготовка коконов (сырых) в СССР (в т).

Годы	Ср. Азия	Азербайджан	Грузия	Всего по ЗСФСР	Всего по СССР
1913	4 914	3 194	1 556	4 750	(9 661)*1
1914	4 900	—	2 100	—	7 000*2
1915	—	—	1 430	—	—
1916	4 600	—	850	—	5 450*2
1917	3 610	—	638	—	4 248*2
1918	2 460	—	320	—	2 780*2
1919	296	49	328	377	673
1920	740	—	800	—	1 540*2
1921	820	370	738	1 108	1 928
1922	1 230	335	820	1 205	2 485
1923	2 048	970	1 480	2 450	4 498
1924	2 048	1 441	1 966	3 407	5 455
1925	3 817	1 556	2 129	3 685	7 502
1926	4 816	1 720	2 457	4 177	9 009
1927	6 306	2 031	1 998	4 029	10 336
1928	9 211	2 539	2 419	4 958	14 169
1929	10 377	—	—	4 748	15 125
1930	(7 593)	—	—	(3 956)	(11 549)
1931	12 730	—	—	5 687	18 417
1932	(9 609)	—	—	(4 888)	(14 497)
1931	(8 751)	—	—	(1 972)	(10 723)
1932	7 648	1 130	1 200	2 410*3	(10 153)*4

*1 В скобках показана заготовка соответствующего года без Северного Кавказа и Украины, продукция которых ничтожна. *2 Без Азербайджана. *3 Включая Армению—80 т. *4 Включая новые районы: Украина, Сев. Кавказ, Дальний Восток—95 т.

дает больший выход Ш., примерно процентов на десять выше, чем при размотке сухих коконов. К сожалению слишком высокая стоимость такого хранения не дает этому способу широкого применения. Сухие коконы сортируются на основе ОСТ 2939 на 6 сортов, из коих первые три сорта предназначены для размотки, последние три для прядения; для каждого из разматываемых сортов установлен выход Ш.: для 1-го сорта 3,7—3,9, для 2-го 4,1—4,3, для 3-го 5,0. К первым двум сортам относятся те же группы коконов, что и по ОСТ 2842; к 3-му сорту две группы коконов: 1) несколько слабые наощупь с крупными наружными пятнами и 2) слабые наощупь, но чистые; к 4-му сорту—коконы с очень слабой оболочкой, уродливые, атласистые и двойники неправильной формы; к 5-му—коконы-двойники правильной формы; к 6-му—сильно пятнистые коконы, а также коконы с поврежденной оболочкой. Шелковая сбочка кокона м. б. обработана двумя способами: 1) размоткой коконов в теплой воде, в результате к-рой получается Ш.-сырец (см. *Кокотомотание*), который м. б. скручен (см. *Шелкокручение*); 2) прядением тех шелковых остатков, к-рые получаются в шелководстве и при размотке коконов. Крученый шелк носит название мулине. Статистич. данные по мировой добыче Ш. приведены в табл. 5 и 6, урожай и заготовка сырых коконов—в табл. 7.

Лит.: Г н х о м и р о в А., Основы практического шелководства, М., 1914; П о л я р к о в Э., Тутовый шелкопряд, т. 1, Ташкент, 1929; К о р а б л е в И., Учебник

шелководства, Москва—Ленинград, 1930; «Среднеазиатский шелк», Ташкент, 1928—1929, 1—2; «Советский шелк», Москва, 1930, 1—2 и 3—4; «За реконструкцию шелководства», Москва, 1930, 1—2 и 1931, 3—4; «Шелк», 1931 и последующие годы. В. Линде.

ШЕЛК ИСКУССТВЕННЫЙ, см. Искусственный шелк.

ШЕЛКОВОДСТВО, см. Шелк.

ШЕЛКОКРУЧЕНИЕ, обработка шелка-сырца в крутильном отделе путем его размотки, трощения (в два или более концов) и крутки на специальных крутильных машинах. Иногда между размоткой и трощением включается чистка. Крутка шелка имеет целью: 1) придать нити большую связность и сделать возможной окраску в мотке, 2) придать нити определенный внешний вид. По направлению различается п р а в а я и л е в а я крутка. В крученом шелке правой крутки отдельные грежевые нити идут по винтовой линии справа налево, в шелке левой крутки—наоборот. Направление крутки м. б. определено следующим путем: если нить держать перед собой, зажав один конец ее в левой руке, а другой в правой, и если при кручении нити правой рукой от себя она раскручивается, то нить имеет левую крутку, при обратной раскрутке—правую крутку. Характер крутки и ее степень, т. е. число кручений на 1 погонную единицу, бывают весьма различными. Стандарт крученого шелка СССР ОСТ 987 различает два вида крученого шелка: шелк п р о с т ы х к р у т о к и с и л ь н ы х к р у т о к (табл. 1 и 2).

Табл. 1.—Заправка различных сортов крученого шелка.

Сорт пряжи	Титр грежи	1-я крутка			2-я крутка				
		Число концов	Число кручений на 1 м	Направление крутки	Число концов	Число кручений на 1 м	Направление крутки		
Простые крутки									
Уток	14/19	2 и более 1	85—150	Правая Левая	—	—	—		
Основа	14/19		480—650		2 и более	390—450	Правая		
Сильные крутки									
Гренадин	14/19	1	1 500—2 000	Левая	2 и более	1 250—1 750	Правая		
Ондиоле	14/17	3	1 500	»	2*1	1 000	»		
Муслин	14/19	1	1 500	»	—	—	—		
Креп (правый)	14/17	{ 2 и более }	2 200—3 200	Правая	—	—	—		
Креп (левый)				Левая	—	—	—		
Швейный шелк*2									
№ шелка	Общее число концов								
8	9	16/18	3	536	Правая	3	513	Левая	
36	36	16/18	12	470	»	3	470	»	
12	54	16/18	18	470	»	3	470	»	
14	48	16/18	16	470	Правая или левая	3	470	Левая или прав.	
16	45	16/18	15	470	Правая или левая	3	470	Левая или прав.	
20	20	16/18	10	470	Правая	2	470	Левая	
30	30	16/18	10	470	Левая	3	470	»	
Шелк для обмотки петель									
15	12—15	Бухарка	4—5	330—365	Правая	3	240—245	Левая	
21	18—21		»	6—7	330—365	»	3	210—215	»
21	21—27		»	8—9	360—365	»	3	210—215	»
30	24—30		»	8—10	360—365	»	3	210—215	»
Бахромный или косын. шелк	4—3	Бухарка или безденьева грежа	2—4	470	Левая	2	470	Правая	
Шелк для мельничных сит									
Уток	3	Грежа	3	580	Правая	—	—	—	
Основа	2	Грежа	—	820	Левая	—	820	Правая	

*1 Одна нить ондиоле тростится с ординарной нитью грежи.

*2 №№ 8, 36, 20 и 30—для строчки платьев, №№ 12, 14, 16—для обуви.

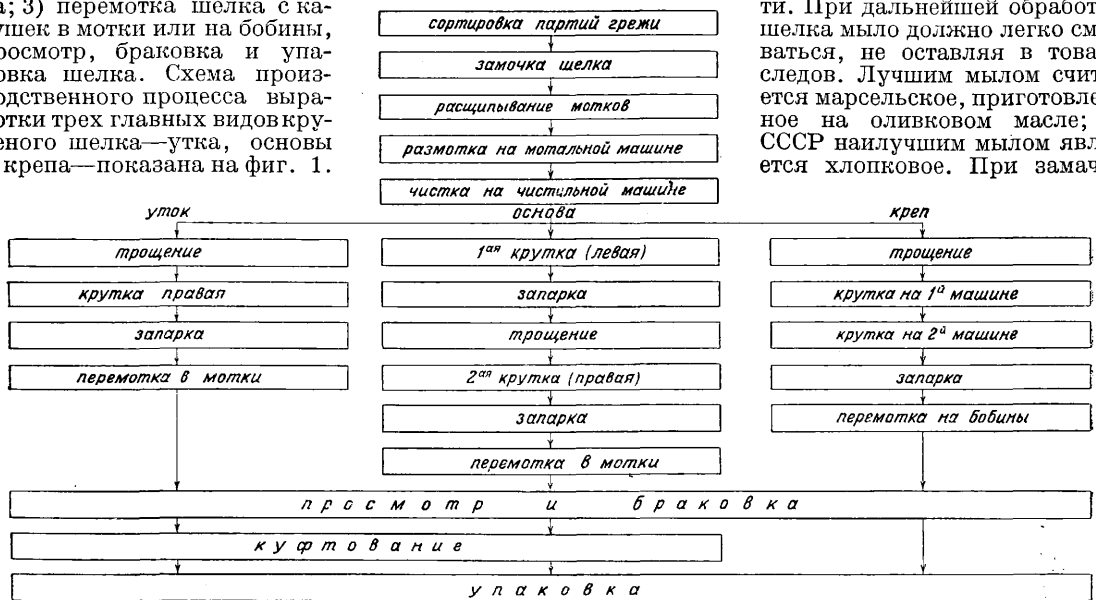
Табл. 2.— Заправочные данные различных номеров хирургического шелка.

№ шелка	Вид сырья	1 крутка (правая)		2 крутка (левая)	
		Число концов	Число кручений на 1 м	Число концов	Число кручений на 1 м
000	13/15 грежа лучшего качества	3	900	9	1 100
00	13/15 грежа лучшего качества	5	900	15	1 100
0	13/15 грежа лучшего качества	7	900	21	1 100
1	13/15 грежа лучшего качества	10	700	30	600
2	13/15 грежа лучшего качества	16	700	48	600
3	16/18	16	750	48	650
4	16/18	30	500	90	550
5	16/18	50	500	150	550
6	16/18	54	500	162	550
7	16/18	61	300	192	450
8	16/18	72	300	216	450
9	16/18	75	600	225	300
10	16/18	78	600	234	300
11	16/18	81	600	243	300
12	16/18	84	600	252	300

Кроме указанных видов крученого шелка вырабатываются специальные крученые шелка для различных нужд военного ведомства. Применяемые в европейских странах виды крученого шелка отличаются большим разнообразием, чем шелк ОСТ 987; там основа готовится трех круток.

Процесс Ш. разбивается на 3 стадии: 1) подготовка шелка сырья к крутке: подсортировка, замачивание, расщипывание, размотка, чистка, трощение; 2) собственно крутка; 3) перемотка шелка с катушек в мотки или на бобины, просмотр, браковка и упаковка шелка. Схема производственного процесса выработки трех главных видов крученого шелка—утка, основы и крепа—показана на фиг. 1.

Схема шелкокрутильного производства



Фиг. 1.

При второй крутке основы, которая имеет направление, обратное первой, одиночная нить, закрученная при первой налево, раскручивается как-раз на то число оборотов, которое составляет вторую крутку. Такая обработка име-

ет целью: сделать нить более мягкой и гибкой, так как при закручивании в одну сторону и затем раскручивании в другую наружный затвердевший слой серицина получает трещинки; раскручивание увеличивает длину нити, т. е. уменьшает напряжения, к-рые появляются в нити при крутке, что позволяет получить крученую нить более плотную и с лучшей посадкой в ней отдельных грежевых нитей; такая нить ложится плотнее и лучше в ткани и дает более красивую и прочную ткань.

Шелк-сырец поступает на крутильную ф-ку в кипах весом 60 кг, в СССР согласно ОСТ 3162— в стандартных мешках-чемоданах. Каждая кипа имеет паспорт, выданный центральной лабораторией Союзшелкпрома, в к-ром указываются вес кипы—фактурный и кондиционный,—титр, колебания по титру, крепость, удлинение, перемоточная способность, чистота. На основе этих данных кипа назначается в ту или иную партию.

З а м а ч и в а н и е ш е л к а после подбора партий является первой операцией шелкокрутильного производства. В замочке особенно нуждаются шелка, сильно заклеенные и низкого качества. Хорошие сорта шелка во Франции и Италии размачиваются без замочки. Замачивание шелка имеет целью: 1) размягчить заклеенные места и содействовать разъединению отдельных нитей в мотке, 2) придать нити гладкость и сделать ее более скользкой, 3) придать нити способность удерживать влагу. Для замачивающей эмульсии применяются: 1) Мыло (нейтральное); в целях более быстрого действия желательна некоторая щелочность мыла, но часто встречается, что содержание ее в мыле превышает установленные нормы и вызывает расщепление нити; мыло должно легко распускаться и возможно легко и сильно смачивать шелк, проникая в середину шелковой нити. При дальнейшей обработке шелка мыло должно легко смываться, не оставляя в товаре следов. Лучшим мылом считается марсельское, приготовленное на оливковом масле; в СССР наилучшим мылом является хлопковое. При замачи-

вании особо сильно заклеенного шелка, когда действие мыла оказывается недостаточным, рекомендуется прибавление небольшого количества щелочи, в качестве каковой чаще всего применяется бура или сода. 2) М а с л а

и ж и р ы. Наилучшими для замачивания считаются растительные масла: оливковое, пальмовое, кокосовое. Масла льняное, конопляное, подсолнечное применять не рекомендуются; они высыхают, сравнительно быстро портятся, делаются горькими, приобретают запах. В промышленности СССР большое применение имеет ализариновое масло, получаемое действием конц. серной кислоты на касторовое масло. Из жиров животного происхождения применяют костяное масло, получаемое из костей животных (особенно много применяется оно в США), и свиное сало. Минеральные масла, хотя и более дешевые, имеют ряд недостатков: в мыльном растворе они образуют неустойчивую эмульсию, быстро отделяются и всплывают наверх, благодаря чему шелк при погружении его в замасливающую эмульсию может слишком много и быстро впитать в себя масла. При применении их рекомендуют частое и своевременное перемешивание эмульсий. С жесткой водой минеральные масла образуют нерастворимый осадок, который может приставать к шелку и трудно удаляется при его варке. При применении минерального масла необходимо употреблять более мягкую воду. 3) Г л и ц е р и н придает нити мягкость, гибкость, эластичность, повышает ее гигроскопичность, а также оказывает склеивающее действие на нить. Рекомендуется применять глицерин двойной дистилляции с содержанием воды 5—21%, уд. в. 26—30° Вё. Склеивающее начало глицерина, увеличивающее связность нити, имеет большое значение. Желатина, крахмал и гуммиарабик для замачивания мало пригодны. 4) Л е г к и е ш е л о ч и (гл. обр. бура) для быстрого и полного разведения нитей действуют и как антисептич. средство, нейтрализуя остатки органич. к-т, образующихся в результате разложения жиров. Способов составления и приготовления эмульсии очень много. Один из рецептов, применяемых на ф-ках СССР, состоит в следующем: на 197 л воды берут 8,5 кг хлопкового мыла и нагревают до тех пор, пока мыло не разойдется, затем вливают 8,5 кг вазелинового масла и варят в течение часа. Для замочки составляют следующий состав: на 12 л горячей воды (80°) берут 6,2 кг приготовленной по вышеуказанному рецепту эмульсии и 300 г ализаринового масла. Этого количества достаточно для замачивания двух пачек шелка, т. е. 7—8 кг. Замачивание производится вручную. Работница берет моток, складывает его т. о., чтобы заклеенные места выходили наружу, и обмакивает его в замачивающ. составе. Замачивание продолжается 3—4 ск., в исключительных случаях 6—8 ск., затем моток отжимается вручную и без лежки поступает в расщипку. Темп-ра замачивающ. состава в начале замочки 70°, в конце 40—50° и даже меньше. Шелк, мало заклеенный и слабый, замачивается в менее горячей ванне и не более 2—3 ск. Одна работница за смену в 7—8 ч. замачивает 60—75 кг шелка. Замачивающ. состав обычно слабо окрашивается в различные цвета для отличия шелка различных видов крутки во время производственного процесса. Применяются такие красители, которые м. б. легко удалены при варке шелка. Всемирный конгресс по шелку в Милане в 1927 г. установил стандарт подкраски крученого шелка различных видов в различные цвета. На ф-ках СССР установленной системы цветов для подкраски крученого шелка не существует.

Вслед за замочкой производится расщипывание, к-рое имеет целью окончательно отделить друг от друга склеенные нити и придать им возможно параллельное положение. Расщипывание производится также ручным способом: работница надевает моток на шпиль, левой рукой она поддерживает моток, а правой сильно встряхивает моток несколько раз. При встряхивании мотка нити отделяются друг от друга. Если после этого в мотке остаются заклеенные места, то работница расщипывает их отдельно. Слабо заклеенные мотки расщипыванию не подвергаются, а лишь встряхиваются. Одна работница расщипывает в среднем за смену 300—350 мотков, она же надевает мотки на кронь мотальной машины. Замочка и расщипка шелка несмотря на всю важность этих операций

как операций подготовительных иногда проводятся на ф-ках СССР крайне примитивно: все операции проводятся ручным способом. Зап.-европ. и в особенности америк. техника замачивания шелка стоит значительно выше, в особенности в отношении аппаратуры и механизации процесса. Для варки эмульсии, составления замачивающ. состава и замочки в США применяется аппарат, в котором все три операции механизированы и следуют одна за другой (фиг. 2). Варка эмульсии производится в верхнем котле а, откуда она по трубе подается в чан б для смешивания с водой и с теми веществами, к-рые прибавляются в замачивающ. раствор; из чана раствор поступает в распылитель в, смонтированный над большим чаном г, в котором происходит замочка шелка. Шелк укладывается рядами и последовательно замачивается разбрызгиванием состава из распылителя. В шелковой промышленности США применяют 6 видов чанов для замачивания. 1) Прямоугольные деревянные чаны преимущественно из красного дерева или кипариса. Размеры одного чана 625 × 625 × × 625 мм. Обычно ставят несколько чанов подряд. 2) Чаны из листовой меди. 3) Чаны из белой жести делают обычно круглыми. Белая жечь не тускнеет, не дает соединений с эмульсией, не пачкает шелка. 4) Чаны из альберена (мыльного камня)—обычно четырехугольной формы и размером 600 × 625 × 500 мм. Эти чаны хорошо моются, не дают течи, но камень легко крошится. 5) Механизированные мочильные чаны цилиндрич. формы вместимостью 40 кг шелка. 6) Эмалированные чаны.

По Г. Робертсу наиболее распространенный в США способ замачивания шелка состоит в том, что 12—15 мотков шелка расправляют в длину и перевязывают в нескольких местах мягкой нитью или тесьмой, причем на больших ф-ках имеются особые машины, к-рые производят провязку мотков. Для предохранения шелка от повреждений мотки иногда закладывают в мешки из рядна. Мешки удобны и для переноса шелка в центрифуги. Замочка без мешка дает хорошие результаты. От ж и м влаги из замоченного шелка производится на центрифуге, и перед поступлением на мотальную машину шелк подсушивается до 14—18%

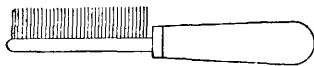


Фиг. 2.

содержания влаги в мотке; подсушка производится или непосредственно в помещении мотального зала или в специальных сушильных камерах. Для расщипки сильно заклеенного и жесткого шелка применяется особая гребенка (фиг. 3).

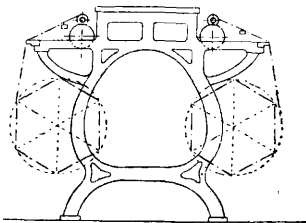
Сим (Seem) из своей практики на ф-ках США рекомендует следующие рецепты замачивающих составов на 100 кг шелка: для японского (кленстого)—3 кг мыла марсельского, 4 кг масла оливкового, 95 г буры, 670 л воды. Рекомендуются $t^{\circ} 30^{\circ}$. Шелк поглощает от 3 до 4,3% эмульсии. Для пантонского шелка: 6 кг мыла марсельского, 8 кг масла оливкового, 190 г буры, 670 л воды, $t^{\circ} 30^{\circ}$. Шелк поглощает от 6 до 8,5% эмульсии.

Перемотка шелка с мотков на катушки. Шелк поступает с кокономотальных ф-к в мотках, что неудобно для дальнейшей его обработки и поэтому является необходимым перемотать шелк на катушки. Перемотка осуществляет две задачи: 1) дать шелк на катушках и 2) окончательно разъединить нити, выявить тонкие места их. Иногда мотальная машина снабжается приспособлениями для чистки шелка; мотки надевают на мотовило, к-рое свободно вращается в гнездах благодаря натяжению нити; катушка получает вращение от механизма машины; водка имеет возвратно-поступательное движение, он раскладывает нить в определенном порядке. Способ вращения катушки с помощью шкивка на веретене имеет тот недостаток, что число оборотов ее остается постоянным во все время намотки, а так как окружная скорость катушки, равная $\frac{\pi d n}{60}$, зависит не только от числа оборотов ее n , но и от диам. d , то с увеличением диаметра окружная скорость будет увеличиваться. Средняя скорость катушки соответствует качеству данной партии шелка. В начале намотки, при меньшей окружной скорости, производительность машины понижается; в конце намотки большая, чем средняя, скорость вызывает повышенную обрывность нити. Мотальные машины с барабанчиком, в к-рых катушка имеет постоянную окружную скорость, получая вращение от трения своей цилиндрич. поверхности о барабанчик, вращающийся с постоянной скоростью, для шелка не годятся, т. к. сильно перетирают грежевую нить. Движение водка является более сложным, чем вращение катушки; характер этого движения зависит от того, каким образом будет происходить раскладывание нити на катушке. В шелкокрутильном производстве применяют две системы намоток: цилиндрич. и фасонную. Америк. и итал. машины снабжаются механизмом для цилиндрич. намотки. Для получения фасонной намотки применяют механизмы, называемые р е г л а ж а м и. Каждый тип намотки имеет свои преимущества и недостатки. Цилиндрич. намотка имеет более простой механизм, допускающий большое число оборотов катушки. Фасонная намотка дает возможность наматывать больше нити на катушку, и нить имеет более легкий сход с катушки, что важно при дальней-



Фиг. 3.

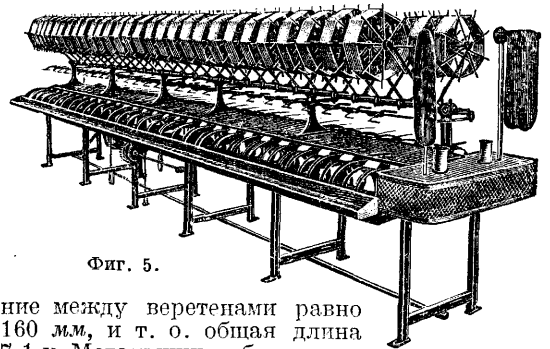
них процессах крутки. В современных машинах наибольшее применение имеет цилиндрич. намотка. Мотальные машины строят обычно на число мотовил 70—100. Двусторонняя стандартная машина завода «Баталня» (фиг. 4) имеет 82 мотовила. Расстояние между веретенами равно 160 мм, и т. о. общая длина 7.1 м. Мотальница обслуживает две сторонки. Мотальная машина имеет две наружные боковые станины и несколько внутренних поперечных стоек, число которых определяется длиной машины. По расположению мотовил различают: 1) машины с нижним расположением мотовил, 2) с верхним (фиг. 5) и 3) с расположением мотовил наверху и внизу. Наиболее удобными в смысле обслуживания являются машины с нижним расположением мотовил, так как они дают возможность работать, не поднимая высоко рук, почему они и имеют наибольшее распространение. Недостатками их являются недостаточная освещенность мотков и то, что мотальница может платьем пачкать шелк на мотках.



Фиг. 4.

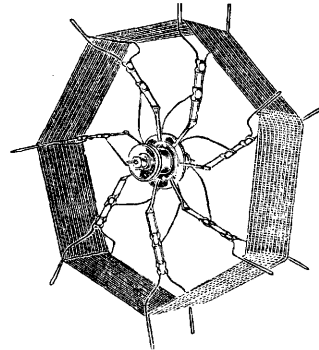
них процессах крутки. В современных машинах наибольшее применение имеет цилиндрич. намотка. Мотальные машины строят обычно на число мотовил 70—100.

Двусторонняя стандартная машина завода «Баталня» (фиг. 4) имеет 82 мотовила. Расстояние



Фиг. 5.

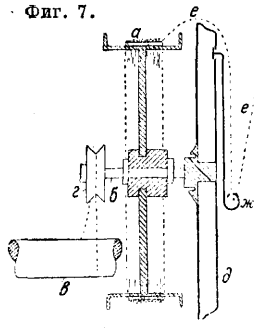
ние между веретенами равно 160 мм, и т. о. общая длина 7.1 м. Мотальница обслуживает две сторонки. Мотальная машина имеет две наружные боковые станины и несколько внутренних поперечных стоек, число которых определяется длиной машины. По расположению мотовил различают: 1) машины с нижним расположением мотовил, 2) с верхним (фиг. 5) и 3) с расположением мотовил наверху и внизу. Наиболее удобными в смысле обслуживания являются машины с нижним расположением мотовил, так как они дают возможность работать, не поднимая высоко рук, почему они и имеют наибольшее распространение. Недостатками их являются недостаточная освещенность мотков и то, что мотальница может платьем пачкать шелк на мотках.



Фиг. 6.

Для размотки натурального шелка часто применяется простое деревянное мотовило, у к-рого ребрами для намотки шелка служат перевязи в виде шнурков или проволоки. Мотовило снабжается грузиком весом 50—150 г. Для искусственного шелка наиболее удобными являются проволочные эластичные раздвижные мотовила (фиг. 6). Эти мотовила дают нити постоянное и равномерное натяжение. Наименьший периметр мотовила 0,98 м, наибольший 1,55 м. Фирма Вандам и Дюбуа строит мотовило, показанное на фиг. 7. Мотовило a сидит свободно на валике b , вращающемся от привода e через блочек g ; диск d , насаженный на валик b , вращается в ту же сторону, что и веретено. Нить e при наматывании на катушку проходит через глазок $ис$, вращающийся вместе с диском d . Такое мотовило допускает очень большую скорость, но дает несколько слабую намотку. Катушки делают из дерева твердых пород (бук, береза и др.). Катушки с двумя фланцами в целях прочности и легкости делают клееные. Веретена мотальных машин делают железные со стальными пружинами. Встречаются в старых машинах деревянные веретена. Посадка ка-

тушки на веретено производится тремя способами: 1) непосредственным надеванием катушки на кончик веретено, что допустимо лишь при деревянных веретенах, к-рые дают достаточный коэф. трения дерева о дерево, 2) с помощью пружины—наиболее распространенный способ, т. к. он дает вполне надежное соединение и допускает быструю смену катушек, 3) с помощью гайки; этот способ самый надежный в смысле соединения, но требует для смены катушек в три раза больше времени, чем предыдущий. Америк. машиностроительный з-д Атвуд и К° (The Atwood Machine Co.) в Стаунтоне (США) строит несколько типов мотальных машин для шелка. Наибольшее распространение имеет мотальная машина 3F; она строится с одним и с двумя рядами веретен. Преимущественное применение имеет однорядная двусторонняя машина, предназначенная для пегмотки более тяжелых видов шелка. Число веретен 60.



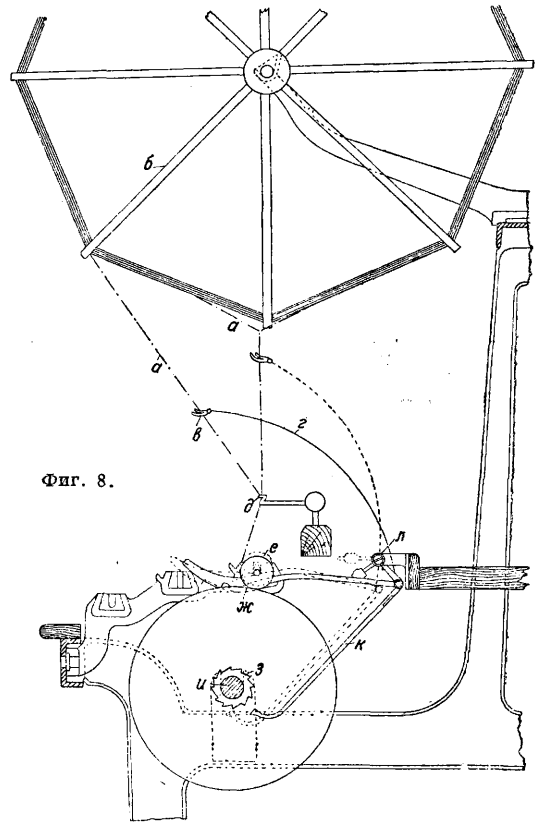
Фиг. 7.

Диаметр фрикционного шкива 114,3 мм ($4\frac{1}{2}$ "). Диаметр шкивка веретена 38,1 мм ($1\frac{1}{4}$ "). Длина машины 5 587,6 мм (18'4"), ширина (по раме) 1 269,8 мм (4'2"). Теоретич. производительность машины равна $18,1 \text{ г} = 0,04 \text{ англ. фн.}$ на 1 веретено в 1 ч. Практич. производительность равна $0,85 \times 18,1 = 15,4 \text{ г} = 0,034 \text{ англ. фн.}$

В последнее время в мотальных машинах введено много нововведений, имеющих целью механизировать процесс разматки пряжи и улучшить качество разматываемого материала. Так, швейцарский завод Брюггера строит мотальную машину с особой револьверной стойкой для мотовила, к-рая имеет три ряда мотовил, отстоящих один от другого на 120° . Стойка вращается и м. б. повернута любым рядом мотовил к катушкам. Машина обслуживается двумя работницами: одна подготавливает мотки, а вторая обслуживает катушки и веретена. При такой дифференциации труда процесс мотания протекает с наименьшей потерей времени. Тот же з-д Брюггера строит мотальные машины с безверетенной катушкой. Катушка закрепляется не на веретене, а зажимается двумя шпинделями, концы которых сточены на конус и входят в отверстие к тушки. На противоположном конусу конце одного шпинделя насажен шкивок, который фрикционно соединяется со шкивом бокового вала. Другой шпиндель на противоположном конце имеет пружину, к-рая дает зажим катушке. При такой конструкции привода катушки всякие перемещения катушки как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости совершенно исключены. Намотка нити происходит равномернее и правильнее, число обрывов нити меньше. Смена катушки очень простая и требует меньше времени, чем посадка катушки на веретено с пружиной.

Большое распространение получают механизмы, предупреждающие слишком сильное напряжение нити при перемотке ее, к-рое не только вызывает обрывы, но и понижает динамометрич. свойства нити. Одна из систем механизмов такого типа показана на фиг. 8, где нить *a*, сматываясь с веретена *б*, проходит через

глазок *в* на конце проволоки *г*; затем нить проходит через крючок *д* и наматывается на катушку *е*, вращающуюся от барабана *жс* благодаря трению; барабан *жс* с соединенным с ним храповиком *з* в свою очередь вращается вместе с валом *и*, на к-ром сидит свободно. Когда нить *a* запутается около мотовила, она изменит свое положение, и проволока с глазком примет положение, показанное пунктиром, рычаг *к*, вращающийся около точки *л*, передвинется и упрется в храповик *з* (пунктир), барабан *жс* остановится, вместе с ним остановится также катушка *е* и веретено *б*, при этом вытяжки и обрыва нити не произойдет. Перемотка шелка является наиболее трудоемкой производственной операцией, и правильная организация ее имеет большое значение для расхода рабочей силы, а следовательно и стоимости обработки. Перемотка шелка среди переходов крутильного производства дает наибольший % рвани, который при внимательном руководстве и контроле м. б. значительно сокращен. Очень важно для работы правильное надевание мотка. Моток не д. б. надет слишком туго, так как в таком случае возрастает натяжение нити и возможны более частые обрывы, ни слишком слабо, т. к. слабо падегый моток запутывается и у него труднее найти конец нити. Для ускорения работы следует иметь около машины



Фиг. 8.

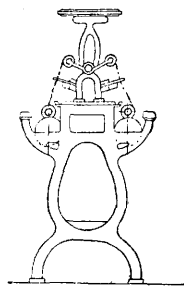
стол для запасных мотовил с мотками. Это дает возможность без задержки заменять пустые мотовила или мотовила с сорванными концами нити, не оставляя ни одного веретена вне работы; такая организация требует значительного увеличения площади пола мотального цеха. Моток во всех случаях д. б. размотан до конца, без остатка на нем шелка. Мотовил-

ла д. б. легкими, хорошо вращаться в гнездах, хорошо выверенными. Для большей производительности и правильного использования сырья шелк должен перематываться по партиям, подсортированным по качеству. Каждая партия должна иметь свой ярлык, отличающий ее от других. Все мотки, шелк к-рых имеет много недостатков по чистоте или согласности и неровен по цвету, следует откладывать и перематывать отдельно. Катушки д. б. в свою очередь хорошо выточенными, чистыми, гладкими, хорошо выверенными, и гнезда веретен д. б. в исправности. Катушка должна вращаться легко, правильно и с одинаковой скоростью. Необходимо внимательно следить за характером размотки и движением водителя. Огромное значение при перематке шелка имеет % рвани. Скорость мотания (окружная скорость катушки) имеет большое значение для производительности машины. Слишком большая скорость вызывает спутывание мотка и частые обрывы нити и зависит: 1) от качества шелка и его перемоточной способности (чем она выше, тем большую скорость должно давать катушке), 2) от системы машины и от состояния ее отдельных частей. Европ. шелкокрутильни мотают с небольшими скоростями: шелк тонких денье 9/11 и 10/12 со средней скоростью 60—80 м в 1 ск. и с наибольшей 100 м в 1 ск., шелк средних денье 13/15 со средней скоростью 80—100 м в 1 ск. и с наибольшей 130 м в 1 ск. Америк. ф-ки работают со значительно большими скоростями благодаря применению более совершенных машин и тому, что Америка перерабатывает преимущественно японский шелк, уже перемотанный в кокономотальне (Redvébé). Практикуемые в Америке скорости колеблются в пределах 160—200 м в 1 ск.

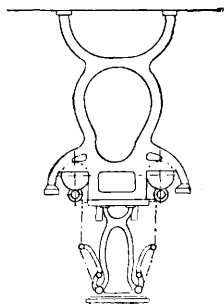
Недостатки мотки шелка: 1) слишком тугая намотка нити на катушку, 2) слишком слабая намотка, 3) длинно или совсем не обрезанные концы нитей, 4) катушки неправильной формы: вогнутые, выпуклые, бороздчатые, 5) катушки с попорченными концами.

Ч и с т к а ш е л к а. Полученный с мотальной машины шелк на катушках перематывают еще раз, перегоняя его с катушки на катушку и пропуская при этом нить через какое-нибудь чистильное приспособление, т. е. такой прибор, к-рый удаляет налеты, петли, шишки и пр. при проходе нити через узкие отверстия. При чистильной машине можно получать катушки с более правильной и тугой намоткой, чем на мотальной машине. При мотании большинство слабых мест удалено, нить обладает большей крепостью и м. б. намотана с большим и более равномерным натяжением. Тугая намотка представляет определенные преимущества при трощении, давая нить с более равномерным натяжением. Чистка шелка сохранилась лишь в практике европ. шелкокрутильной пром-сти. Америк. пром-сть не применяет чистки шелка. В СССР чистка шелка также не применяется, но в последнее время в связи с затруднениями, к-рые представляет в качестве шелк, не пропущенный через чистильную машину, а также в связи с развитием экспорта шелковых тканей поднят вопрос о применении чистки шелка. По принципу и устройству чистильная машина полностью напоминает мотальную машину и отличается от последней: 1) наличием чистильного аппарата, 2) подставкой для катушек, с к-рых сматывается нить, вместо стойки для мотовил, 3) несколько другим механизмом для

движения нитеводителя, 4) катушками. Различают два типа чистильных машин. Фиг. 9 показывает поперечный разрез машины, в которой мотальная катушка помещена горизонтально, и нить с нее сходит по касательной к окружности тела катушки. Этот тип машин по-французски называется *en déboulé*, что значит перематывать нить, развертывая ее. Второй тип машины имеет вертикально поставленную



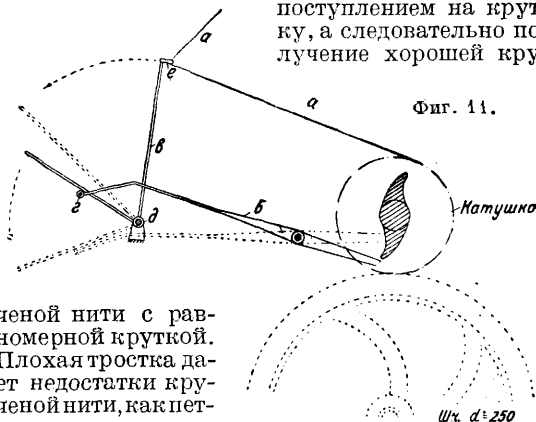
Фиг. 9.



Фиг. 10.

мотальную катушку, и нить спускается с торца катушки (франц. *en défilé*). Наибольшее распространение имеет второй тип машины (фиг. 10).

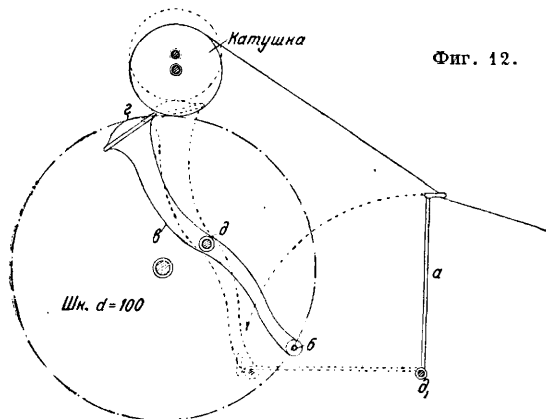
Трощение шелка имеет целью соединить две или более нити в одну для дальнейшей крутки этой составной нити. Для нек-рых сортов крученого шелка, как для трама, крепа и др., тростятся грежевые нити; для основы, гренадина, а также для различных видов специальных крученых шелков тростятся нити, получившие предварительно первую, обычно левую, крутку одиночной нити. В первом случае нити для тростки поступают с чистильной или непосредственно с мотальной машины, во втором случае—с крутильной после первой крутки. Трощение, как и размотка, является очень ответственной операцией, т. к. от правильного проведения его зависит равномерность натяжения нити на катушке перед ее поступлением на крутку, а следовательно получение хорошей кру-



ченой нити с равномерной круткой. Плохая тростка дает недостатки крученой нити, как петли, сукрутины.

В основном тростильная машина имеет те же органы, что и чистильная, но отличается следующим: 1) тростильная машина снабжается автоматич. остановом катушки в случае обрыва нити; 2) она имеет иную стойку для катушек. Необходимость снабжения тростильных машин автоматич. остановом объясняется тем, что в случае обрыва одной из страчиваемых нитей остальные будут продолжать наматываться на катушку, и трощеная нить полу-

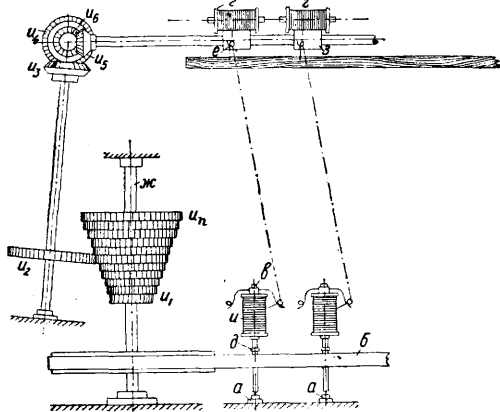
чится с меньшим числом концов, чем требуется заправкой. Для предупреждения такого брака применяют механизмы, останавливающие катушку при обрыве одной из нитей. В автоматич. останове итальянских машин катушку надевают на веретено, имеющее на конце фасонную гайку (фиг. 11). Остановочный механизм (фиг. 11) состоит из изогнутой в виде колена проволоки e , к-рая вращается около точки d и на конце длинного колена имеет петлю e , через к-рую проходит страчиваемая нить. Короткий конец тяжелее длинного, но натяжение нити aa удерживает рычажок e в положении, показанном сплошной линией. В случае же обрыва нити рычажок e опрокидывается и принимает положение, показанное пунктиром; при этом повороте он действует на рычаг b , к-рый имеет в точке z конец проволоки, на к-рую и действует рычажок e при повороте около точки



Фиг. 12.

d . Рычаг b принимает также пунктирное положение, и короткий конец его, поднимаясь, упирается в вырез гайки и останавливает веретено с катушкой. Фиг. 12 показывает останов американской тростильной машины: на оси d свободно вращается рычаг e и при отсутствии воздействия на него внешних сил он принимает положение, показанное сплошной линией; проволочный пруток a , к-рый имеет центр вращения в точке d_1 , натяжением нити, проходящей через петлю на конце его, удерживается в положении, показанном сплошной линией; в случае же обрыва нити пруток a опрокидывается и ударяет по пальцу b , благодаря чему рычаг e принимает пунктирное положение; конец его z проходит под шкивом веретена и приподнимает его, благодаря чему соприкосновение между шкивом веретена и шкивом бокового вала машины нарушается, и веретено с катушкой останавливается. Америк. остановочный механизм следует признать более целесообразным, т. к. он действительно выводит катушку из-под действия привода машины, в то время как итальянский остановочный механизм только затормаживает веретено с катушкой, не прерывая соприкосновения с фрикционным шкивом бокового вала машины. Французские заводы до сих пор выпускают тростильные машины без автоматич. остановки; работа тростильницы на таких машинах более напряженная, и возможен большой % брака.

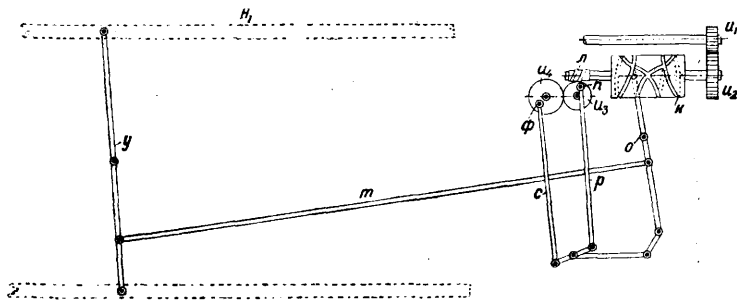
При размотке и при трощении необходимо соблюдать следующие условия: 1) остановки д. б. всегда в исправности, в том числе отдельные рычажки и глазки, через к-рые пропускаются нити; 2) натяжение страчиваемых нитей д. б. одинаковым; 3) при трощении крученого шелга (1-я крутка) необходимо следить за тем, чтобы



Фиг. 13.

лежни имели одинаковое количество шелка, чтобы крутка шелка на лежнях была одинаковой, чтобы все лежни были одинаково запарены и чтобы нить сматывалась со всех катушек в одном направлении. Трощение шелка рекомендуется производить в помещении с умеренным % влаги (55%).

Кручение шелка. Машины, применяемые для кручения шелка, м. б. разделены на три группы: 1) французско-итальянские машины, наиболее распространенные, называемые к а р а с е м, 2) германские и 3) американские. На фиг. 13 показана схема крутильной машины первой группы. Катушка u с чистильной машины надевается на веретено z , которое получает вращение от почного ремня b ; a —подпятник, d —ушко, которые удерживают веретено в вертикальном положении. Нить, сходя с катушки u , проходит глазок раскладника e и наматывается на лежень z .



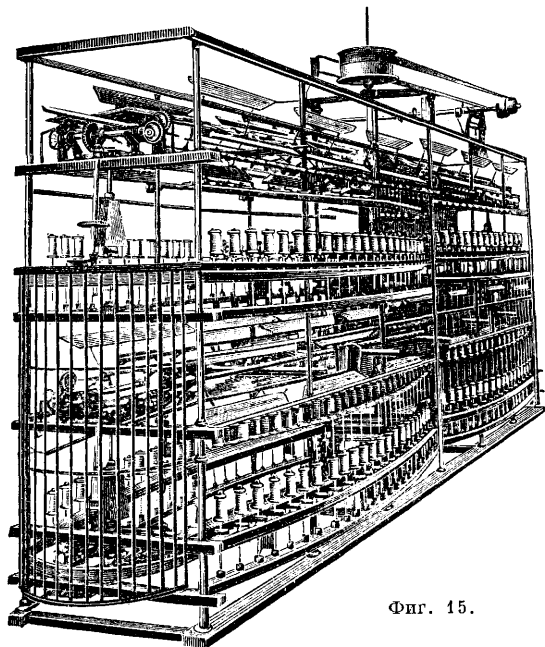
Фиг. 14.

не имеет самостоятельного вращения и получает его фрикционным путем от цилиндра z . Вал цилиндра z получает вращение от вертикального вала z через конус шестерен u_1 , u_2 , шестерню u_3 и конич. шестерни u_4 , u_5 , u_6 . Сменными являются шестерня u_2 , которая может сцепляться с любой из шестерен конуса, и пара конич. шестерен u_3 , u_4 . Такая сменность шестерен дает возможность в широких преде-

лах изменять число оборотов цилиндров z и лезней g , а следовательно и крутку нити

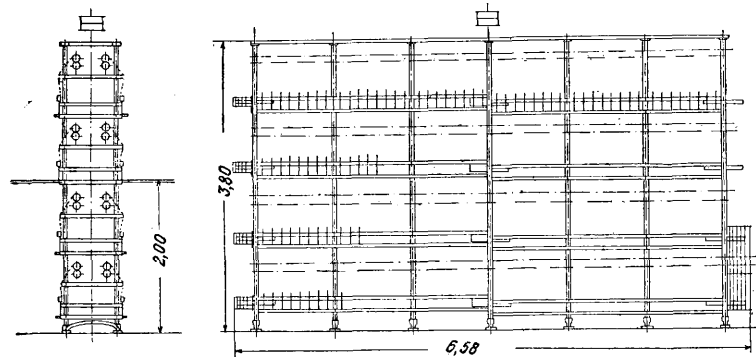
$$t = \frac{n}{600},$$

где t —крутка, число кручений на единицу длины нити (на 1 м), n —число об/м. веретена и



Фиг. 15.

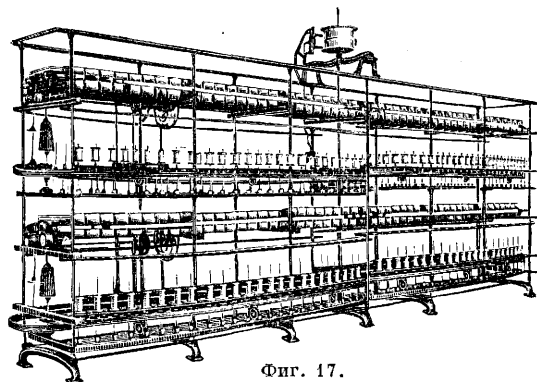
v —окружная скорость лезня в м/сек. Раскладник e совершает возвратно-поступательное движение, которое осуществляется или эксцентриком или с помощью особых механизмов (реглаж), передающих раскладнику составное сложное движение, получаемое от сложения двух или нескольких движений. На фиг. 14 показан один из таких механизмов: вращение вала цилиндров через шестерни u_1 и u_2 передается валу, на котором сидит круглый кулак k , в пазу которого ходит палец конца рычага, имеющего вращение в точке o . На валу кулака



Фиг. 16.

сидит червяк l , к-рый приводит во вращение шестерни u_3 и u_4 , к-рые дают движение тягам p и c , надетым на эксцентрично укрепленные пальцы n и $ф$. Все перечисленные движения тяг p и c слагаются в одно через тягу t и передаются рычагу y , а через него планкам раскладника n_1 и n_2 . В настоящее время встречается два основных типа крутильных машин (карась), к-рые отличаются один от дру-

гого системой намотки крученого шелка. Первый тип—карась с мотовилами (фиг. 15), где крученая нить собирается непосредственно на мотовило. Благодаря недостаткам в конструкции и трудности обслуживания этот тип машины широкого распространения не получил. Главное распространение имеет второй тип карася, при котором нитка собирается на деревянную гладкую катушку без фланцев—л е ж е н ь. Крутильные машины этого типа строятся в 2, 3 и 4 яруса. На фиг. 16 представлена 4-ярусная машина итальянского завода «Баталиа» марки Е на 384 веретена, на фиг. 17—двухъярусная на 192 веретена. Крутильные машины под маркой DL имеют следующие главные размеры. Число веретен на каждой стороне и в каждом ярусе 56; машины строятся в 2 яруса. В зависимости от назначения машины различают 3 типа ее: 1) для органзина и гренадина: \varnothing веретена 10 мм, допускает 28 различных заправок крутки—от 300 до 1 500 оборотов нити на 1 м; 2) для крепа: \varnothing веретена



Фиг. 17.

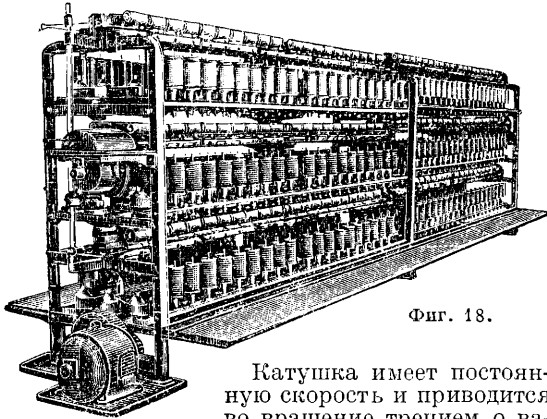
10 мм, число возможных заправок крутки 41, с числом оборотов на 1 м от 435 до 3 700; 3) для крепа из искусственного шелка: \varnothing веретена 12 мм, 29 различных заправок крутки, с числом оборотов 730—3 320 на 1 м. Расстояние между веретенами 130 мм, длина машины между осями крайних стоек: для машины 112 веретен—4 м, 168 веретен—6 м и 224 веретена—8 м. Длина машины, включая шестереночный конус механизма для движения водка, на 0,80 м больше; число об/м. для 1-й крутки 8 000—10 000, необходимая мощность 8 НР; для 2-й крутки 4 500—5 500, необходимая мощность 6 НР.

Крутильные машины нем. типа выпускаются преимущественно з-дом Гамеля в Хемнице и Вегмана в Бадене в Швейцарии. Они также типа «карась», но отличаются большей компактностью, допускают обслуживание трех ярусов прямо сполна, без лестницы, но более тяжелы в работе, требуют большего расхода энергии. На фиг. 18 представлена крутильная машина фирмы Гамель марки LL; машина строится с двумя или тремя ярусами веретен сист. Раббет (вместе касания ремня) 20 мм, число об/м. 4 500, намотка на лезнях крестовая. Главные размеры машины LL даны в табл. 3. Для крутки ровных шелков—вышивального, швейного и других—тот же з-д строит крутиль-

Табл. 3. — Главные размеры крутильных машин LL фирмы Гамель.

Число веретен	48	93	114	192	210
Длина машины в м	2*1 2,15*	3,32*1 3,65*	4,65*1 5,15*	5,97*1 6,65*	7,30*1 8,5*2
Число веретен	60	120	180	210	300
Длина машины в м	2,43*3	4,18*3	5,88*3	7,58*3	9,28*3
Расстояние между веретенами: *1 145 мм; *2 178 мм; *3 160 мм.					

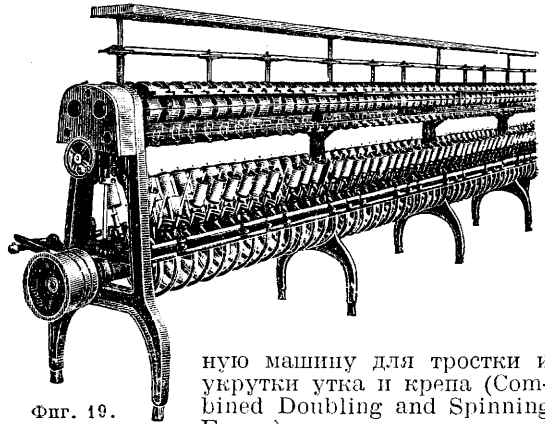
ную машину в виде рогульчатого ватера. Стандартной машиной в США является одна русская машина В (Standard Spinning Frame) 112 веретен для первой крутки или 92 для второй, длина 19'3'', ширина 1'6'', высота 3'8''; машина пригодна для крутки утка, основы (обеих круток), крепа, а также для искусственного шелка. Машина строится с любым по заказу числом веретен и любой длины. Машина имеет шариковые подшипники. Натяжение веретенного ремня осуществляется пружиной, к-рой он прижимается к приводному ремню.



Фиг. 18.

Катушка имеет постоянную скорость и приводится во вращение трением о валик, обтянутый пробкой или особым видом искусственной кожи. Движение водка производится боковым эксцентриком. Машина С (Double Deck Standard Spinning Frame) является стандартной машиной двухрусского типа. Число веретен для первой крутки 234, для второй 184. Длина машины 18'6'', ширина 1'6'', высота 4'10''. На фиг. 19 изображена одноярусная машина 6В, существенным образом отличающаяся от распространенных типов машин способом приведения во вращение веретен; каждое веретено приводится отдельно с помощью фрикционных шкивов, к-рым они прижимаются пружинами. Веретена с катушками поставлены наклонно к рабочему, что облегчает их обслуживание. Машина снабжена шариковыми подшипниками. Подпятник веретена имеет значительно больший стакан для масла, чем у обычных машин, что позволяет реже смазывать веретена. Преимущества машины: более принужденное вращение веретен и меньший % скольжения, удобное обслуживание, меньший расход энергии. Машина имеет 112 веретен, расстояние между веретенами 3 1/2'', длина машины 18', ширина 13'', высота 4'3'', вес 1 600 англ. фунтов. К недостаткам машины следует отнести сложность ее и в особенности относительную сложность привода для вращающихся веретен. Из америк. шелкокрутильных

машин наибольший интерес представляют комбинированные машины, осуществляющие одновременно 2 и даже 3 процесса. Машина 5В (фиг. 20) представляет собою комбинирован-

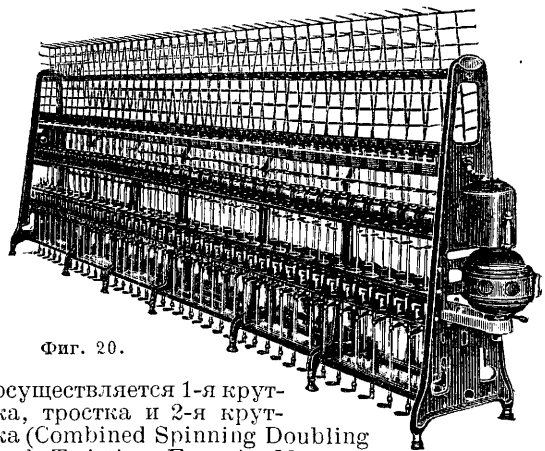


Фиг. 19.

ную машину для тростки и укрутки утка и крепа (Combined Doubling and Spinning Frame) для натурального и искусственного шелка, а также для тонких номеров хлопчатобумажной и шерстяной пряжи. Ниже приведены данные о машине 5В.

Число веретен	Расст. между верет.	Длина машины	Ширина машины	Приблизит. вес
100	4''	19'1''	1'3''	4 100 англ. фи.
80	5''	19'1''	1'3''	
76	5 1/4''	19'1''	1'3''	

Машина представляет собою кольцевой ватер упрощенной конструкции с намоткой нити по винтовой линии, осуществляемой с помощью сердечника. Привод веретен обычный для шелкокрутильных машин с помощью ремня с натяжением его грузом. Каждое веретено снабжено автоматич. оставом при обрыве нити. Перезаправка производится быстро и просто перестановкой цепных шестерен. Машина дает 4 000—7 000 оборотов в зависимости от вида крутки и качества шелка. Машина 5С представляет собой комбинированную машину для крутки основы, на которой последовательно



Фиг. 20.

осуществляется 1-я крутка, тростка и 2-я крутка (Combined Spinning Doubling and Twisting Frame). Машина построена по типу предыдущей. Число веретен первой крутки—160, второй—80, длина машины 19'5'', ширина 1'11'', высота 3'8''.

Преимуществами американских машин перед итальянскими или французскими являются: 1) лучшее конструктивное оформление машины (регулируемое натяжение ремня, прижим вер-

тен к ремню, лучшая посадка веретена в подпятнике и т. п.); 2) удобство обслуживания; 3) большие скорости отдельных органов машины; 4) большой коэф. использования машины; 5) более высокая производительность на 1 веретене; 6) меньший расход рабочей силы; 7) более быстрое прохождение продукта. Главными недостатками америк. машин являются: 1) большая потребность в площади, в особенности в случае установки однородных машин (примерно в $2\frac{1}{2}$ раза больше, чем итальянских); 2) больший расход энергии, также в $2-2\frac{1}{2}$ раза больше итальянских. Работа на американских машинах м. б. рентабельной в том случае, если машины работают с большими скоростями; последнее требует стандартного и хорошего качества сырья и рабочей силы высокой квалификации.

Техника Ш. Несмотря на то что на крутильную машину нить поступает уже перемотанной и в известной степени очищенной от шишек, налетов и петель, все же крутка является весьма ответственным процессом, при котором, в случае неисправности в работе машины или в обслуживании ее, возможно значительное снижение производительности и качества фабриката. Первым условием для получения фабриката хорошего качества и работы на крутильной машине с большими скоростями является исправное состояние машины, в особенности ее движущихся частей; веретена должны легко вращаться и быть с несработавшимися концами и хорошо выбалансированными; подпятники не должны иметь сработанных мест. Не малое значение имеет качество проволоки рогулек в машинах типа карася и бегунков в машинах вагерного типа. Рогульки делают из лучшей рояльной проволоки, бегунки—из стали, в целях возможного предохранения их от перетиравания шелковой ниткой. Плавное и равномерное вращение лежня имеет большое значение для правильной крутки, правильной намотки на лежень и дальнейшей перемотки шелка. Гнезда для концов оси лежня д. б. в полной исправности, на концы оси лежня не должен наматываться шелк, чтобы не затруднять его вращения. Необходимо следить и проверять правильность работы раскладника. Нить должна наматываться на лежень с определенным натяжением, при слабом натяжении нить при сматывании дает петли. Слишком туго намотанный лежень трудно сматывается на моточной машине. Натяжение нити проверяют рукой. Для увеличения натяжения нить закручивают лишней раз о крючок водка или пропускают ее через лишний крючок. Уменьшение натяжения м. б. достигнуто разгрузкой нити от излишних переходов через крючок или через глазок, а также уменьшением скорости намотки на лежень.

Работа с докруткой. Большинство ф-к в настоящее время работает с докруткой, т. е. дают крутильным машинам работать определенное время после ухода работниц с работы. Такая работа без обслуживания не вызывает недостатков, т. к. при обрыве нити лежень продолжает вращаться, и возможно лишь некое перетиравание шелковой нити о валик благодаря тому, что лежень соприкасается все время одним и тем же слоем нити с поверхностью валика, но это крайне незначительно действует на структуру крученой нити. Время, в течение которого представляется целесообразным производить докрутку, определяется 1) качеством

шелка: чем лучше шелк, тем меньше обрывность и тем продолжительнее м. б. докрутка; 2) состоянием машины; 3) организацией производственного процесса—имеются ли специальные бригады для помощи основным работникам при заправке машины на следующий день утром. Наличие такой бригады ускоряет ликвидацию обрывов, полученных во время докрутки и заправки машины, и потому при такой бригаде целесообразна более продолжительная докрутка. Наконец время докрутки зависит также от сорта вырабатываемого шелка, от скорости веретен, от условий t° и влажности. Практика показывает, что при средних условиях наиболее целесообразной продолжительностью докрутки является докрутка в течение 5—6 ч.

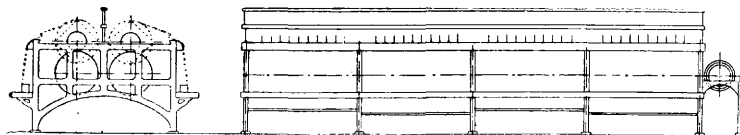
Запарка шелка после крутки. Шелк запаривается как после первой крутки, так и после второй. Нек-рые ф-ки запаривают шелк и в мотках после размотки его на моточных машинах. Запарка шелка имеет целью увлажнением нити временно уменьшить ее упругие свойства и предупредить ее петляние. Она производится в особых камерах, сложенных из кирпича. Запарная камера снабжается краном, трубкой, проводящей пар, трубой, отводящей пар после запарки, и на дне краном для отвода конденсационной воды. Шелк подается в запарную камеру в решетчатых ящиках или корзинах; рекомендуется ящики внутри обтягивать холстом и сверху накрывать для предохранения шелка от капель воды, падающей сверху. На больших крутильных ф-ках шелк подается в камеру на вагонетках. Длительность запарки определяется толщиной слоя шелка на лежнях, степенью крутки, а также титром и качеством шелка. Толщина слоя намотки составляет 7—8 мм. Продолжительность запарки, принятая на союзных ф-ках при давлении пара $2,5 \text{ atm}$, следующая (в мин.):

	После 1-й крутки	После 2-й крутки
Основа	8	12
Гренадин	8	10
Креп 2-нитный	10	—
» 3 »	15	—
» 4 »	20	—

Следует внимательно следить за тем, чтобы запарка шла возможно правильнее и равномернее, для чего перед запаркой шелк д. б. подсортирован, слишком слабо намотанные или с неполной намоткой лежни следует откладывать и запаривать их отдельно. Как недопарка, так и перепарка портят шелк и затрудняют его дальнейшую обработку. При недопарке нить плохо сходит и дает сукрутины и петли, при перепарке шелк теряет блеск и цвет, делается тусклым, нить становится слабой, и обрывность нити повышается. После запарки шелк поступает в сушилку, что необходимо в целях возможно равномерного подсушивания серицина и для избежания заклеенности шелка. Сушка производится при $t^\circ 55^\circ$.

Перемотка шелка в мотки или на обины. Полученный на лежнях крутильной машины шелк д. б. перемотан в форму, удобную для перевозки. Наиболее простой и удобной формой является моток; все виды крученого шелка, для к-рых моточная форма является возможной, перематываются в мотки; сильно крученые виды шелка, как креп, муслин, гренадин и другие, обладают такой силой раскручивания и образуют при раскручивании такие петли, что в мотки не м. б. перемотаны

и перематываются на бобины. Моточная машина (фиг. 21) состоит из станины, на которой укреплен внизу полка, на к-рую устанавливаются лежки с шелком, прошедшие запарку. Главную часть машины составляют мотовила, на к-рые перематывается шелк. Мотовила размещены в верхней части машины и получают вращение от трансмиссии. Обычно мотовило имеет 4 лопасти. Число мотовил бывает различно. На каждой стороне машина имеет от двух до шести мотовил, на каждом мотовиле наматывается по 10 мотков. Переходя с катушки на мотовило, нить проходит направляющие стеклянные прутки и глазок раскладника; последний имеет возвратно-поступательное движение и раскладывает нить на мотовиле. Машина снабжена еще двумя механизмами: счетчиком



Фиг. 21.

длины нити, который может устанавливаться на определенную длину намотки, и автоматическим останком, который останавливает машину в случае окончания намотки. Соотношение скоростей мотовила и раскладника таково, что нить наматывается на мотовило крестообразно, и моток получается с отверстиями в виде ромбов.

Применяемые для перемотки на бобины бобинажные машины встречаются весьма разнообразных конструкций и систем. Наибольшее распространение на союзных ф-ках имеют машины франц., швейцарских и американских з-дов как по системам намоток, так и по приспособлениям, регулирующим натяжение нити. Производительность америк. бобинажных машин значительно выше, чем европейских, но, с другой стороны, они имеют ряд недостатков: 1) занимают много места, 2) требуют большого расхода энергии, 3) неудобны в обслуживании, 4) имеют переменную окружную скорость бобин, 5) при пуске нить испытывает слишком большое натяжение. Работа бобинажной машины является очень ответственной благодаря большому скоростям, к-рые имеют бобины. Необходимо строго следить за тем, чтобы наиболее ответственные части машины находились в полной исправности, установка лежней, посадка бобин на веретена, вращение веретен и раскладника также были правильными. Для более легкого схода нити рекомендуется надевать на лежки гладко полированные деревянные крышки, к-рые предохраняют нить от прикосновения к негладкой поверхности лежки.

Влияние крутки на свойства нити. Крепость шелка при крутке одиночной грежевой нити по сравнению с таковой же нитью некрученой понижается. Объясняется это двумя причинами: грежевая нить, будучи нитью жесткой, заклеенной, при крутке испытывает определенные механич. деформации, на поверхности ее в серицином слое получаются надломы, рассечины и другие повреждения, во-вторых, при крутке получаются напряжения в нити, к-рые уже частично используют динамометрич. возможности ее; жесткая же заклеенная природа шелка-сырца (грежи), его гладкая поверхность не позволяют отдельным

грежевым нитям при крутке притти в более тесное соприкосновение и увеличить трение, что мы наблюдаем в мягкой пряже; и действительно в вареной шелковой нити мы наблюдаем уже совершенно иное явление: крепость нити при крутке ее до известного предела повышается. При крутке сдвоенной нити до известного предела, к-рый зависит от титра, числа концов и качества шелка, крепость крученой нити повышается в пределах 5—10%; ОСТ 987 на крученый шелк устанавливает следующие нормы крепости при крепости грежи 1-го сорта, равной 3,9 г на 1 денье:

Уток	в 2 конца	3,6 г	Гренадин	в 2 конца	3,3 г
Основа	» 2	» 3,5	Креп	» 2	» 2,4

При кручении отдельные нити, располагаясь по винтовым линиям, в длину укорачиваются, т. е. длина трощеной нити будет меньше длины составляющих ее нитей. Укрутка тем больше, чем толще нити, составляющие крученую нить, чем больше число их и чем сильнее крутка. Увеличение титра крученого шелка благодаря укрутке (по Розенцвейгу) составляет: для утка—0,75%, организна—1,5%, гренадина—3,0%, крепа—10,0%. Проф. Коломбо дает для укрутки крепа 12%, гренадина—3%. Крутка оказывает влияние и на блеск шелка. Крученый шелк всегда имеет меньший блеск, чем грежа, из которой он кручен. Связность крученой нити значительно выше некрученой. Крученая нить отваривается и красится в мотке; она лучше сопротивляется расщеплению при проходе нити через ткацкие и трикотажно-вязальные приспособления—берда, ремиз, крючки, иглы и др. Перематывающаяся способность шелка претерпевает в процессе крутки также существенные изменения: благодаря утолщению нити и увеличению ее абсолютной крепости, а также повышению ее связности обрывность уменьшается, и крученый шелк может перематываться при большей скорости, чем некрученая грежа, но, с другой стороны, благодаря изменению его поверхности (в связи с круткой он теряет гладкость) и благодаря возникновению от закручивания нити внутренних упругих сил, которые, заставляя нить раскручиваться, образуют петли, перемоточная способность крученого шелка значительно понижается.

К числу недостатков крученого шелка относятся: 1) плохо скрученная нить (недокрутка или перекрутка), 2) сукрутина, 3) неправильное число концов в крученой нити, что бывает при тростке на машинах без автоматич. останова или в результате обрыва одного конца нити во время крутки, 4) неправильно связанные узлы и узлы с слишком длинными концами, 5) петли, которые получаются вследствие захлестывания нити оборвавшейся соседней нитью во время прохождения ее с веретена на лежень крутильной машины, 6) загрязненные места нити. Причиной первого недостатка являются неисправности тростильной или крутильной машины; плохая крутка получается в том случае, если веретено плохо выверено и бьет, если нити имеют неодинаковое натяжение, если работница слишком медленно связывает концы, а конец нити на веретене закрутится и получает лишнюю крутку. Сукрутина является в результате трощения нитей, имеющих неодинаковую крутку, или неодинаковый титр, или

различное натяжение, или наконец неодинаковую влажность. Влажная нить очень легко удлиняется, а, высыхая, укорачивается и естественно в результате тростки с сухой нитью дает сукрутину; последняя может быть в результате неправильной или неравномерной заправки, как было уже указано. При браковке шелка на бобинах к браку относят: 1) бобины со слабой и неправильной по форме намоткой, 2) бобины недокрученные с недокрученным шелком, 3) загрязненные бобины, 4) бобины с шелком различного цвета (белый и желтый на одной бобине).

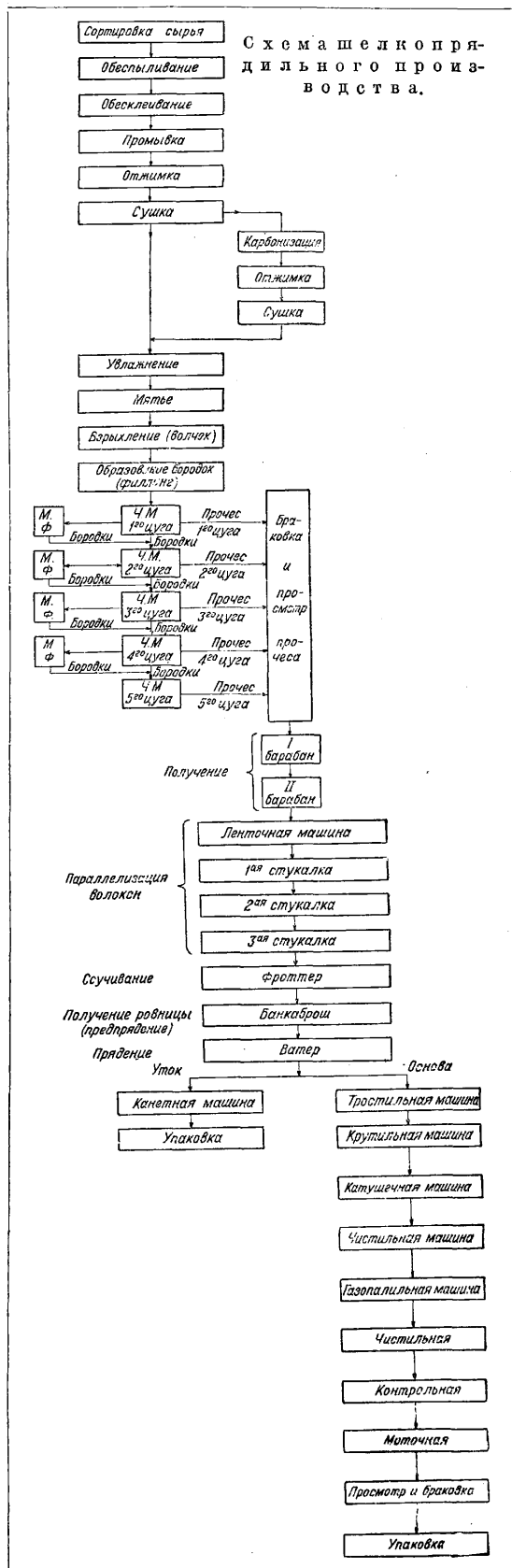
Перевязка мотков, чистка и упаковка шелка. Мотовила с шелком поступают к перевязальщице, на обязанности которой лежит и чистка шелка. Перевязальщица перебирает и просматривает шелк, обрезает длинные концы узлов, вырезает участки нити с недостатками и заменяет их хорошими. Мотки с большим числом недостатков перевязальщица откладывает, и они должны упаковываться отдельно. Перевязка мотков в настоящее время производится по сист. Гранта, которая состоит в том, что моток перевязывается в трех местах, причем нитка пропускается в просветы крестовой намотки. Согласно ОСТ 987 периметр мотка равен 1,125 м, вес 40—60 г. Мотки д. б. перевязаны в трех местах крученой хл.-бум. пряжей № 24/2 или пряжей бурдеса, крученой в 2 нитки. Длина перевязки д. б. на 3 см длиннее ширины мотка. Мотки, скрученные в куфты, связывают в пакет по 15 куфт в каждом и упаковывают в кипы весом 50—60 кг. Кипы упаковывают в прочную двойную мешковину, выложенную внутри гладкой бумагой, перевязывают веревкой и запломбировывают. В мотках обычно выпускают следующие сорта пряжи: уток, основа, грендин и одюле; креп и муслин всегда выпускают на бобинах. Шелк на бобинах упаковывают в фанерные ящики весом 25—30 кг. Ящик внутри обкладывают плотной бумагой; отдельные ряды бобин с шелком в ящике также перекладывают бумагой. Ящики перевязывают веревкой и запломбировывают. К кипе или ящику прикрепляют ярлык, на к-ром пишут название ф-ки, № кипы, вид крутки, титр шелка, вес brutto и нетто, вес тары. К кипе или ящику прилагается паспорт кондиционного учреждения с характеристикой качества крученого шелка.

Лит.: С и м, Шелк-сырец и его кручение, пер. с англ., М.—Л., 1932; Коробанов А., Пасекин Н. и Смирнов К., Крутильное и ниточное производство, Ив.-Вознесенск, 1927; Анучина С. и Кукин Т., Шелковая пром-сть СССР, М., 1930; Seem W., Raw Silk Properties, Classification of Raw Silk a. Throwing, N. Y., 1929; L o i r J., Traité de moulinage des soies, Lyon, 1932; Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, В. 4, Т. 2; Technologie u. Wirtschaft d. Seide, В., 1929; «Советский шелк», М., 1930, 1, 2, 3, 4; «Шелк», Москва, 1931—32. В. Линде.

ШЕЛКОПРЯДЕНИЕ. Сырьем для Ш. служат различные остатки шелководства и первичной обработки шелка (кокономотание), которые получают в огромном количестве и которые м. б. использованы лишь в процессе разъединения массы на отдельные волокна и их прядения. По данным Зауренгауза (M. Saurenhaus) на 1 кг размотанного шелка сырья получается 1,16 кг шелковых остатков; общее мировое количество их в год определяют в 105—13 млн. кг.

По происхождению все шелковые остатки можно разделить на 3 группы: 1) остатки шелководства, 2) ост. тки кокономотания, 3) остатки шелкокручения и шелко-чества. К первой группе относятся: 1) сор-п-тутина (охлопья), к-рую шелководный червь выпускает для того, чтобы дать основание кокону, и к-рая снимается с кокон-

Схемашелкопрядильногопроизводства.



ника и с кокона как самая наружная оболочка его. Содержащие шелка в охляпях (сдоре) 30—40%; 2) порченные коконы, получаемые при сортировке. К ним относятся: а) пятнистые коконы с внутренними пятнами, обычно имеющие и слабую оболочку, называемые Чхарри на Кавказе, Карапачах в Средней Азии; б) коконы недовитые, слабые, но без пятен—белый Чхарри, Акпачах; в) атласистые коконы с рыхлой, но атласистой, несколько блестящей оболочкой; г) коконы со слабыми концами или открытые с одного или обоих концов; д) уроды и двойники, к-рые не м. б. размотаны, а также пятнистые двойники; е) коконы с большой куколкой и рывые с гнилой куколкой; ж) grenажные коконы с прорванной при выходе бабочки оболочкой. Эти виды остатков содержат 50—75% шелка. Ко второй группе относятся: а) верхняя часть оболочки, снимаемая при запаривании коконов и называемая фризомом. Фризон содержит 65—71% шелка и является самым ценным видом сырья в Ш.; б) донные коконы-бассинет—коконы, к-рые тонут в тазу, не домотавшись до конца. Этот вид остатка содержит 40% шелка и является также довольно ценным видом шелкопрядильного сырья; в) одонки—внутренние оболочки с куколкой коконов, домотанных до конца, называемые также телет, содержат очень небольшой % шелка—до 10%; вываренные одонки и донные коконы носят название фризонет; г) рвань, получаемая и снимаемая при размотке. Кроме перечисленных видов остатков заграничная практика различает еще: а) фризон от размотки двойников, б) одонки двойников. К третьей группе относятся: а) рвань кручая, получаемая при размотке, чистые и крутке шелка; заграничные биржи различают шелковую рвань по месту ее происхождения: рвань европейских кокономотален, рвань китайская, кантонская, бенгальская; в последнее время благодаря большому количеству крепа этот вид отбросов является менее ценным для Ш., так как содержит много сильно крученой нити; б) рвань ткацкая и ткацкие концы бывают сильно перемешаны с концами хлопчатобумажной пряжи; в) шелковый лоскут; последний не имеет в шелкопрядении большого значения, так как при аппретировании шелковых тканей, в особенности при утяжелении шелка, его свойства сильно ослабляются.

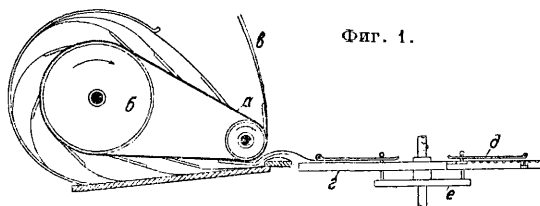
Заграничная шелкопрядильная промышленность потребляет значительное количество дикого шелка, волокно к-рого отличается крепостью, большей толщиной, характерным внешним видом и цветом и для некоторых товаров, например для тяжелых одежных тканей, является незаменимым. Для классификации шелковых отходов по качеству в СССР установлен ОСТ 4550, к-рый охватывает все перечисленные виды отходов. Основные виды отходов (коконный брак, фризон и фризонет) разделяются в зависимости от качества на три сорта.

Перед прядением шелковые остатки подвергают ряду процессов (см. схему шелкопрядильного производства).

С о р т и р о в к а имеет целью: 1) подобрать кипы по качеству сырья, 2) отобрать те из них, к-рые не соответствуют качеству данной партии, 3) удалить из кипы гнилое волокно и крупные посторонние примеси, 4) растряссти комья и слежавшиеся места кипы. Все это обычно производится вручную. В сортировочном же отделении производится резка фризона на дватри конца вручную с помощью особо укрепленного ножа и резка коконов двойников пополам на машине.

Обеспыливание. Попытка пропускать перед варкой куколкисодержащие и загрязненные виды сырья через обеспыливающие волчки, применяемые в других текстильных производствах, не дала положительных результатов; выколачивание фризонета и бассинета производится на коконотрепальной машине (фиг. 1). Рабочим органом машины является ремень *a* шириной 220 мм, получающий быстрое движение (3 м/сек) от большого шкива *б*. На ремне укреплены кожаные или резиновые полосы *в* длиной 600 мм и шириной 50 мм каждая, которые при поворотах ремня отталкиваются от него и с большой силой ударяют по поверхности стола *г*. Стол \varnothing 750 мм составлен из чугунных решетчатых секторов со щелями шириной 10 мм. На стол накладывают коконы слоем в 30—40 мм и закрепляют железными полосами *д*, идущими радиальн. Стол укреплен на вертикальной оси *е* и медленно вращается, делая 0,6—1,8 об/м. Ремненные полосы,

ударяя по оболочке кокона, разрывают ее, разбивают куколку, выбивают из материала сор, пыль и остатки куколки и наконец делают волокно более мягким. Степень действия на волокно машины зависит от: 1) числа ударов (800—900 в 1 мин.) и 2) силы ударов, которую можно регулировать. Более жесткие и загрязненные виды сырья требуют более сильной обработки. Производительность машины



Фиг. 1.

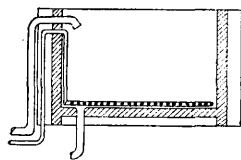
в зависимости от качества сырья составляет 5—12 кг/ч, расход энергии 1,0—1,2 НР. Если в качестве обесклеивания применяется варка, то сырье упаковывается в небольшие мешки вместимостью 300—500 г и направляется в варочное отделение.

Обесклеивание имеет целью удалить из сырья клей, восковые и смолистые вещества и обезжирить волокно настолько, чтобы оно могло быть обрабатываемо на прядильных машинах; процент веществ, подлежащих выварке, колеблется в различных видах шелковых остатков 20—50, процент же клея, остающийся в волокне, после варки обычно не превышает 3; это количество клея оказывает хорошее действие на волокно при дальнейшей обработке его, т. к. клей предохраняет его от слишком резкого и вредного механического действия различных органов машин; кроме того присутствие клея понижает способность шелкового волокна наэлектризовываться во время обработки на машинах. Обесклеивание производится: а) мацерацией, т. е. гниением, б) варкой, в) комбинированным способом, заключающимся в варке и мацерации.

а) М а ц е р а ц и я состоит в том, что материал закладывается в каменные ямы или деревянные чаны с двумя днищами, между к-рыми находится змеевик для подогрева воды в чану. Размер чана—2×2×2,5 м, емкость—2 000 кг сырья. Материал загружают слоями, причем каждый слой поливают теплой водой t° 30—40°. После загрузки чан наполняют горячей водой (70°). При слишком загрязненном и заклеенном сырье, а также при высокой жесткости воды, в воду, наливаемую в чан, прибавляют небольшое количество мыла и кальцинированной соды (2—5% от веса сырья). Процесс брожения начинается с гниения наименее стойких органич. веществ, каковыми являются куколка и клей (серии). Мацерация—процесс очень ответственный, т. к. при передержке начинается разрушение фибрина, т. е. шелкового волокна, благодаря чему оно делается слабым и теряет блеск, при недодержке волокно получается жестким, без достаточного блеска и плохо идет в производстве. Окончание процесса мацерации узнается по тому, насколько клей размягчится и насколько отдельные волокна хорошо отделяются одно от другого, а также по мягкости, скользкости, крепости и блеску волокна. В зависимости от загрязненности и заклеенности волокна, а также от степени жесткости воды процесс ма-

церации длится 4—10 дней. В Японии для удобства выгрузки сырья загружают в чаны в корзинах. После мацерации волокно промывается (см. ниже). Процесс мацерации дает волокно мягкое, с хорошими блеском и выходом, но благодаря длительности его и антигигиеничности он применяется сравнительно редко.

б) В а р к а. Несравненно чаще обесклеивание производится путем варки, причем слишком загрязненное сырье рекомендуется предварительно промыть, что производится руками в барках с теплой водой. Перед варкой производится замочка, часто в том же самом составе, в котором производится и варка. Для ускорения и усиления действия варки применяют мыло и кальцинированную соду. Для очень загрязненных и заклеенных партий допускают применение небольшого количества едкого натра, к-рый оказывает очень сильное действие на шелк и легко может вызвать разрушение фибрина, а следовательно и ослабление волокна. Количество различных веществ и режим варки зависит от характера сырья, степени его заклеенности и загрязненности, а также от назначения готового фабриката. Если пряжа идет в ткацкое производство, то, имея в виду последующую отварку и крашение ткани в куске, при варке оставляют больший % клея (до 6%); при сырье же, предназначенном для производства кружевной пряжи, которая обычно остается в суровом виде, варка производится более сильная. Для проведения процесса варки шелковых остатков имеются котлы специальных типов, но является очень удобной и дает прекрасные результаты варка в деревянных барках (фиг. 2). Размеры



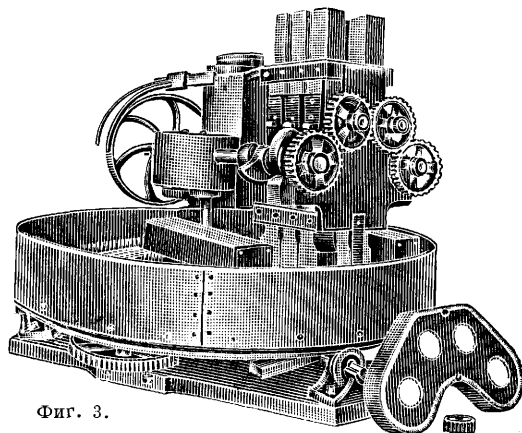
Фиг. 2.

ее: длина 1,9 м, высота 1,2 м, ширина 1,6 м, емкость 3,47 м³. Барка имеет два дна: нижнее сплошное, верхнее решетчатое. Между днищами помещается змеевик для подогрева воды.

в) При применении к о м б и н и р о в а н о г о способа обесклеивания сначала материал подвергается легкой варке с мылом и содой, затем следует мацерация и наконец вновь варка. Между варкой и мацерацией промывки не производят; наоборот, между мацерацией и варкой промывка необходима. Слишком сильная варка портит волокно—оно делается расщепленным, теряет крепость и структуру. В Японии в целях сохранения структуры волокна первую варку иногда заменяют продолжительной замочкой в слабой мыльной эмульсии при t° 75° в течение 6—10 час.

П р о м ы в к а имеет целью удалить клей, грязь, омыленные жиры, вещества и остатки состава, в к-ром производилась варка. Промывка должна следовать немедленно по окончании варки с тем, чтобы клей и грязь не успели проникнуть внутрь волокна. Плохо промытое волокно с остатками жиров, куколками, грязью затрудняет дальнейшую его обработку. Промывка м. б. произведена: 1) вручную в барках и 2) на машинах. Ручная промывка состоит в том, что материал прополаскивают в теплой воде в барках. Такая промывка расходует мало воды и совершенно не повреждает волокна, но требует много времени и рабочей силы, поэтому более широкое распространение получила промывка на машинах. Обычно материал промывается два раза—сначала в го-

рочей воде, затем—в холодной. Для промывки в горячей воде применяется машина, состоящая из медного котла с двойным дном, верхнее дно решетчатое. Котел медленно вращается около вертикальной оси; в него загружают промываемый материал и наливают горячую



Фиг. 3.

воду, при сильной загрязненности прибавляется мыло. Рабочим органом машины являются тяжелые деревянные песты, работающие от эксцентриков; опускаясь на материал, песты отжимают из него воду и грязь, которые собираются на нижнем дне котла. В целях экономии отработанная вода перекачивается и используется вновь. Песты можно устанавливать в соответствии с толщиной слоя материала. Производительность машины в среднем составляет 60 кг/ч. Расход энергии 2 НР. Для промывки в холодной воде применяется машина, показанная на фиг. 3, которая представляет собою большой стол диам. 2,1 м, медленно вращающийся на вертикальной оси. На стол нагружается промываемый материал. Для предохранения материала от сползания со стола последний окружен высоким бортом. На одной стороне машины установлены шесть тяжелых деревянных пестов, которые поднимаются с помощью кулаков и затем, будучи с ними расцеплены, падают и своей тяжестью отжимают находящийся под ними материал. Число пестов 4—12. На стороне стола, противоположной пестам, иногда устанавливают сильный каток, к-рый отжимает воду из материала. В двух местах стола (до и после пестов) струя воды под давлением промывает материал. Сырье средней загрязненности промывается два раза, т. е. стол делает два оборота. Сильно загрязненное сырье требует 4—5 оборотов. В зависимости от загрязненности сырья производительность машины колеблется от 25 до 40 кг/ч. Расход энергии 2 НР. При всех процессах варки и промывки огромное значение имеет состав воды. Мыло, употребляемое при варке, д. б. нейтральным. Обезжирение с помощью бензина не получило применения. Промытый материал отжимается и просушивается. Отжим воды из материала происходит или в центрифугах или на вальцах. Центрифуги более употребительны, т. к. отжим на вальцах, вытягивая волокно, хотя и дает ему хороший блеск, но разминание между вальцами остатков куколок и других примесей пачкает промытое волокно.

С у ш к а м. б. произведена: 1) на воздухе, 2) в сушильных камерах, 3) в механич. сушиль-

ках. Воздушная сушка дает хорошие результаты, но она требует много времени и зависит от погоды. При сушке в камерах материал развешивают, расправляя его на оцинкованных крючках в камере, при t° 50—60° (Япония). Во Франции применяют ящичные сушилки. Ящики с решетчатым дном, через к-рое проходит нагретый воздух, вручную нагружают и помещают в сушилку. Наиболее производительной является сушка в механич. сушилках. В качестве таковых наибольшее распространение имеют ленточные многоруслые сушилки; t° сушки дается не выше 95°, т. к. при более высокой t° шелк делается слишком жестким и ломким и теряет эластичность.

К а р б о н и з а ц и я имеет целью удалить остатки растительных волокон и применяется лишь в том случае, если материал загрязнен примесями растительного происхождения. Материал замачивают 2,2%-ным раствором серной к-ты и оставляют лежать в течение 30 мин., затем отжимают на центрифуге и сушат (см. *Карбонизация*). Неправильно или небрежно проведенная карбонизация может испортить целую партию и сделать волокно хрупким, слабым и красноватого цвета. В Японии практикуется карбонизация парами соляной к-ты.

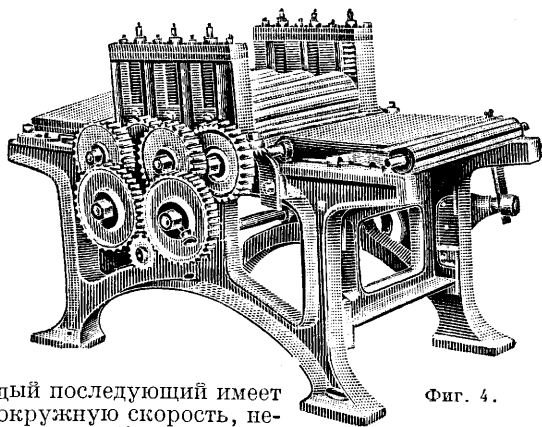
У в л а ж н е н и е. Поступающий в обработку шелк должен иметь в целях уменьшения его способности наэлектризовываться определенную влажность, близкую к нормальной и возможно одинаковую во всей массе волокна. Увлажнение волокна производится: 1) в увлажнительных камерах или 2) обрызгиванием эмульсией. Увлажнение в камерах м. б. произведено помещением в камере бассейна с водой и поддержанием в ней постоянной влажности или распылением в ней пара. Для обрызгивания материала применяется эмульсия, состоящая из 94% воды, 4% нейтрального мыла и 2% ализаринового масла. После обрызгивания материал перемешивают и дают ему вылежаться в течение нескольких дней для возможно равномерного пропитывания эмульсией. Лежка материала необходима и при камерном увлажнении. Способ обрызгиванием дает менее равномерно увлажненный материал, но он дает возможность увлажнить материал не только водой, но пропитать его эмульсией, к-рая придает волокну мягкость, нежность и понижает, как и влажность, способность волокна наэлектризовываться.

М я т ь е имеет целью размягчить волокно, которое благодаря оставшемуся в нем серичину имеет некоторую жесткость. Рабочим органом мальной машины (фиг. 4) являются три пары стальных вальцов (\varnothing 100 мм, ширина 600 мм), снабженных зубчатобразными рифлями. Нижние вальцы с помощью особого механизма получают возвратно-вращательное движение, поворачиваясь на $\frac{3}{4}$ оборота вперед, а затем на $\frac{1}{4}$ оборота назад. Верхние вальцы прижаты к нижним с помощью пружин, самостоятельного движения не имеют и получают таковое от нижних вальцов. Производительность машины 20 кг/ч. Расход энергии 2 НР. Через мялку обычно пропускается только фризон.

Т р е п а н и е и р а з р ы х л е н и е имеют целью: 1) разрыхлить волокна, 2) удалить из них остатки пыли и сора, мелкие части куколок и другие примеси, 3) по возможности разединить волокна и 4) начать вытягивание их в одном направлении и их параллелизацию. В виду специфических особенностей шелкового

волокна этот процесс существенно отличается от трепания и разрыхления короткого волокна (напр. хлопка) сильными ударами по волокну зубьями трепального барабана или билами трепальной машины. Шелковое волокно длинное, недостаточно разьединенное на отдельные волокна, не обладает той упругостью, которую имеет короткое волокно; оно может быть разрыхлено и в процессе разрыхления очищено от посторонних примесей лишь путем расщипывания иглами.

Для разрыхления фризона применяют волчок, главным рабочим органом к-рого является барабан с игольчатой поверхностью, окружность которого равна $\sim 2,68$ м. Барабан вращается со скоростью 85 об/м., что дает окружную скорость 225,5 м/мин. Фризон, подлежащий обработке, отвешивают порциями по 600 г. Отвешенная порция фризона равномерно настилается на питающем полотне машины (медленно движущийся кожаный или брезентовый рукав), волокно захватывается парой питающих рифленых валиков и передается первому разрыхляющему аппарату, состоящему из пяти игольчатых цилиндров, из к-рых каж-



Фиг. 4.

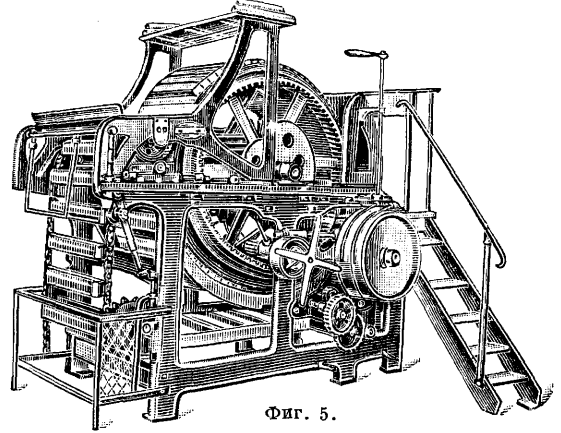
дый последующий имеет окружную скорость, несколько большую, чем предыдущий. Эта система игольчатых цилиндров является предварительным органом. Проходя последовательно игольчатые цилиндры, материал не только разрыхляется, но благодаря тому, что окружная скорость игольчатых цилиндров постепенно увеличивается, получает некоторую вытяжку. Пройдя последний игольчатый цилиндр, материал захватывается иглами барабана, окружная скорость которого в 300—400 раз больше окружной скорости последнего игольчатого цилиндра, благодаря чему происходят очень сильное разрыхление, разрезывание и вытяжка материала. Когда весь настил намотан на барабан, машина останавливается, рабочий разрезает крючком полотно по линии, где нет игол на поверхности барабана, и так, чтобы не попортить его гарнитуры. Холст заправляют между рифлеными выпускными валиками, снимают с барабана и складывают в ящик. Скорость питающих рифленых цилиндров 0,63 м/мин. Скорость барабана 225,5 м/мин. Т. о. общая вытяжка — $\frac{225,5}{0,63} = 357$. От плохой подготовки волокна на волчке в значительной мере зависит ход обработки материала и на последующих машинах. На волчок материал поступает не разрыхленным, часто со значительным содержанием примесей, поэтому его гарнитура сильно за-

грязняется и легко портится. Барабан и цилиндры д. б. хорошо центрированы и имеют правильное вращение. Производительность волчка зависит от: 1) качества материала, 2) состояния машин и в особенности игольчатых поверхностей, 3) квалификации рабочих и 4) режима работы, т. е. от скоростей и размера настила, и в среднем м. б. принята: для фризона 18 кг/ч, для кокона 15 кг/ч и для фризонета 12 кг/ч.

Приготовление бородок. Материал с волчка в виде холста поступает на филлинг-машину, задачей которой является подготовить материал для чесальной машины и разделить его на отдельные бородки. Материал взвешивают и затем равномерно раскладывают на питающее полотно филлинг-машины, которое подает материал питающим рифленным валикам; после них следует система игольчатых цилиндров, как и в волчке, одновременно разрыхляющих и вытягивающих материал, который затем захватывается длинными иглами барабана и наматывается на него. Гарнитура барабана существенным образом отличается от гарнитуры волчка. На поверхности барабана укреплены 12—14 стальных планок с иглами. Каждая планка имеет по два ряда игол. Наполнение гребней барабана д. б. возможно равномерным. Оно зависит от: 1) равномерности настила волокна на питающем столике, 2) правильного центрирования барабана и его вращения, 3) правильной установки планок на барабане и от исправного состояния игол. Когда весь настил наматывается на барабан, то питающий столик выключается, привод переводят на холостой ход и барабан останавливают. Рабочий с помощью ножа и планки разрезает волокно около каждого из концов игол планки по всей ширине машины на 14 полос—длина каждой из них равна ширине машины, а ширина— $\frac{1}{14}$ окружности барабана. Вес полос д. б. по возможности одинаковым (в среднем $\frac{800}{14} \sim 43$ г). Рабочий, обслуживающий машину, берет палочку diam. 10 мм и длиной 720 мм, увлажняет ее в мыльной воде (для того чтобы волокно легче прилипло к ней), кладет ее параллельно оси барабана под края бородок так, чтобы они свешивались на палку и при вращении ее нависались на нее; когда примерно половина бородки намотана на палку, рабочий отнимает ее от барабана, и бородка снимается с игол гребня. Снятые таким путем бородки поступают на чесальную машину. Вытяжка на филлинг-машине равна $\frac{v}{v_1} = 495$, где v —окружная скорость барабана, равная 187 м/мин (при \varnothing барабана 0,86 м и числе об/мин. 69), v_1 —скорость питающей решетки, равная 0,378 м/мин (при \varnothing вала 0,102 м и числе об/мин. 1,185).

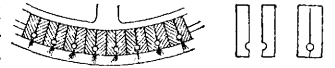
Чеса н и е. Для прочеса бородок, получаемых на филлинг-машинах, применяются два типа чесальных машин: 1) круглая (циркулярная) и 2) плоская, или дрессинг. Круглая как машина непрерывного действия, органы к-рой имеют вращательное движение, более производительна и потому имеет большее распространение. На поверхности барабана \varnothing 1 500—1 800 мм (фиг. 5) укрепляют бородки, полученные с филлинг-машины. Барабан обычно разделен на шесть секций (фиг. 6), имеющих определенное число тисков для закладывания в них бородок. Для машины первого прочеса число тисков в секции составляет для первого про-

чеса 13 (12 бородок), для четвертого прочеса 23 (22 бородки). Бородки, поступающие с филлинг-машины, закладывают в тиски вместе с палочкой, на которой намотана бородка; зажим бородки при прочесе ее второго конца производится без палочки, и потому конструкция тисков д. б. иной. Поэтому в каждой секции половина мест устроена для зажима конца бородки с палкой и половина мест для зажима без палки. В то время, когда бородки подходят



Фиг. 5.

под действие чесальных приспособлений, они д. б. сильно зажаты в тиски, чтобы при прочесе волокна не вырывались из тисков; наоборот, при закладывании бородок тиски д. б. ослаблены, для чего каждая секция барабана снабжена особым приспособлением, к-рое автоматически зажимает тиски, когда бородки подходят к прочесу, и освобождает их, когда бородки подходят к обслуживающему рабочему. Барабан вращается очень медленно, делая 4—9 об/час, и обслуживается рабочим на ходу; т. о. закладывание и вынимание бородок происходит во время вращения барабана. Рабочими органами машины, производящими прочес бородок,



Фиг. 6.

являются или бесконечное полотно с гребнями, которое огибает барабан на определенном расстоянии, и чесальный валик или два чесальных валика—передний и задний.

Машина имеет полотно с гребнями. Бородки, заложенные рабочим в тиски секции барабана, при вращении его подходят прежде всего под действие кожного треугольника, который проглаживает волокна бородки, затем бородки прочесываются гребнями полотна, к-рые, входя в бородку, вычесывают из нее короткие волокна, а также посторонние примеси. Длинные волокна остаются в бородке. Пройдя гребни, бородки подходят под действие игол чесального валика, к-рые прочесывают конец бородки в обратном направлении. После этого прочесывается конец, зажаты в тисках. Когда секция вновь подходит к рабочему и тиски свободны, он осторожно вынимает бородку за концы палочек и закладывает в тиски прочесанный конец бородки. Бородки, двигаясь вместе с поверхностью барабана, подходят под действие особого приспособления, которое автоматически снимает с бородок палки, и свободные концы бородок прочесываются сейчас так же, как первые концы, к-рые теперь зажаты.

После прочеса второго конца бородка полностью прочесана и снимается с машины с помощью флажка, представляющего собою палку длиной 810 мм, на к-рой укреплен кусок бязи размером 680 × 680 мм. Рабочий накрывает флажком бородку и начинает накручивать на палку бязь вместе с волокном, выходящим из отпущенных тисков.

После прочеса материал получается в трех видах: 1) прочесанные бородки, к-рые убирают во флажки, 2) бородки, остающиеся на гребнях полотна, 3) очес на вальяне. Прочесанные бородки поступают на просмотр. Бородки на гребнях снимаются специальной работницей и накручиваются на палки так же, как бородки с филлинг-машины. Эти бородки поступают вновь на чесальную машину и прочесываются вторично. Вальняный очес снимается чесальщиком после каждого оборота барабана машины и поступает вновь на филлинг-машину для получения бородок, которые вместе с бородками, снятыми с гребней первой чесальной машины, поступают на вторую чесальную машину. Филлинг-машина, которая производит бородки из очесов, меньше описанной выше филлинг-машины, и система игольчатых цилиндров у нее меньше, чем у первой, почему она и называется малым филлингом, в то время как первая называется большим филлингом. Настил на малом филлинге должен соответствовать весу бородок (28 г). В таком случае настил делают $14 \times 28 \approx 400$ г.

Волокно шелковых остатков является настолько неравномерным по длине, что для того, чтобы его правильно рассортировать по длине и наиболее рентабельно использовать, приходится пропускать через 4, 5, 6 и даже 7 чесальных машин, причем каждый раз бородки с гребней и вальняный очес поступают на следующую чесальную машину, кроме очесов с последней чесальной машины, которые вследствие малой длины волокна не м. б. обработаны в системе прядения шелка и поступают в буретное прядение (см. ниже) или вигоневое производство. Длина волокна 1-го цуга 150—200 мм, 2-го—100—200 мм, 3-го—60—80 мм, 4-го—40—50 мм. Чем лучше и длиннее волокно, тем на большее число цугов его следует чесать. Низшие сорта волокна разделяются на 3 и 4 цуга, высшие—на 6—7 цугов. Качество прочеса зависит от: 1) правильно произведенной варки материала и хорошей подготовки волокна на волчках и филлинг-машинах, 2) хорошего центрирования барабана и вальянов и их плавного вращения, 3) правильной установки гребней и чесального вальяна относительно барабана, 4) чистоты и исправности игольчатых поверхностей, 5) правильного сема бородок и своевременного очеса вальяна. В табл. 1 приведены производственные данные чесальных машин з-да Гринвуд и Батлей.

Табл. 1.—Характеристика чесальных машин завода Гринвуд и Батлей.

Машины	Число сезаний	Число тисков	Число гребней	№№ игол		n*	
				гребней	вальяна	в секции	на маш.
1-го цуга	13	78	18	$19 \times 2 \frac{1}{4}''$	$22 \times 2 \frac{1}{8}''$	12	72
2-го »	17	102	18	$20 \times 2 \frac{1}{4}''$	$22 \times 2 \frac{1}{8}''$	16	96
3-го »	19	114	24	$21 \times 2 \frac{1}{8}''$	$22 \times 2 \frac{1}{8}''$	18	108
4-го »	23	138	24	$22 \times 2 \frac{1}{8}''$	$22 \times 2 \frac{1}{8}''$	22	132

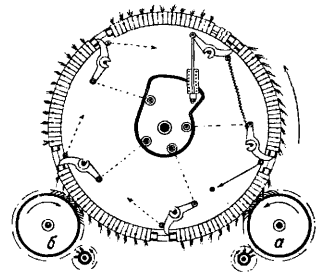
* Число закладываемых бородок.

Степень прочеса зависит от числа гребней и игол барабана, которые приходится на одну бородку, и эти числа м. б. изменяемы в очень широких пределах: скорость гребней от 5 до 35 м/мин, и число оборотов вальяна от 19 до 115 в мин. Выход прочеса и производительность чесальных машин приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Выход прочеса и производительность чесальных машин.

Вид сырья	Выход в %				Производ. в кг/ч				
	Цуги				Цуги				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Фризон	25	13	7	4	2,0	1,1	0,8	0,55	0,41
Фризонет	—	12	6	2,2	0,8	0,11	0,3	0,15	—
Подмет	—	—	—	—	0,55	0,13	0,34	0,22	—
Кокон брак	17	9	4,5	2,5	1,4	0,81	0,7	0,5	0,32
Басснет	—	—	—	—	1,0	0,31	0,22	0,17	—
Грежевая рвань	—	—	—	—	1,6	0,9	0,6	0,28	—

На фиг. 7 представлен другой тип чесальной машины, в которой вместо гребенки и вальяна имеется два вальяна. Передний вальян а, прочесывающий бородку первым, вращается в направлении, обратном вращению барабана, задний—б вращается в направлении вращения барабана. Задний вальян получает бородку уже прочесанную, хотя и в противоположном направлении, потому имеет большее число оборотов и более тонкую гарнитуру. На переднем вальяне получается больше очеса, и очес с него снимается с помощью съемного валика, который для сема приближается к вальяну; очистка же заднего вальяна производится вручную гребнем. Передний вальян числят через один-два флажка, задний через один-два оборота барабана. Разводки между главными органами чесальных машин с двумя вальянами (по японским данным) приведены ниже:

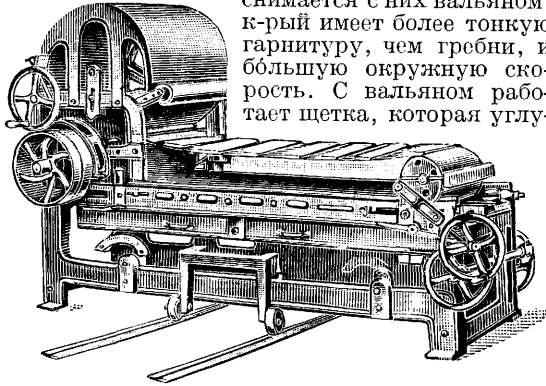


Фиг. 7.

Цуги 1 2 3 4 5 6 7
 Между барабаном и передним вальяном . . . $1/8''$ $1/8''$ $3/32''$ $3/32''$ $1/16''$ \div $3/32''$
 Между барабаном и задним вальяном . . . $3/32''$ $3/32''$ $1/16''$ $1/16''$ $1/16''$ $1/16''$ $1/16''$

Плоская чесальная машина, или дрессинг-машина (фиг. 8), в качестве главного рабочего органа—чесального аппарата—имеет гребни, к-рые укреплены на бесконечных ремнях, огибающих два валика диаметром 250 мм, из которых один получает движение от привода и дает движение ремням с укрепленными на них гребнями. Материал, разделенный на филлинг-машине на бородки, закладывается в тиски стола, помещенного на тележке, на к-рой подкатывается под действие чесального аппарата. Полный прочес бородки проводится в четыре приема. Концы бородок, подведенные под действие гребней, сначала прочесываются в одном направлении, затем стол выкатывается из-под машины, поворачивается на тележке на 180° и вновь вкатывается под машину. Естественно, что гребни, имея движение в том же направлении, прочесут концы бородок в направлении,

обратном первому прочесу. После прочеса первого конца бородки следует прочес второго. Тиски опускаются, бородки заправляются прочесанным концом, и другой конец подвергается прочесу также в обоих направлениях, после чего бородка полностью прочесана и м. б. снята на флажок или на палку и отправлена для просмотра. Кроме прочесанных бородок волокно в виде очеса остается на гребнях и снимается с них вальняном, к-рый имеет более тонкую гарнитуру, чем гребни, и большую окружную скорость. С вальняном работает щетка, которая углу-



Фиг. 8.

бляет волокна в игольчатую поверхность его. Очес снимается с вальняна в виде холста, который поступает вновь на филлинг-машину для образования бородок, и затем в виде бородок—на вторую чесальную машину. Число гребней бывает 24—26, расстояние между гребнями 100—125 мм. Средняя скорость движения гребней 1,2 м/сек. Длина гребня 750 мм, ширина 87 мм (3 1/3"). Число игол на гребне 22. Иногда для удаления из бородок мелкого пуха, который плохо снимается гребнем, через каждые 3—4 гребня ставят планки с высокой, тонкой кардной поверхностью. В отношении производительности дрессинг-машина много уступает циркулярной чесальной, преимуществом ее является хорошее качество прочеса, к-рое получается в результате удобного расположения (горизонтального) бородок во время прочеса и небольших скоростей, с которыми работает машина.

Просмотр прочеса. Флажки с завернутым в них прочесом поступают на просмотр, причем освобожденный от флажка прочес кладут на матовый стеклянный стол, сильно освещенный снизу электрич. лампочками. Браковщица отбирает оставшиеся на волокне посторонние примеси, грязные и испрочесанные места. Одновременно иногда происходит и расфасовка холстика по сортам. Кроме того браковщица должна следить за качеством прочеса.

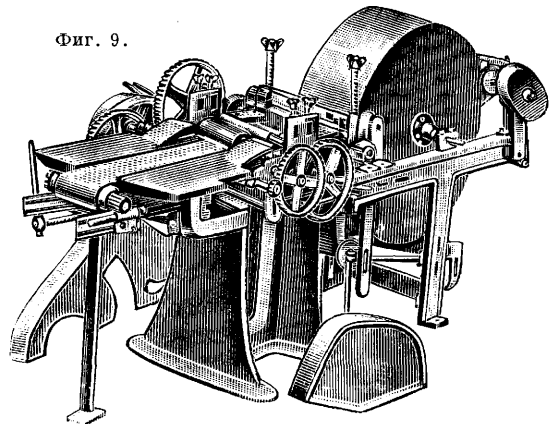
Получение ленты. Материал выходит из браковки в виде разрозненных холстиков, которые д. б. соединены в одну непрерывную ленту определенной длины. Эту работу производит раскладочная машина, называемая барабаном (фиг. 9), к-рая состоит из кожаного полотна длиной 1 200 мм и шириной 160 мм, на к-ром чешуеобразно, но равномерно раскладываются холстики и которые подает их следующему органу машины. По обеим сторонам подающего полотна укреплены широкие доски, на которых работница заготавливает новый настил. Вес настила составляет для большого барабана с длиной окружности 3 м—100 г, для малого барабана (длина окружности 2 м)—70 г. Большой барабан применяется для длин-

ного волокна (1-й и 2-й цуги), малый барабан—для короткого (3-й и последующие цуги). Волокно подающим полотном подводится под гладкий питающий валик и затем под действие вытяжного аппарата с падающими гребнями с двойным игольчатым полем. Игольчатое поле поддерживает волокна во время прохождения ими вытяжного аппарата, дает волокно направление, а также оказывает движению волокон определенное сопротивление, необходимое для их выпрямления. Пройдя игольчатое поле, материал захватывается выпускными цилиндрами, окружная скорость к-рых больше скорости движения гребней. Выпускные цилиндры передают волокно барабану, на который оно наматывается. Барабан получает движение от ремня, огибающего примерно половину окружности барабана. Вытяжка материала на барабане равна

$$\frac{v_1}{v} = \frac{30,8}{1,84} \approx 16,2,$$

где v —скорость питающих валиков, равная 1,84 м/мин, а v_1 —скорость барабана, равная 30,8 м/мин. Производительность барабана 2,7 ÷ 3,4 кг/ч в зависимости от вида сырья и числа цугов прочесов.

П е н ь е—волокно, снятое с барабана в виде плоской ленты, поступает в притовительный отдел прядильной фабрики, к-рый имеет целью, как и в прядении других волокон, приготовить материал в виде ровницы, у которой волокно достаточно параллелизовано и к-рая имеет крутку в пределах, обеспечивающих нити достаточную крепость для дальнейшей обработки ее на прядильной машине. Т. о. притовительный отдел включает вытяжные машины и машины, приготовляющие ровницу. Первая вытяжная машина носит название л е н т о ч н о й. Она состоит из: 1) подающего кожаного полотна длиной 1 000 мм и шириной

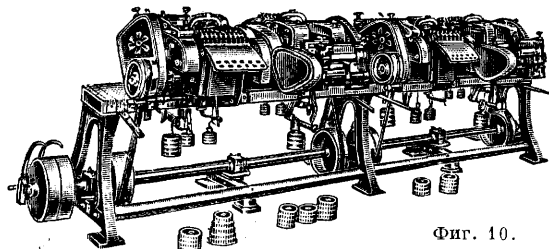


Фиг. 9.

200 мм, на к-ром раскладывается в одну ленту пенье, полученное с барабана, 2) пары задних вытяжных цилиндров, 3) системы гребней, 4) передних вытяжных цилиндров, 5) воронки для выправления л н т ы, 6) пары плющильных валиков, 7) мундштука для направления ленты в таз. Нижний цилиндр задней вытяжной пары рифленый, верхний цилиндр—с гладкой поверхностью diam. 68 мм. В качестве гребенного аппарата наиболее часто применяется аппарат с падающими гребнями и с двойным игольчатым полем. Аппараты с одним игольчатым полем не применяются потому, что они мало производительны, хотя и более просты. Игольчатые

валики (эриссоны) мало употребительны потому, что они слабы, в особенности для длинного волокна. Машина имеет один верхний и два нижних вытяжных цилиндра. Нижние цилиндры рифленые, причем ближайший к гребням имеет диам. 20 мм, второй 60 мм, верхний—нажимной—диаметром 47 мм обтянут резиной. Столь сильная передняя часть вытяжного аппарата необходима для того, чтобы иметь достаточный зажим волокна при протаскивании его через иглы гребней. Для очистки резинового валика от пуха установлен поверх него суконный чистильный валик треугольного сечения с закругленными углами; благодаря такой форме он лучше снимает пух. Для предохранения резинового валика от наматывания на него волокна впереди него установлен гладкий стальной валик, сверху которого имеется суконка для снятия пуха. С нижних вытяжных цилиндров пух снимается деревянной пластинкой, покрытой сукном. Лента, пройдя вытяжные валики, направляется никелированной планкой в воронку с круглым сечением, в которой материал, заправленный в машину в виде широкой плоской ленты, принимает вид круглой, несколько уплотненной ленты. После воронки лента проходит плющильные валики и, пройдя через мундштук, укладывается в тазу диам. 125 мм и высотой 900 мм.

Таз с лентой передается на следующую вытяжную машину, к-рая называется с т у к а л к о й (фиг. 10) и к-рая, как и ленточная, пред-

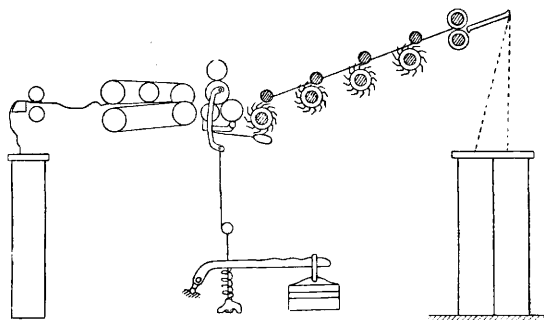


Фиг. 10.

ставляет собою вытяжную машину с падающими гребнями. Обычно материал последовательно проходит 3 стукалки. Для получения возможно равномерной по тонине ленты необходимо: равномерное распределение пенье на подающем полотне машины, правильное центрирование вытяжных цилиндров и содержание их в исправности и чистоте. Рифленые валики для удаления шероховатых и задранных мест чистят, протачивают и протирают пемзой, резиновые валики протирают мелом, а если этого недостаточно, то их обтачивают. Содержание в чистоте и исправности чистильных валиков (ворс должен правильно стоять); правильная нагрузка нажимных валиков, содержание гребней в полной чистоте и исправности (отсутствие поломанных игл), содержание гладкими и чистыми всех направляющих поверхностей необходимо. В целях избежания на пути ленты острых и неровных поверхностей край таза покрыт никелированным кольцом.

Пройдя последнюю стукалку, лента поступает на сучильную машину, или фроттер, у которого, кроме вытяжного аппарата, имеется ссучивающий ленту аппарат, состоящий из двух кожаных рукавов, имеющих два движения, одно по направлению ленты, к-рое дает ей возвратно-поступательное движение, другое—поперек ленты, к-рое ссучивает ее и дает ей ложную крутку. В качестве вытяжного аппа-

рата на фроттере обычно применяются не падающие гребни, а игольчатые валики (эриссоны); т. к. при поступлении на фроттер лента имеет уже достаточную параллелизацию волокон, она не требует такого энергичного воздействия, а в таких случаях аппараты с игольчатыми валиками имеют преимущества. Фиг. 11 показывает схему фроттера: ленты, сложенные в



Фиг. 11.

две-три, из тазов подводятся к вытяжному аппарату, состоящему из: 1) пары вытяжных задних цилиндров, 2) игольчатых валиков, 3) передних вытяжных цилиндров. Пройдя вытяжной аппарат, лента проходит ссучивающие рукава. Нижний цилиндр задней пары рифленый, верхний (нажимной) железный гладкий. Игольчатые валики имеют диам. 50 и 36 мм. Между ними сверху находятся нажимные валики, углубляющие волокна в иглы эриссонов. После прохода ссучивающего аппарата лента проходит пару выпускных цилиндров и через мундштук направляется в таз. Главные органы на фроттере имеют следующие скорости: v —скорость питающих валиков равна 2,32 м/мин, v_1 —скорость вытяжных цилиндров равна 14 м/мин. Вытяжка ленты на фроттере выражается соотношением:

$$\frac{v_1}{v} = \frac{14}{2,32} \approx 6.$$

Фактич. производительность машины в 32 таза 14 кг/ч. Потребная мощность 1 HP.

Получение ровницы. Лента с фроттера, а в некоторых планах прядения прямо с последней стукалки поступает на банкброш (см. *Хлопкопрядение*). Вытяжной аппарат банкброша состоит из двух пар выпускных цилиндров со включением между ними для направления и параллелизации волокон или системы эриссонов (для короткого волокна две: \varnothing 1-го 45 мм, \varnothing 2-го 35 мм, и три-четыре для длинного: \varnothing 1-го и 2-го 60 мм, 3-го 50 мм) или одного игольчатого поля с падающими гребнями. Лента из таза, сложенная из двух-трех лент, пройдя направляющую доску, проходит заднюю пару вытяжных цилиндров (\varnothing 40 и 30 мм) и поступает на эриссоны. Перед каждым эриссоном имеется валик (\varnothing 25 мм) для погружения волокна ленты в иглы эриссона; снизу него имеется щетка, которая снимает с игол пух. Передняя вытяжная пара состоит из двух нижних рифленых цилиндров и верхнего нажимного валика, обтянутого резиной и покрытого лаком. Диаметры рифленых цилиндров: для длинных цугов—20 и 25 мм, для коротких—18 и 30 мм. Общая вытяжка на банкброше: для 1-го цуга 10, для 2-го 8, для 3-го 7 и 4-го 6. Эриссоны как ме-

ханизмы более простые и более производительные предпочтительнее аппаратов с падающими гребнями. Крутильный аппарат банкаброша для шелка представляет собою веретено с рогулькой, причем встречаются конструкции рогулек с одним полым крылом и с лапкой, встречаются также конструкции рогулек (английских з-дов) с двумя сплошными крыльями и с короткой лапкой. Число кручений на 1 м ровницы разных номеров приведено в табл. 3.

Табл. 3. — Число кручений на 1 м для ровницы.

№№ ровницы	Цуги			
	1	2	3	4
3,0	13,8	17,3	22,5	27,7
4,0	13,0	20,0	24,0	32,0
5,0	17,9	22,4	29,1	35,8
6,0	19,5	21,5	31,8	39,2
7,0	21,2	23,5	31,4	42,3
8,0	22,6	28,3	36,8	45,3
9,0	24,0	30,0	39,0	48,0
10,0	25,3	31,6	41,1	50,6

Скорость выпуска ровницы: для длинных цугов 15 м/мин, для средних 14 м/мин, для коротких 13 м/мин. Производительность банкаброша на 60 веретен для ровницы № 9 при числе об/мин. выпускных цилиндров 200—210 при кпд 0,75 равна 4,8 кг/ч.

Прядение ровницы производится исключительно на кольцевых ватерах (см. Прядение). Катушки с ровницей ставят на рамку, находящуюся посредине машины, сложения на ватерах обычно не бывает, только при выработке очень тонкой пряжи работают в две ровницы. Вытяжной аппарат ватера состоит из двух вытяжных пар с расстоянием между ними для длинного волокна до 360 мм, для короткого 180 мм. Нижние цилиндры рифленые, верхние (нажимные) железные, обтянутые резиной и покрытые лаком. Между вытяжными парами имеются промежуточные валики для поддержания волокна; число их 2—5. Цейзинг приводит следующие данные о вытяжных аппаратах (табл. 4):

Табл. 4. — Размеры вытяжных аппаратов.

Цуги	Диам. передн. вытяж. цилиндров в мм		Диам. 1-го промежуточ. валика в мм	Промежуточ. валики		Диаметр задних вытяжных цилиндров в мм		Длина вытяж. аппаратов в мм
	нижнего	верхнего		число	диам. в мм	нижнего	верхнего	
1—2	40	60	20	4	27	40	60	380
2—3	32	55	20	4	25	25	55	320
3—4	25	55	20	2	25	25	55	175

Вытяжка может быть вычислена по формуле

$$v = \sqrt[3]{Nl} - \frac{N}{60}$$

где N—номер пряжи, l—длина волокна в мм. Вытяжка дается большая: от 12 до 30. Размеры колец ватера: для низких №№ пряжи 42 мм, для средних 38 мм, для тонких 32—35 мм. Расстояние между веретенами определяется размером кольца и равняется: для пряжи высоких №№—50—57 мм, для пряжи низких №№—61—66 мм. Число веретен на двусторонней машине 250—400. Число оборотов ватерных веретен 6 000—7 000, редко 8 000 об/мин. Коэф. крутки приведены в табл. 5. Производительность прядильного ватера 0,805 кг/ч. Расход энергии на 100 веретен 1,75—2 лр.

Табл. 5. — Коэффициенты крутки на ватерах для различных видов пряжи и для различных цугов.

Вид пряжи	Цуги			
	1	2	3	4
Основа обыкновенная	55	60	65	73
» сильно крученая	70	75,6	83	92,5
Уток обыкновенный	35	37,8	41,5	46,3
Ворсовая основа	37,5	40,5	41,5	50
Швейный шелк	80	86	95	105

Крутка основы. Основа редко применяется в некрученом виде. При кручении основы трощение производится на тростильной машине, к-рая в основном представляет обычную тростильную машину (см. Трощение). Расстояние между веретенами 220 мм. Число веретен на двусторонней машине 80—90. Скорость намотки 180 м/мин. Кпд в среднем 0,85. Расход энергии на машину в 80 веретен 0,75 лр. Нить при трощении должна иметь возможно равномерное натяжение (см. Шелкокручение). Число кручений на 1 м для основных видов шелковой пряжи приведено в табл. 6.

Направление крутки при кручении бывает обратное направлению ее при прядении. Пряжа для ткачества и для вязально-трикотажного производства получает при прядении правую крутку, при кручении — левую. Расстояние между веретенами на крутильном ватере в среднем составляет 64 мм. Число оборотов веретен 6 000—8 000 в минуту. Машины—двусторонние с числом веретен от 300 до 400. Иногда для швейного шелка в целях получения возможно более гладкой и крепкой пряжи применяют мокрое прядение; в таких случаях цилиндры вытяжных пар и крутильные кольца делают медными. Крутка ослабляет блеск волокна, изменяет его цвет, придавая ему темноватый оттенок, делает нить более жесткой наощупь. Сильно крученая пряжа при раскручивании стремится образовывать петли. Главная пряжа труднее воспринимает влагу. Главнейшими недостатками при кручении являются:

сукрутины, недокрутка, отсталые початки, прихлестывание конца початка, масляные, стяннутые початки.

Отделка пряжи. Нитка пряденого шелка имеет лохматый, нечистый вид и для очистки требует пропускания через газопалильную и чистильную машины, но предварительно ее перематывают с початков на катушки, т. к. при малом количестве пряжи на початке и при большой скорости нити на газопалильной машине (350 м/мин) пришлось бы слишком часто сменять початки. Размеры катушки: диам. пуста 67 мм, с пряжей 80 мм. Перемотка производится на катушечной машине, к-рая в основном ничем не отличается от обычных машин с вертикально работающей катушкой (см. Размотка пряжи). Нить, сходя с початка, проходит компенсатор натяжения, состоящий из ряда фарфоровых роликов, числом к-рых можно регулировать натяжение нити, и наконец наматывается на катушку. Расстояние между веретенами 140 мм, число веретен на машине 75—80. Скорость намотки 440 м/мин. Кпд

Табл. 6. — Число кручений для основных видов шелковой пряжи.

Уток некрученный				Уток крученный								
Крутка на прядильной машине				Крутка на прядильной машине						Крутка на крут. маш.		
№№ пряжи	Цуги			№№ пряжи	Цуги			Цуги				
	2	3	4		2	3	4	2	3	4		
70	251	272	305	100/2	380	420	470	354	389	432		
100	300	326	364	120/2	416	460	515	388	426	473		
120	329	357	400	140/2	450	496	556	418	460	510		
140	355	383	430	180/2	510	564	630	475	522	580		
160	380	412	460	200/2	538	594	665	500	550	610		
Основа некрученная				Основа крученная								
Крутка на прядильной машине				Крутка на прядильной машине						Крутка на крут. маш.		
№№ пряжи	Цуги			№№ пряжи	Цуги			Цуги				
	1	2	3		1	2	3	1	2	3		
50	425	450	500	60/2	425	465	500	410	440	485		
100	600	650	710	100/2	550	600	650	530	572	630		
120	658	712	778	120/2	602	658	712	582	628	690		
140	710	770	840	140/2	650	710	770	628	678	745		
160	760	822	900	180/2	738	805	872	712	770	845		
				200/2	778	850	920	750	810	890		
Швейная нитка в 3 конца для ручного шитья												
Крутка на прядильной машине				Крутка на крутильной машине								
№№ пряжи	Цуги			Цуги				Цуги				
	1	2	3	4	1	2	3	4				
30/3	410	444	488	542	332	359	394	410				
45/3	503	544	596	634	403	440	482	538				
60/3	580	628	690	733	438	507	557	622				
100/3	750	810	890	990	606	655	718	802				
Швейная нитка в 3 конца для машинного шитья												
Крутка на прядильной машине				Крутка на крутильной машине								
№№ пряжи	Цуги			Цуги				Цуги				
	2	3	4	1	2	3	4					
45/3	685	751	840		581	642	716					
70/3	854	938	1 016		725	800	834					
100/3	1 020	1 120	1 250		865	958	1 068					
Чулочная пряжа в 3 конца												
Крутка на прядильной машине				Крутка на крутильной машине								
№№ пряжи	Цуги			Цуги				Цуги				
	2	3	4	2	3	4						
75/3	410	450	500	115	125	135						
90/3	450	492	550	126	137	148						
100/3	475	520	582	133	145	156						
110/3	498	547	610	140	152	164						

машины в среднем 0,85. Пряжа на катушках с катушечной машины поступает на чистильную машину, к-рая имеет целью пр дварительно удалить из пряжи механич. воздействием узелки, шишечки, а также поднять на поверхность нити заусенцы, пух, которые л. б. удалены на газопалильной машине. Пропуск через чистильную машину состоит в том, что нить при определенном натяжении пропускается со ско-

ростью 300—500 м/мин через систему стальных роликов, огибая их последовательно; при этом шишечки и узелки отлетают, но нить делается еще более лохматой; затем она поступает в опалку. Чистильные машины строятся двух основных типов: с неподвижными чистильными приспособлениями и с подвижным чистильным аппаратом. Нить, сходя с катушки (фиг. 12), проходит направляющий пруток, глазок нитеводителя, регулятор натяжения (2 невращающихся фарфоровых валика, к-рые устанавливаются так обр., что нить огибает большую или меньшую часть их окружности), затем систему стальных (обычно 5) роликов диаметром 8 мм. Ролики располагают или горизонтально в про-


Фиг. 12.

резах или вертикально в пяточках. Ролики заключены в коробку, из к-рой получаемые при чистке угар и пыль удаляются вентилятором. Нить, пройдя чистильную коробку, наматывается на катушку. В машинах с подвижным чистильным аппаратом коробка с чистильными валиками имеет движение вперед и назад по направлению движения нити. Степень очистки на них значительно выше, чем на машинах с неподвижным чистильным аппаратом. Число веретен на машине 30—75. Число оборотов веретен 1 200—2 400 об/мин. Скорость намотки при 1 900 об/м. равняется 440 м/мин. КПД машины ~ 0,9. Расход энергии на машину в 75 веретен 0,8 НР. Расход энергии на вентилятор для отсасывания угаров и пыли—2 НР на машину.

Газопалильная машина имеет целью опалить пряжу и сжечь заусенцы, пух, все то, что выступает на поверхность пряжи и нарушает ее гладкость. Новейшие машины имеют для каждой нити отдельную горелку, что в значительной степени облегчает заправку нити и делает опалку нити вполне равномерной. Скорость нити во время прохождения ее над горелкой 300—400 м/мин. В качестве горючего применяют пары легкого авиационного бензина. Удаление створевших волоконцев, усов, узелков производится с помощью вентилятора; над каждой горелкой устроен козырек. Намотка (крестовая) нити после опалки производится на мотальных машинах с барабанчиком. Число веретен 75. Число оборотов веретен 1 500 в мин. КПД машины 0,9. Расход энергии 0,8 НР. После газопалильной машины пряжа проходит еще раз чистильную машину, на к-рой удаляется весь нагар, затем пряжа проходит контрольную машину, причем нить, перематываясь с катушки на катушку, на своем пути проходит узкую, хорошо калиброванную шель (ножницы). При попадании в щель узелков шишек и т. п. машина останавливается; стеклянные прутки, направляющие нить, расположены так, что при остановке машины легко отыскиваются дефекты нити. Число веретен на машине 70—90, число оборотов веретен 750 в минуту. Скорость нити 150—200 м/мин. Коэффициент полезного действия ~ 0,75. Расход энергии на машину в 75 веретен 0,2 НР.

Перемотка в мотки производится на моточной машине (см. *Шелкокручение*).

Ручная чистка и браковка. Мотки с моточной машины поступают на ручную чистку и браковку. Мотки, надетые на швили, просматриваются чистильщицами, к-рые удаляют оставшиеся соринки и небольшие недостатки нити. Пряжу же, скрученную с недостатками или плохо опаленную, бракуют.

Паковка пряди. Перед паковкой пряжа увлажняется в увлажнительной камере в течение суток. Паковка производится в механич. паковочном прессе пачками по 5 кг, т. ч. при метрич. номере пряжи число мотков в пачке указывает номер пряжи. Спрессованную пачку перевязывают в 3—4 местах, затем завертывают в бумагу и перевязывают накрест шпагатом. Получение пряжи определенного номера возможно лишь при целесообразно вы-

шелк, имеющий широкое применение, готовится исключительно из пряденого шелка и для его производства применяется пряжа №№ 20—100 и даже 150. №№ швейного шелка следующие: 20/2, 30/2, 40/2, 50/2, 60/2, 80/2, 100/2, 30/3, 35/3, 40/3, 45/3, 50/3, 60/3, 70/3, 90/3, 100/3. Для обметки петель применяется шелк №№ 50/3, 70/3, 100/3; для ручного шитья— №№ 35/3, 45/3, 60/2; для машинного шитья— №№ 45/3, 70/3, 100/3. Для вышивания применяется шелк отложной крутки некрученный от № 8 до № 40. Наконец для бахромного и поментного производства № 100/2.

Прядение очесов шелкопрядильного производства. Гребенной и вальсанный очесы с 4-й циркулярной чесальной машины обычно не идут на прочес, а поступают в цех угарного прядения, в к-ром перерабатываются в пряжу более толстых номеров. Ход

Табл. 7.—Планы прядения.

Машины	Для пряжи № 200/2, средняя длина волокна 150 мм				Для пряжи № 100, средняя длина волокна 50 мм				Для пряжи № 200/2 для ворсовой ткани			Для бурретной пряжи № 140/2			
	Вылетка	Сложение	№ выходящ. продукта	Крутка	Вылетка	Сложение	№ выходящ. продукта	Крутка	Вылетка	Сложение	№ выходящ. продукта	Вылетка	Сложение	№ выходящ. продукта	Крутка
Кардная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ленточная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	8	0,15	—
Стукалка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,52	8	0,16	—
Гребнечесаль- ная	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,2	12,0	0,23	—
Барaban I	—	—	0,288	—	16	—	0,025	—	6	1	—	—	—	0,0288	—
» II	—	—	—	—	15	15	0,025	—	8	1	0,02	—	—	—	—
Ленточная	10,2	1	0,295	—	14	1	0,35	—	10	1	0,2	11,2	1,0	0,32	—
Стукалка I	12,2	12	0,3	—	11,59	10	0,405	—	12	12	0,2	8,11	5	0,52	—
» II	12,2	12	0,305	—	11,0	10	0,455	—	13,5	12	0,225	4,3	4	0,56	—
» III	10,7	6	0,54	—	10	9	0,543	—	14,2	6	0,533	4	4	0,56	—
» IV	—	—	—	—	10	6	0,905	—	15	4	2,0	4,57	4	0,64	—
Фроттер	6,95	3	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	5,3	2	1,7	—
Банкаброш I	6,92	1	9	28	17	1	6,335	—	7,5	3	5,0	4,12	1	7,0	50
» II	—	—	—	—	—	—	—	—	9	3	15	—	—	—	—
Ватер прядильн.	20	1	180/1	600	15	1	100	—	26,6	2	200	16,8	1	110	730
Тростильная	—	2	180/2	—	—	—	—	—	—	2	200/2	—	2	110/2	—
Ватер крутильн.	—	1	180/2	600	—	—	—	—	—	2	200/2	—	1	110/2	525
Катушечная	—	1	180/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	110/2	—
Палильная	—	1	196/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	133/2	—
Чистильная	—	1	200/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	140/2	—
Контрольная	—	1	200/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	140/2	—

бранном плане прядения. Отдельные примеры см. планы прядения (табл. 7).

Применение пряденого шелка. По своим свойствам пряденый шелк в значительной степени отличается от шелка-сырца и от крученого шелка и имеет самостоятельный очень разнообразный ассортимент товаров благодаря разнообразию номеров (от № 30/3 и ниже и до 400). В качестве пряденый шелк применяется для выработки следующих товаров: полотна (основа 200/2, уток 100/1), бархата (основа 140/2, 200/2, 340/2), подеснь (уток 100/1), гренадина (уток 200/2), флорентина (уток 100/1), фуляра (уток 140/1), подкладочных и галстучных тканей, зонтичного материала. Огромное применение имеет пряденый шелк в ленточном производстве для выработки как гладкой, так и бархатной ленты. Пряденый шелк преимущественно низких номеров (40—121) применяется в виде просовки в качестве других волокон (шерсти и хлопка). В вязально-трикотажном производстве пряденый шелк применяется для выработки перчаток и чулок, вязаных шарфов, джемперов и вязаных дамских костюмов; в кружевном производстве— для изготовления тонких кружев высокого качества (пряжа № 200/2 и выше). Швейный

обработки следующий: очесы, смешанные в определенной пропорции, поступают на щипаль-ный волчок, увлажняются мыльной эмульсией и пропускаются через кардную машину. Лента с кардной машины проходит две головки стукалок с падающими гребнями и поступает на гребнечесальную машину, прочес с гребнечесальной машины поступает на барабан. В подготовительном отделе прядильной фабрики лента проходит два пассажа ленточных машин с падающими гребнями и затем четыре пассажа на ленточных машинах с игольчатыми валиками. В дальнейшем обработка очесов совпадает с основным процессом прядения шелковых остатков. Лента проходит фроттер, затем банкаброш. Прядение производится на ватерах. Пряжа, получаемая из очесов шелкопрядильного производства, называется бурретом, или бурретной прядей. Она вырабатывается сравнительно низких номеров (до № 140). На гребнечесальной машине выход прочесанного волокна в среднем составляет 29—33%. Получаемые на гребнечесальной машине очесы, длина волокна к-рых в среднем составляет 25—30 мм, используются в вигоневом пр-ве способом аппаратного прядения. Из них вырабатывается пряжа до № 20.

Лит.: Русаков Н., Краткий учебник шелкопрядения, М., 1933; Галкин Н., Шелкопрядение, М., 1921 (Литограф); его же, Пряжение шелковых отбросов, «Среднеазиатский шелк», Ташкент, 1929, 7—9; Silbermann H., Die Seide, Dresden, 1897; Ley H. u. Raemisch E., Technologie u. Wirtschaft der Seide. Technologie der Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 6, T. 2, V., 1929. В. Линде.

ШЕЛЛАК, гуммилак, естественная смола желтого, оранжевого или красного цвета; $f_{пл.}$ 45—75°, иодное число 18, кислотное число 40—60, число Кетсторфера 205—226; растворимая в бензолах и в абсолютном спирте, мало растворимая в бензоле и почти не растворимая в петролейном эфире и бензине. Вывозится Ш. из Индии, Бирмы, Индокитая, Сиам.

Шеллак—продукт трахеидной и анального выделений насекомых *Tachardia laccas*, близких кошенили, живущих на деревьях: *Butea frondosa*, *Ficus religiosa*, *Acacia arabica* и др. Главный производитель смолы—самка насекомого, к-рая выделяет ее для накрывания яиц. Снятая с деревьев сырая смола—штукла—загрязнена дровесными и минеральными частицами, воскообразными веществами и красной краской лактей, выделяемой насекомыми одновременно со смолой. Очистка смолы от примесей довольно сложна и производится туземцами сл. обр.: смолу вместе с остатками веток и коры сушат, перемаывают в ручных мельницах, просеивают и провешивают; затем помещают ее в неглубокие сосуды, заливают водой, мыют и перетирают ногами, удаляя всплывающие дровесные частицы и краску. Обработку водой повторяют три раза, после чего смолу быстро сушат на солнце, еще раз просеивают и сортируют на крупные, средние и мелкие зерна. Мелкие зерна, имеющие вид темнопурпурового порошка, находят сбыт на местном рынке, а средние и крупные зерна идут на выделку экспортного Ш., гранатового лака и пуговичеобразного лака. Для выработки их к смоле примешивают ауриницит и канифоль (2—12% для Ш., 5—20% для гранатового лака), и смесь подвергают своеобразной обработке по типу фильтр-пресса: смолой наполняют длинные трубчатые мешки, к-рые держат за концы над остром. Когда смола расплавляется, концы закручивают, смола вытекает через поры мешка; ее собирают на листья или на внешнюю поверхность глиняных кувшинов с горячей водой. Описанный кустарный способ является наиболее распространенным и типичным, но в последнее время прививается и механич. способ: барабанная промывка, экстракция летучими растворителями, центрифугирование и т. д.

По составу Ш.—смесь смолы (~75%), красящих веществ (~7%), воска (~6%), воды и нерастворимых веществ. Последовательной экстракцией Чирх и Люди выделили холодной водой глюкозу, фруктозу, арабинозу, альбуминоиды; холодным спиртом выделили: красящие вещества—лаккаиную кислоту ($C_{20}H_{14}O_{10}$) и эритролаккаин (возможно тождественное с тетрагидрометилантрахиноном), алеуритиновую к-ту (триоксипальмитиновую), моно- и дигидропальмитиновые к-ты; горячим спиртом выделили: воскообразный спирт ($f_{пл.}$ 80—82°), лакцерининовую к-ту и лакцерининовый спирт.

Технич. ценность Ш.—в его свойстве увеличивать эластичность и механич. крепость смоляных, восковых и битуминозных масс. Поэтому он широко применяется для изготовления спиртовых лаков, сургуча, грамофонных пластинок, пуговиц, роговых и янтарных композиций и т. д. В нек-рых случаях при изготовлении светлых лаков Ш. преварительно обезжелезивают путем обработки его в слабощелочном растворе хлорноватистой щелочью. В электротехнике Ш. давно применяется как изоляционный материал (его поверхностное сопротивление 10 000 М Ω -см, диэлектрич. коэф. 4,2—4,4) для пропитки бумаги, картона, для изготовления миканита и т. д. Из-за малой теплостойкости в последнее время Ш. вытесняется искусственными смолами—*глипталями* (см.).

Лит.: Вольф Г., Бальзамы, смолы, пер. с нем., П., 1923; Wolf H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928;

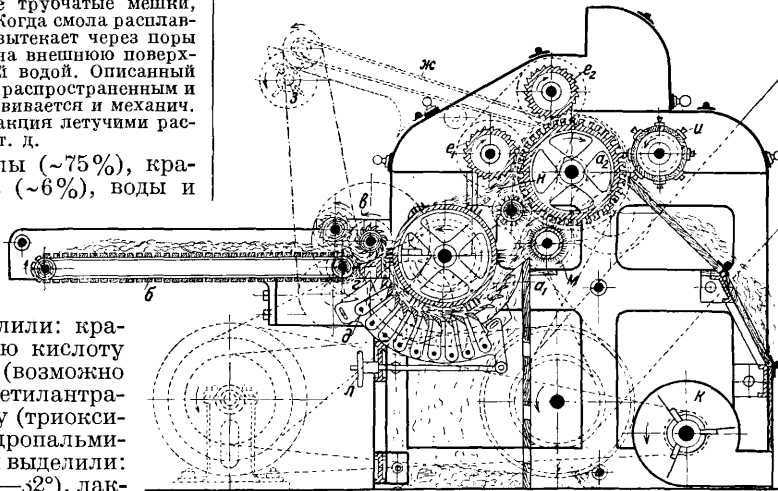
Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, 3 Aufl., B. 1—2, Stg., 1927—28; Dieterich K., Stock E., Die Analyse der Harze, Balsame und Gummiharze, 2 Aufl., B., 1930; Tschirsch A., Die Harze und Harzbehälter, Lpz., 1906. Б. Масоров.

ШЕМИЗ, хл.-бум. ткань миткалевого переплетения сарпиночного типа, близкая к зефиру, имеющая более тонкую выработку и отделку. По рисунку ткань имеет полосатый вид, получаемый путем набивки, а также бывает и пестротканого переплетения. Идет на сорочки, кофточки и т. п.

ШЕПИНГИ, см. *Строгальные станки*.

ШЕРСТЕМОЙНИ, см. *Шерсть*.

ШЕРСТЕПРЯДЕНИЕ, выработка пряжи из шерсти или из шерсти в смеси с другими волокнами (хлопок, котонин, искусственный шелк и т. п.). Выработка пряжи охватывает собою ряд процессов: сортировку шерсти, мойку, сушку (см. *Шерсть*), обезрепывание шерсти. Нек-рые сорта шерсти поступают на ф-ки с большим содержанием примесей растительного происхождения: репей, солома, листья, стебли и т. п. Такого рода засорения значительно усложняют процессы пряжения и кардочесания. При обработке репейной шерсти на кард-машинах большая часть волокон, сцепленных с репьем, разрывается. Кроме того они очень вредны для гарнитуры кард-машины. Пряжа, сработанная из шерсти, из которой не удален репей, всегда будет неровной, при крашении на полотне будут видны пятна и точки, так как красящие



Фиг. 1.

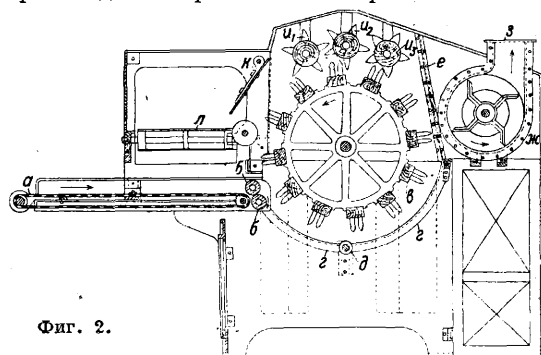
вещества, хорошо воспринимаемые шерстью, плохо воспринимаются или совсем не воспринимаются растительными примесями. Различают два вида репья: 1) круглой формы, жесткий, достаточно крупный, называемый орешковым, и 2) достаточно хрупкий, мелкий выходящий репей. Репей второго вида очень крепко сцепляется с шерстью и не м. б. полностью удален механич. путем. Для его удаления необходимо применение химич. способа—*карбонизации* (см.). Репей же первого рода м. б. удален из шерсти механич. путем на обезрепывающих машинах.

Обезрепывающая машина (фиг. 1) состоит из двух барабанов a_1 и a_2 , вращающихся с большой скоростью в направлениях, указанных стрелками. На поверхности барабана a_1 рядами расположены колки и планки из угло-

ного железа. Шерсть подается в машину питающей решеткой *б* и питающим прибором, состоящим из лотка *з* и питающего валика *в*. Захваченная колками барабана *а*₁ шерсть с большой силой ударяется о колосниковую решетку, состоящую из ряда подвижных металлических ножей *д*. Ножи направлены в противоположную движению шерсти сторону. Во время удара шерсть о заостренные ножи большая часть репья отлетает от шерсти и проваливается под колосниковую решетку. Зазоры в колосниковой решетке по мере надобности могут изменяться, для чего производится передвижение ножей при помощи маховичка *л*. Вслед за подвижными ножами расположен ряд неподвижных ножей, о которые также ударяется шерсть, захваченная колками барабана *а*₁. Под влиянием большой центробежной силы, развиваемой на поверхности барабана при его вращении, шерсть по касательной к барабану летит к барабану *а*₂, проходя между кардным валиком *м* и валиком *н*. Поверхность барабана *а*₂ покрыта особыми гребнями, которыми захваченная шерсть подводится к зубчатым валикам *е*₁ и *е*₂. Зубчатый валик *е*₁ отбивает грубые клочки шерсти вместе с репьем и сбрасывает их на поверхность барабана *а*₂, а зубчатый валик *е*₂ захватывает шерсть с остатками репья и сбрасывает их на решетку *ж*, по которой шерсть направляется к крыльчатому валику *з*, к-рый и сбрасывает шерсть на питающую решетку *б*. Очищенная от репья и других растительных примесей шерсть снимается с барабана *а*₂ щеточным валиком *и* и выбрасывается из машины. В обезрепывающей машине производится также разрыхление шерсти. Вместе с растительными примесями производится удаление пыли и грязи, к-рые проваливаются через колосниковую решетку под машину, а оттуда удаляются при помощи вентилятора *к*. При числе оборотов в мин. барабана *а*₁—700 и барабана *а*₂—170 производительность машины в час достигает 70—100 кг. Потребляемая мощность 2—3 Н.

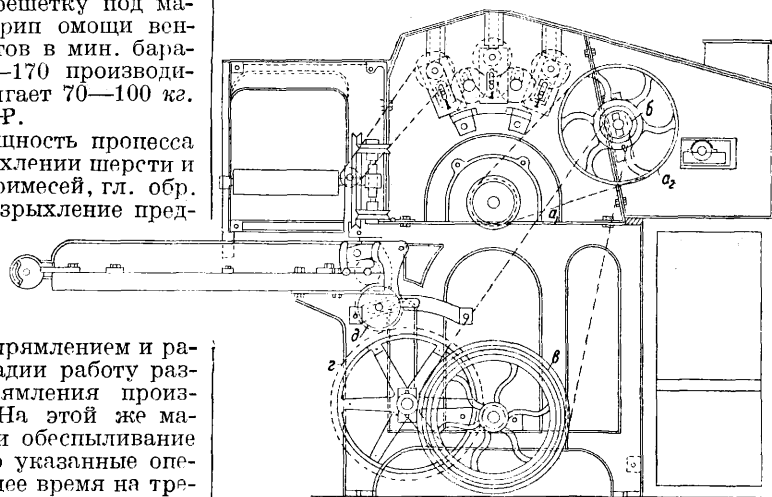
Трепание шерсти. Сущность процесса трепания заключается в разрыхлении шерсти и очистке ее от посторонних примесей, гл. обр. от минеральных примесей. Разрыхление представляет собою разделение крупных клочьев и иногда и частей руна на более мелкие клочки шерсти. Разделение шерсти на мелкие клочки волокон сопровождается их распрямлением и растягиванием. В начальной стадии работу разделения и частичного распрямления производит трепальная машина. На этой же машине должно производиться и обеспыливание шерсти. Наиболее совершенные указанные операции производятся в настоящее время на трепальной машине типа Сайкс. На русских ф-ках за этой машиной укрепилось название «Американка», их изготовляют на з-лах Текстильмашпроста. Этот тип трепальной машины широко распространен на грубосуконных ф-ках СССР. На фиг. 2 представлен разрез «Американки». Шерсть, подлежащая трепанию, ровным слоем высотой 12—15 см накладывается на решетку *а*, движущуюся вправо по направлению к питающим валикам *б* периодической. Питающие валики *б* вращаются также периодически вместе с движением питающей решетки. Шерсть, подвигаемая питающей решеткой к питающим заборным валикам, захватывает-

ся последними и вводится в машину. Барабан «Американки» несет на своей поверхности 12 деревянных планок *в*. В каждой планке посажены в 2 ряда крупные железные колки высотой 80—90 мм. Шерсть, подводимая колками барабана к колосниковой решетке *з*, с большой силой ударяется о последнюю. Здесь происходит встряхивание шерсти. Тяжелые



Фиг. 2.

минеральные примеси проваливаются сквозь колосниковую решетку. Одновременно здесь же происходит распрямление и очистка шерсти. Колосниковая решетка состоит из двух половин, посаженных на оси *д*, к-рые могут по мере необходимости откидываться. При чистке машины они опускаются вниз. Колосниковая решетка (и правая и левая половина) состоит из железных прутьев, между которыми имеются зазоры 3—5 мм. После нижней колосниковой решетки шерсть колками барабана подводится к верхней колосниковой решетке, ударяется о нее, в результате чего получается вторичное встряхивание шерсти. Пыль через отвер-

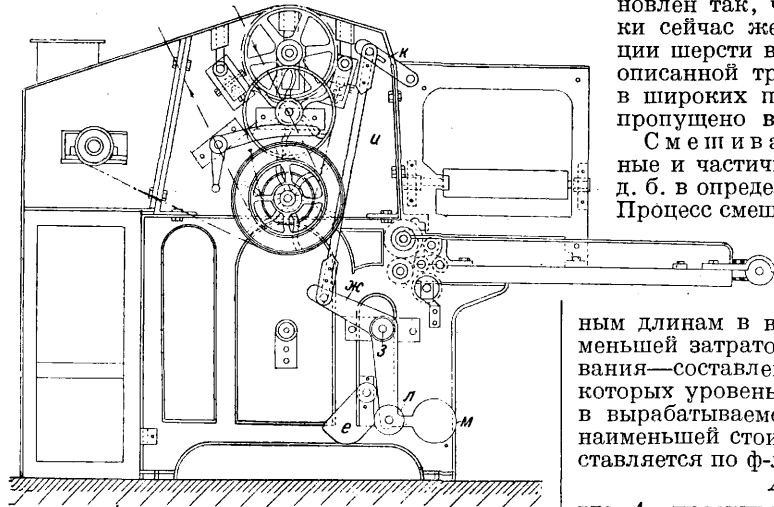


Фиг. 3.

стие в верхней колосниковой решетке всасывается вентилятором *ж* и по трубе *з* отводится наружу из помещения или в пыльную камеру. Далее шерсть подводится к рабочим валикам *и*₃, *и*₂ и *и*₁. Рабочие валики медленно вращаются по направлению движения часовой стрелки. На валиках в пять рядов по винтовой линии посажены железные колки. Пыль из зоны рабочих валиков проходит через зазоры в верхней колосниковой решетке *е*, всасывается вентилятором и отводится по трубе *з* вон. После того как шерсть будет разрыхлена и обеспылена,

открывается заслонка *к*, и шерсть вылетает на выбрасывающую решетку *л*. После того как шерсть будет выброшена из машины, клапан *к* закрывается, питающая решетка начинает подвигаться в машину новую порцию шерсти.

Продолжительность трепания шерсти *м. б.* по желанию изменена; она зависит от загрязненности шерсти и от количества шерсти, вводимой за 1 подачу. Число подач шерсти в «Американку» 3—5. Если барабан «Американки» делает 360 об/м. и если число подач в мин. равно 4, то каждая из порций, подхваченных колками барабана, пройдет через все рабочие места «Американки» $\frac{360}{4} = 90$ раз; интенсивность протривывания будет 90. На фиг. 3 представлен боковой вид передач с правой стороны машины, на фиг. 4—боковой вид передач с левой стороны машины. На главном валу с правой стороны машины сидит шкив *а*₁, передающий движение шкиву *а*₂. На одной оси со шкивом *а*₂ сидит ступенчатый блок *б*. Со ступенчатого блока *б* вращение передается большому ступенчатому блоку *в*. На одной оси со ступенчатым блоком *в*



Фиг. 4.

сидит шестерня, сцепляющаяся с шестерней, на к-рой укреплен зубчатый сектор (косяк) *г*, вращающийся вместе с ней. Над косяком на шпинделе сидит свободно шестерня *д*. При вращении косяка *г* входит в зацепление с шестерней *д* и вращает ее. С выходом из зацепления косяка на шестерне *д* останавливаются питающие валики и питающие цилиндры. Продолжительность периода питания, т. е. продолжительность вращения питающих цилиндров и питающей решетки, зависит от скорости вращения косяка *г*, скорость вращения которого зависит от скорости вращения большого ступенчатого блока *в*. Регулирование скорости вращения большого ступенчатого блока осуществляется переводом веревки (струны) из одной канавки в другую, т. е. изменением рабочего диаметра большого блока. Линейная скорость питающих валиков и питающей решетки зависит от числа оборотов питающих валиков и валика, ведущего питающую решетку. Скорость вращения рабочих валиков у «Американки» не меняется. После того как шерсть окажется достаточно разрыхленной и обеспыленной, необходимо открыть заслонку *к* (фиг. 2). Осуществляется

это т. о.: на том же валике, на к-ром насажен зубчатый сектор *г*, с другой стороны закреплен эксцентрик *е*, вращающийся против часовой стрелки; на ось *з* насажен угловой рычаг *жс*, на нижнем конце к-рого сидит свободно ролик *л*, а также укреплен груз *м*. Груз *м* все время стремится повернуть угловой рычаг вокруг оси *з* по направлению движения часовой стрелки. С верхней половиной углового рычага *жс* шарнирно связана штанга *и*, верхний конец к-рой также шарнирно связан с рычагом *к*, другой конец рычага *к* укреплен на одной оси с заслонкой. При повороте эксцентрика *е* против часовой стрелки выступ эксцентрика нажимает на ролик *л*, отчего угловой рычаг *жс* вынужденно поворачивается вокруг оси *з* против часовой стрелки; штанга *и* идет вниз и поворачивает рычаг *к* тоже против часовой стрелки, заслонка открывается. Когда эксцентрик *е* прямолинейной своей частью повернется к ролику *л*, угловой рычаг под действием груза *м* повернется вокруг оси *з* по направлению движения часовой стрелки, штанга *и* пойдет вверх, и заслонка закроется. Эксцентрик *д. б.* установлен так, чтобы после закрытия заслонки сейчас же началась подача новой порции шерсти в машину. Производительность описанной трепальной машины колеблется в широких пределах. Через машину *м. б.* пропущено в течение часа 100—200 кг.

Смешивание шерсти. Протриванные и частично расщипанные сорта шерсти *д. б.* в определенном соотношении смешаны. Процесс смешения преследует получение та-

ких комбинаций, к-рые могли бы обеспечить получение необходимых показателей по крепости, удлинению и разрывным длинам в вырабатываемой пряже с наименьшей затратой сырья. Вторая цель смешивания—составление таких комбинаций, при которых уровень вышеуказанных показателей в вырабатываемой пряже достигался бы при наименьшей стоимости 1 кг смеси. Смесь составляется по ф-ле:

$$A = ax + by + cz, \quad (1)$$

где *A*—проектируемая крепость пряжи, *x*, *y*, *z*—крепость пряжи, сработанной из соответствующего компонента *a*, *b*, *c*—%ное содержание каждого компонента (комбинация) в смеси. В ф-лу вместо *a*, *b* и *c* должны вставляться не проценты, а доли единицы, с тем чтобы $a + b + c = 1$. Практически сработать в разных партиях совершенно одинакового номера пряжу невозможно, поэтому надо привести разные номера к одному номеру или в ф-ле вместо крепости на разрыв брать разрывные длины. Тогда значения в ф-ле будут: *A*—проектируемая разрывная длина пряжи, *x*, *y*, *z*—разрывные длины пряжи, сработанной из соответствующих компонентов. Допустим, что имеются три сорта пряжи, сработанные из основы I—разрывная длина 4,6 км—20%, из основы II—разрывная длина 3,8 км—35% и основы III—разрывная длина 2,8 км—45%. Тогда по предлагаемой ф-ле разрывная длина пряжи, сработанной в тех же технологич. условиях из основы I, основы II и основы III, будет: $A = 0,2 \times 4,6 + 0,35 \times 3,8 + 0,45 \times 2,8 = 3,51$ км. Состав смеси был взят: 20% основы I, 35% основы II и 45% основы III. Все сказанное о проектировании смесок справедливо для однородных компонентов смеси. При применении в III. хлопка, котонина и искусственного шелка

необходимо вводить в ф-лу поправочные коэф-ты. В табл. 1 приведены рецепты смесок для тонкосуконного и грубосуконного производства.

Табл. 1.—Рецепты смесок в %.

Виды шерсти	Сукно БК: основа и уток	Трико БК	
		основа	уток
Шерсть натуральная	26	31	40
» шубная . . .	9,5	8	9
» искусствен.	20,8	22,2	24,3
Ровничный лэм . . .	9	8,3	8,8
Угары разные . . .	19,7	15,5	—
Котонин	15	12	17,9
Всего . . .	100	100	100

Применяют также следующие смеси для тканей: сукно диагональ, основа: 38% шерсти мериносской, 62% колец камвольных мериносских; уток: 68% шерсти мериносской рстовской, 32% капской мериносской. Трико Фуле, основа и уток: 100% мериносской шерсти кварта. Компоненты смеси д. б. предварительно подвергнуты расщипыванию или отдельно или будучи смешаны между собою. До последнего времени в СССР и за границей смесь на большинстве фабрик производится вручную. По рецепту смеси отбирается весовое количество различных составных частей смеси. Затем вся смесь делится на несколько слоев. После этого весовые количества каждого компонента делятся на число слоев. Если в смеси взять четыре сорта шерсти (в кг): а сорта А, б сорта Б, в сорта В и г сорта Г, а число слоев каждого сорта n , то для каждого слоя любой компонент будет браться в количестве $\frac{a}{n}, \frac{b}{n}, \frac{v}{n}, \frac{g}{n}$ кг, а

в каждом слое будет $\frac{a+b+v+g}{n}$ кг шерсти.

Само смешивание производится сл. обр. На весах отвешивается а кг шерсти сорта А, к-рая ровным слоем разбрасывается по полу. После этого отвешивается б кг шерсти сорта Б, и отвешенная шерсть также равномерно разбрасывается поверх шерсти сорта А. Т. о. слой за слоем последовательно разбрасываются один на другой все сорта шерсти, входящие в смесь.

После того как будет разостлана $\frac{1}{n}$ часть смеси, вышеуказанная операция повторяется n раз до тех пор, пока не будет готова вся смесь. По окончании образования бунта из компонентов, входящих в смесь, последняя забирается рабочими в вертикальном направлении с тем, чтобы в каждой охалке оказались все прослойки и вручную перетряхивается (перекладывается). Эта операция носит название «перекидки». В зависимости от степени равномерности смеси перекидка м. б. проведена один, два и даже три раза. Меланжевые смеси перекидываются несколько раз. Перекинутая смесь пропускается через щипальную машину один или два раза. На ф-ке «Пролетарская Отрада» в Московской области процесс смешивания механизирован сл. образом. Отдельные компоненты смеси в зависимости от их состояния пропускаются перед смешиванием через щипальную или через трепальную машину. Обе машины перед выходом имеют вентиляторы, через которые протрешанная или расщипанная шерсть до трубам гонится в особые воронки с отверстиями внизу, через которые шерсть рыхлыми клочками падает вниз. Воронки установлены на высоте 2,5—3 м. Под воронками находится

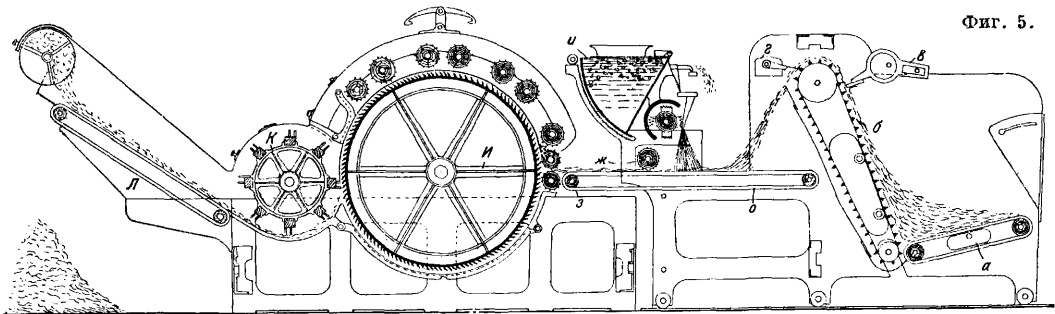
большой вращающийся круг, на к-рый и падает шерсть, выходящая из воронок. Линейная скорость вращающегося круга рассчитана т. о., что по мере прохождения его над воронками шерсть ровным слоем покрывает круг. Для этого вокруг выходного отверстия воронок необходимо обвести изогнутую трубку с мелкими отверстиями. По трубке под небольшим давлением пропускают замасливающую эмульсию, которая, вылетая брызгами из отверстий в трубке, будет смачивать вылетающую из воронок шерсть. Смешивание на круге требует очень много места и поэтому может оправдать себя только на больших ф-ках.

Замасливание шерсти. Замасливанием шерсти или смеси преследуют цель придать волокнам наибольшую эластичность с тем, чтобы сделать их в последующем процессе кардочесания более подвижными и этим уменьшить число разрывов волокон. В процессе прядения, в результате скольжения замасленных волокон друг относительно друга, смесь вытягивается равномерно и тем самым дает возможность получения более равномерной по номеру пряжи. К замасливающим составам должны предъявляться следующие требования: а) сообщать волокнам способность легко изменять свою форму, б) ровным слоем покрывать волокна и смачивать их, в) не вызывать сгорания и самовозгорания смеси при долгом лежании, г) не затвердевать на поверхности волокон даже при изменении t° , д) не содержать в свободном состоянии щелочей и кислот. Замасливание смесок не должно вредно отражаться в отделке тканей (особенно при крашении), замасливающий состав должен легко омыться и полностью удалиться при промывке тканей. Кроме того масла, применяющиеся для замасливания, должны образовывать стойкую эмульсию. Наиболее широко применяющимися маслами для замасливания являются технич. олеин и олеонафт. Технич. олеин, являясь побочным продуктом в производстве стеарина, всегда содержит в себе некоторое количество стеарина и стеариновой кислоты, он довольно легко образует стойкую эмульсию, легко вымывается из ткани, тем не менее имеет следующие недостатки: а) способность образовать на скобках кардогарнитуры окислы железа, которые, будучи перенесены в ткань, образуют при крашении пятна, б) создает неприятный запах и в) может вызвать самовозгорание смеси. Для составления эмульсии из технич. олеина берется вода, сода, нашатырный спирт, причем их весовое соотношение на разных ф-ках берется различным. Довольно часто употребляется эмульсия следующего состава: 33% олеина, 1% соды и 66% воды. Расход такой эмульсии по отношению к сухому весу смеси колеблется в пределах 7—15% и зависит от состояния и количества отдельных видов шерсти, входящих составными частями в смесь. В шерсти после ее промывки остается нек-рое количество шерстяного жира. Шерсти, содержащие больший % жира, замасливают меньшим количеством эмульсии, к-рая в таком случае д. б. более жидкой. Для определения необходимого веса эмульсии не учитывается вес котонина и хлопка, входящих в общий вес смеси. Лучше всего в таких случаях замасливание шерсти производить до смешивания ее с другими волокнами. Эмульсии, составленные из олеонафта, хуже удаляются из ткани в процессе отделки. Как на один из ре-

цетов можно указать на следующий: 25% олеонафта, 35% керосина, 3% соды кальцинированной и 37% воды. Приготовление эмульсии ведется в особых баках с вращающимися лопастями, эмульсия в это время нагревается. Приготовление эмульсии считается законченным, если при прекращении взбалтывания масло остается во взвешенном состоянии, не выделяясь в особый слой. При ручном способе замасливание производится сл. образом: эмульсия наливается в лейку и из лейки производится разбрызгивание ее по разостланной на полу смеске, или шерсти. После этого замасленная смеска пропускается через щипальную машину. Замасливающие аппараты, автоматически производящие замасливание и обычно являющиеся составной частью щипальной машины, по принципу работы м. б. разбиты на три типа: 1) аппараты, разбрызгивающие эмульсию на проходящую по решетке смеску при помощи щеток (щеточный аппарат), 2) аппараты, разбрызгивающие эмульсию при помощи сжатого воздуха (пневматич. аппарат), 3) аппараты, в к-рых эмульсия из корыта, расположенного над двигающейся решеткой, стекает на шерсть по особым канавкам.

Замасливающая эмульсия из резервуара *и* постепенно стекает в корыта, вытекая из к-рых она разбрызгивается щетками на двигающуюся на питающей решетке смеску. Уплотняющий валик *ж* уплотняет смеску на питающей решетке и тем самым способствует проникновению эмульсии в нижнюю часть смески. Далее смеска подводится питающей решеткой к питающим валикам *з*, к-рые передают ее на колки барабана *И* щипальной машины. Над питающими валиками установлен съемный валик, к-рый очищает верхний питающий валик от остающихся на нем клочков шерсти и передает барабану. Захваченная колками барабана *И* смеска встречается на своем пути три пары рабочих и съемных валиков. Процесс разделения шерсти, распрямления волокон и разрыхления шерсти происходит гл. обр. в местах соприкосновения рабочих валиков и барабана; и тот и другие несут на своих поверхностях установленные рядами железные колки. Съемные валики снимают клочки шерсти с колков рабочих валиков и передают их колкам барабана.

Пропущенная через три пары рабочих и съемных валиков смеска подводится колками барабана к ветрянке *К*. Ветрянка состоит из вала



Фиг. 5.

Расщипывание шерсти. Сущность процесса расщипывания шерсти заключается в дальнейшем (после трепания) разделении клочков шерсти на более мелкие клочки, а частично и на отдельные волокна. Одновременно с разделением шерсти на более мелкие группы происходит перемешивание волокон. Шерсть после расщипывания имеет вид рыхлой волокнистой массы, в которой волокна различной толщины, длины, крепости, а также различной окраски равномерно смешаны друг с другом. Часто одновременно с расщипыванием шерсти (смески) производится ее замасливание. Схема комбинированной щипально-замасливающей машины представлена на фиг. 5. Машина оборудована самостилом. Шерсть (смеска), загружаемая в ящик самостила, нижней решеткой *а* все время подводится к наклонно установленной игольчатой решетке *б*, к-рая движется в направлении, указанном стрелкой. Смеска, захваченная иглами решетки *б*, встречается на своем пути уравнивающий гребень *в*, который, совершая колебательное движение, выравнивает толщину слоя смески по ширине решетки *б*, сбрасывая обратно в самостил излишне захваченную шерсть (смеску). По другую сторону игольчатой решетки *б* установлен сбрасывающий гребень *г*, который производит очистку решетки *б* и сбрасывание смески на медленно движущуюся питающую решетку *о*. Над питающей решеткой *о* установлен замасливающий аппарат, к-рый состоит из резервуара *и* для замасливающей эмульсии, двух корыт и двух щеток.

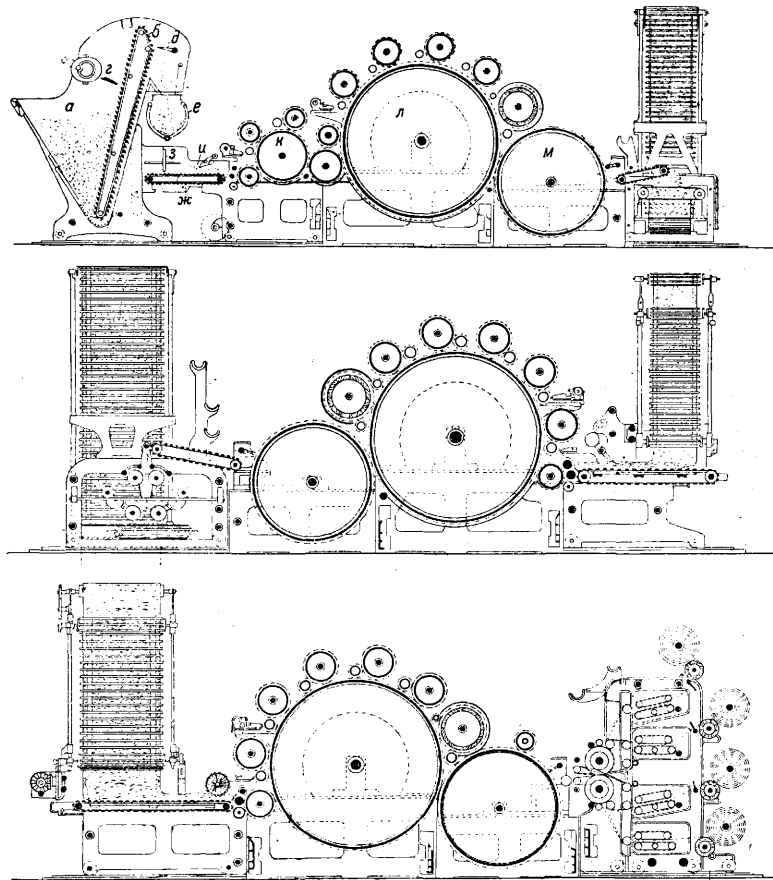
и наглухо посаженных на нем крестовин. На крестовинах по ширине машины укреплены деревянные бруски, на к-рых посажены колки и кожаные гребенки. Ветрянка, вращаясь с большей окружной скоростью, нежели барабан, снимает с колков последнего расщипанную шерсть и передает ее на выбрасывающую решетку *Л*, по к-рой шерсть выводится из машины. При рабочей ширине такой машины, равной 1 260 мм, и при 150 об/м. она достигает производительности 250 кг/ч; потребная мощность 6—7 Ю. При выработке меланжевой пряжи для совершенного перемешивания волокон различных цветов необходимо смеску пропускать через щипальную машину два-три раза.

Кардочесание. Процесс кардочесания в аппаратном прядении шерсти имеет первостепенное значение. Сущность кардочесания заключается в окончательном освобождении шерсти, или смески, от находящихся в ней посторонних загрязняющих примесей, в разделении волокон, их распрямлении и параллелизации и в получении из массы шерсти круглых рыхлых нитей (ровницы).

Ровница д. б. определенного номера, ровничные нити по всей длине д. б. равномерными по номеру, волокна в ровничных нитях д. б. в достаточной степени распрямленными и параллелизованными. Это условие должно выполняться рабочими органами кардочесального аппарата; первые два условия зависят от количества поступающего в машину волокнистого материала в единицу времени, от размера вы-

тяжек и от равномерности поступления волокнистого материала как по ширине, так и длине питающей машину решетки. На современных конструкциях кардочесальных аппаратов эта операция (питание) производится автоматически. У большинства аппаратов передача частично расчесанного волокнистого материала в виде ваты также производится автоматически. Механизация взвешивания, питания и транспортирования волокнистого материала не только повышает качество получаемой ровницы, но также удешевляет стоимость обработки за счет уменьшения числа обслуживающих аппарат рабочих. В зависимости от числа кардоче-

игольчатой решетки. Гребень *d* производит снятие волокнистого материала с игл решетки, снятый материал попадает в чашку весов самовеса *e*. Движение игольчатой решетки, а вместе с тем и поступление волокнистого материала в чашку весов самовеса происходят до тех пор, пока она не окажется наполненной до определенно установленного веса. Как только в чашке весов самовеса окажется необходимый вес смеси, она опускается под действием этого веса на особую подставку, а вместе с этим через систему рычагов производится останов игольчатой решетки, а следовательно прекращается поступление смеси в чашку весов самовеса. Чашка весов самовеса состоит из двух полшин, каждая из которых может поворачиваться вокруг своей оси. Поворачиваясь вокруг своих осей, половинки (створки) чашки могут раскрываться и закрываться. Через определенные промежутки времени эти створки раскрываются, и материал из чашки выбрасывается на расположенную под ней питающую решетку *жс*, состоящую из деревянных планок, посаженных на ремнях. Шерсть, поступающая из самовеса на питающую решетку через равные промежутки времени и одинаковыми по весу порциями, выравнивается и уплотняется там доской *з* и уголком *и*. Питающая решетка *жс* медленно движется по направлению к питающим валикам авантрена *к*, установленного перед главным барабаном *л* и состоящего тоже из барабана и нескольких пар рабочих и съемных валиков. Все перечисленные рабочие органы авантрена покрываются обычно пыльчатой гарнитурой. На авантрене производится дальнейшее разделение шерсти на более мелкие группы волокон, с авантрена шерсть снимается перегонным валиком и передается на главный барабан *л*, по окружности которого устанавливается несколько пар рабочих и съемных валиков. Снятая с пеньера *м* волокнистая масса в виде ватки передается транспортером на вторую чесальную машину (фиг. 6б). На второй чесальной машине ватка в виде ленты равномерно раскладывается на питающей решетке, *к*-рая медленно подводит эту ватку к питающим валикам. Перегонный валик снимает волокна с питающих валиков и передает их главному барабану, где аналогично первой машине производится дальнейшее расчесывание. Ватка, снятая с пеньера второй чесальной машины, транспортером передается на третью чесальную машину, на *к*-рой волокна в третий и последний раз подвергаются расчесыванию. Окончательно расчесанные волокна, снятые с пеньера третьей чесальной машины в виде равномерной по толщине ватки, направляются в составную часть третьей чесальной машины — дели-



Фиг. 6а.

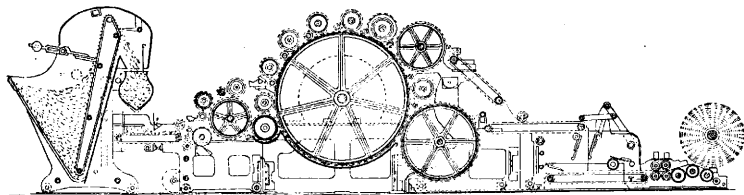
сальных машин, через которые пропускается смесь, аппараты бывают двухпрочесные, трехпрочесные и четырехпрочесные («малли»).

На фиг. 6а представлена схема трехпрочесного аппарата с самовесом и транспортерами. Самовесом называется приспособление, автоматически производящее взвешивание шерсти. Он состоит из ящика *a*, в который загружается смесь, наклонной игольчатой решетки *б*, двух гребней *г* и *д* и чашки весов самовеса *е*. Смесь, захваченная иглами решетки *б*, проходит мимо уравнивающего гребня *г*, который, совершая колебательные движения, выравнивает слой шерсти по всей ширине игольчатой решетки. С целью изменения подачи смеси гребень *г* может различно устанавливаться по отношению к игольчатой решетке. Количество подаваемого материала в единицу времени может также изменяться при изменении скорости движения

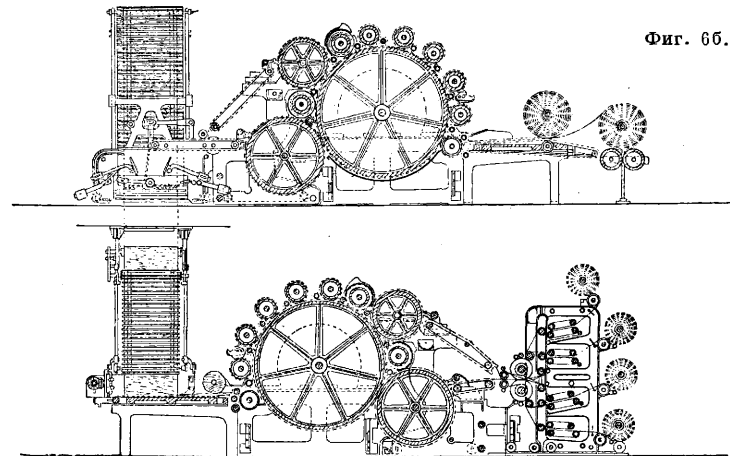
навливаются несколько пар рабочих и съемных валиков. Снятая с пеньера *м* волокнистая масса в виде ватки передается транспортером на вторую чесальную машину (фиг. 6б). На второй чесальной машине ватка в виде ленты равномерно раскладывается на питающей решетке, *к*-рая медленно подводит эту ватку к питающим валикам. Перегонный валик снимает волокна с питающих валиков и передает их главному барабану, где аналогично первой машине производится дальнейшее расчесывание. Ватка, снятая с пеньера второй чесальной машины, транспортером передается на третью чесальную машину, на *к*-рой волокна в третий и последний раз подвергаются расчесыванию. Окончательно расчесанные волокна, снятые с пеньера третьей чесальной машины в виде равномерной по толщине ватки, направляются в составную часть третьей чесальной машины — дели-

тельную каретку, в которой эта ватка делится на целый ряд ленточек; последние после ссучивания становятся ровничей; на фиг. 66 изображена двухпенберная чесальная машинка.

Схема делительной каретки представлена отдельно на фиг. 7. Делительная каретка состо-



Фиг. 66.



ит из делительного сучильного и наматывающего приборов. Делительный прибор состоит из делительных вальянов *в* и целого ряда направляющих валиков (1—5). Делительные вальяны представляют собой круглые пропазованные валики диам. 200 мм. Число углублений (пазов) равно половине числа ровничных нитей. Верхний и нижний вальяны устанавливаются друг относительно друга так, что выступающие части (кольца) одного находятся над углублениями (пазами) другого, и, наоборот, кожаные делительные ремешки, одинаковые по своей ширине с кольцами вальянов, огибают направляющие валики 1 и проходят между делительными вальянами, затем, огибая последовательно валики 2, 3, 4 и 5, возвращаются в исходное положение, проходя в прорезах делительных вальянов. Ватка, снятая с пеньера, поступает в направляющие валики 1, где, зажатая между ремешками *а* и *б*, движется вместе с ними по направлению к делительным вальянам *в*. Та группа ремешков, которая подходит к направляющим валикам 1 снизу, по выходе из делительных вальянов направляется вверх, а группа ремешков, к-рая подходит к направляющим валикам 1 сверху, направляется по выходе из делительных вальянов вниз. Обе группы ремешков, огибая делительные вальяны, которые вращаются в различных направлениях (нижний по часовой стрелке, а верхний против часовой стрелки), прижимают к ним ватку. Ватка, прижатая ремешками к вальянам, вращающимся в разных направлениях, делится на полоски (ленточки), соответствующие по ширине ремешкам. Ленточки вместе с ремешками огибают последовательно направляющие валики 2, 3, 4 и 5

(для длинных ремешков) и 2, 4 и 5 (для коротких ремешков), после чего, проходя в углублениях вальянов, приходят в исходное положение. Длинные ремешки подводят ленточки к верхней и нижней парам сучильных рукавов, а короткие ремешки—к средним парам сучильных рукавов. Для увеличения срока работы ремешки заставляют работать двумя сторонами. С этой целью они переворачиваются другой стороной между валиками 5 и 1. Ленточки с ремешков поступают в кожаные сучильные рукава *г*, к-рые вместе с движением по направлению к накатным валикам *д* двигаются возвратно-поступательно в направлении своей ширины. Ссученные ленточки выходят из сучильных рукавов в виде рыхлых круглых нитей (ровницы) и, огибая накатные валики *д*, наматываются на деревянные скалки в форме бобины и, снятые в таком виде с аппарата, отправляются на прядильные машины.

Производительность аппарата в килономерах в час *м. б.* выражена в виде ф-лы:

$$P = \frac{N \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot 60}{1000} \cdot k. \quad (2)$$

Производительность в кг в час будет:

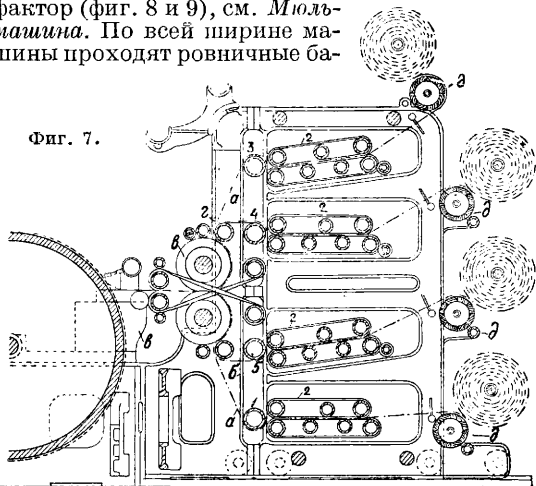
$$P_1 = \frac{N \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot 60}{1000 \text{ №}} \cdot k. \quad (3)$$

Значения величин, входящих в ф-лы: *N*—число ровничных нитей,

d—диам. накатных валиков в *м*, *n*—число оборотов накатных валиков в минуту, №—метрич. номер вырабатываемой ровницы, *k*—коэф. использования времени работы машины.

Прядение. Самой распространенной машиной в аппаратном прядении является сельфактор (фиг. 8 и 9), см. *Мюль-машина*. По всей ширине машины проходят ровничные ба-

Фиг. 7.



рабанчики *а*, на к-рые устанавливаются ровничные бобины. Ровничные нити, сматываясь с ровничных бобин, направляются в выпускные цилиндры *б*, откуда идут на веретена, установленные в каретке *в*. Веретена расположены в один ряд на расстоянии 45—70 мм друг от друга. Каретка движется вправо при отходе и влево при подходе. Длина отхода каретки для суконного сельфактора обычно равна 160—185 см.

Работа селфактора происходит циклами, каждый из которых можно разбить на четыре периода: I период. Отход каретки. Каретка в отходит вправо (фиг. 9). Вместе с отходом каретки ровничные барабанчики *a* вращаются по направлению движения часовой стрелки и раскатывают ровничные нити с бобин *г*. Одновременно с этим выпускные цилиндры *б* вращаются по направлению движения часовой стрелки. Т. о. ровничные нити, сматываясь с бобин *г* и про-

тельность докручивания нитей зависит от номера вырабатываемой пряжи, а также от ее назначения (основа или уток). Основной пряже всегда сообщается большая крутка, нежели уточной. С целью избегания массового обрыва нитей во время докрутки каретке сообщается обратное движение на 50—100 м. После

того как нити получают надлежащую степень крутки, ремень со шкива третьей скорости переводится на холостой шкив, и процесс прядения заканчивается.

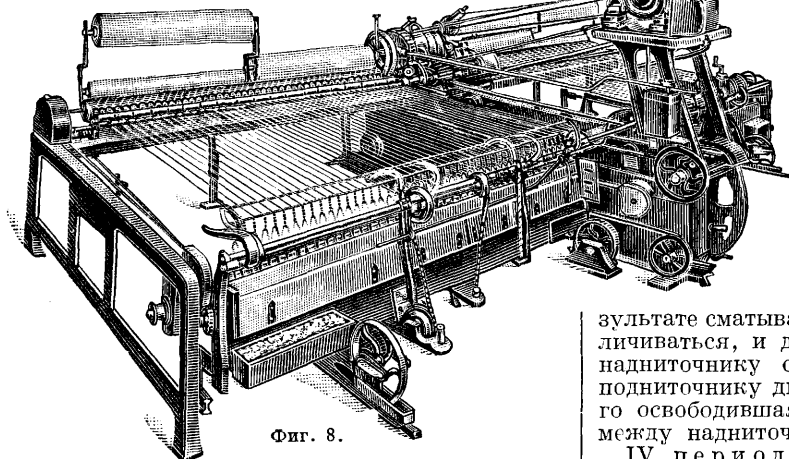
III период. Отмотка. После того как закончится кручение нитей на веретенах, от початков до концов веретен останутся винтообразно расположенные нити. Для того чтобы с голых частей веретен снять винтообразно расположенные нити, веретенам необходимо сообщить обратное вращение. Ясно, что в результате сматывания нитей их длина будет увеличиваться, и для избегания их провисания надниточнику сообщается движение вниз, а подниточнику движение вверх, вследствие чего освободившаяся длина нитей натягивается между надниточником и подниточником.

IV период. Намотка прядки. Этот период начинается непосредственно за периодом отмотки. Цикл работы селфактора можно представить в виде табл. 2. Для придания особой рельефности переплетений в тканях направление крутки в основной и уточной пряже дают различное. Принято для основной пряжи давать правую крутку, а для уточной левую. При работе на селфакторах применяются скорости, приведенные в табл. 3.

Каретка селфактора во время возврата движется с переменной скоростью. Изменение скорости происходит из-за изменения радиусов улитки на нижнем каретном валу. Подход каретки к брусу и намотка выпряденной пряжи на веретена происходят одновременно, поэтому скорость вращения веретен *д. б.* согласована со скоростью подхода каретки к брусу. Теоретическая производительность селфактора в 1 час м. б. выражена формулой

$$P = \frac{n \cdot l \cdot m \cdot 60}{1000 N_0} \text{ кг}, \quad (4)$$

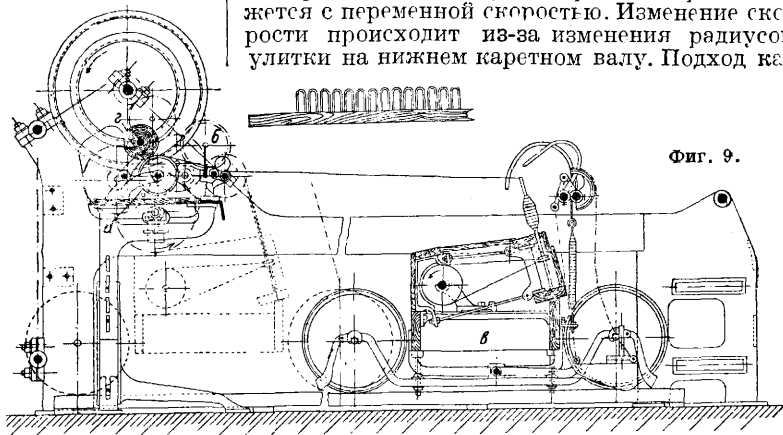
где *P*—производительность селфактора в кг, *n*—число веретен на селфакторе, *l*—длина пряжи, получаемая на 1 веретене за 1 цикл работы селфактора, в м, *m*—число отходов каретки в 1 мин., 60—время работы селфактора в мин.,



Фиг. 8.

ходя через выпускные цилиндры, направляются вместе с веретенами вправо. В это время веретена вращаются с первой наименьшей скоростью и сообщают ровничным нитям предельную крутку. Соотношение скоростей каретки с веретенами и выпускных цилиндров все время меняется. В самом начале отхода каретка движется вправо с наибольшей скоростью, постепенно замедляя ход к концу отхода. Выпускные же цилиндры выпускают ровничные нити с постоянной скоростью и только на некоторых типах селфакторов скорость выпуска ровничных нитей связана со скоростью отхода каретки прямой зависимостью. В тех случаях, когда скорость каретки превышает скорость выпуска ровничных нитей, последние подвергаются вытягиванию (вытяжка «гейн»). В подавляющем большинстве случаев при аппаратном прядении выпуск ровничных нитей прекращается еще до того, как каретка отойдет в свое крайнее правое положение. Такая вытяжка носит название вытяжки каретки. На первой половине пути или на $\frac{2}{3}$ длины отхода каретки веретена вращаются с первой скоростью, после чего в результате перевода ремня на шкив второй скорости веретена начинают вращаться со второй—повышенной против первой—скорости. Наконец, когда каретка пройдет примерно $\frac{1}{3}$ своего пути, включается максимальная—третья—скорость вращения веретен. С последней скоростью вращения веретен каретка и заканчивает свой путь.

II период. Докрутка прядки. После остановки каретки вращение веретен продолжается с повышенной скоростью. Продолжи-



Фиг. 9.

Табл. 2. — Цикл работы сельфактора.

Детали сельфактора	I период	II период	III период	IV период
Каретка	Отходит с убывающей скоростью	Стоит, а при большой крутке частично подается назад	Стоит	Подходит к брусу
Веретена	Вращаются сначала с первой, а затем со второй скоростью	Вращаются в ту же сторону, что в первом периоде, с третьей скоростью	Вращаются в противоположную, чем в I и II периоде, сторону	Вращаются с переменной скоростью в ту же сторону, что в I и II периоде
Выпускные цилиндры	Вращаются	Стоят	Стоят	Стоят
Надниточник	Неподвижно находится над нитями	Неподвижно находится над нитями	Опускается	Сначала быстро опускается, затем медленно, а в самом конце быстро поднимается
Подниточник	Неподвижно находится под нитями	Неподвижно находится под нитями	Поднимается	Во время подхода каретки поддерживает нити в натянтом состоянии, а в конце подхода быстро опускается

№ — метрич. номер вырабатываемой пряжи. Продолжительность одного цикла работы сельфактора складывается из продолжительности крутки, продолжительности отмотки, продол-

Табл. 3. — Число оборотов веретен и диаметр сменных валиков.

Сист. сельфактора	Диам. махов. в мм		Число об/м. веретен			
	мал. *1	больш. *2	1 скор.	2 скор.	3 скор.	
Иозефи	250	500	1 170	1 650	3 220	
	300	550	1 390	1 970	3 530	
	350	600	1 620	2 280	3 830	
	400	—	1 840	2 600	—	
	450	—	2 060	2 900	—	
Шуберт и Зальцер	200	410	910	1 880	3 710	
	250	460	1 160	2 320	4 190	
	300	510	1 390	2 780	4 690	
	350	—	1 610	3 220	—	
Гартман	400	—	1 830	3 630	—	
	250	400	1 350	2 080	3 240	
	300	410	1 620	2 180	3 580	
		350	500	1 860	2 880	4 050

*1 Малый маховик—для 1 и 2 скоростей. *2 Большой маховик—для 3 скорости.

жительности намотки. Продолжительность крутки T складывается из продолжительности вращения веретен с 1-й, 2-й и 3-й скоростью и определяется по ф-ле

$$T = 10 \left(\frac{k_1}{v_1} + \frac{k_2}{v_2} + \frac{k_3}{v_3} \right), \quad (5)$$

где k_1, k_2 и k_3 —крутка на 10 см, сообщаемая пряже во время вращения веретен с 1-й, 2-й и 3-й скоростью, и v_1, v_2 и v_3 —соответствующие скорости вращения веретен. Продолжительность отмотки меняется за все время выработки початка. В начале заработка сьема, когда голая часть веретена бывает наибольшей, продолжительность отмотки больше. В конце выработки сьема, когда голая часть веретена незначительна, продолжительность отмотки меньше. Для включения продолжительности отмотки в формулу теоретической производительности необходимо брать среднюю продолжительность отмотки. Продолжительность намотки зависит от скорости подхода каретки и на данном сельфакторе является величиной постоянной. Число от-

ходов каретки в минуту n м. б. следовательно выражено так:

$$n = \frac{1}{l \cdot 10 \left(\frac{k_1}{v_1} + \frac{k_2}{v_2} + \frac{k_3}{v_3} \right) + T_1 + T_2}, \quad (6)$$

где l —длина пряжи, получаемая за 1 отход, в м, T_1 —продолжительность отмотки в мин., T_2 —продолжительность намотки в мин. Тогда теоретическая производительность сельфактора будет

$$P = \frac{n \cdot l \cdot 60}{1000 N_0 \left[10l \left(\frac{k_1}{v_1} + \frac{k_2}{v_2} + \frac{k_3}{v_3} \right) + T_1 + T_2 \right]} \cdot \kappa_2, \quad (7)$$

Фактич. производительность сельфактора

$$P_1 = \frac{n \cdot l \cdot 60}{1000 N_0 \left[10l \left(\frac{k_1}{v_1} + \frac{k_2}{v_2} + \frac{k_3}{v_3} \right) + T_1 + T_2 \right]} \cdot \kappa_2 \cdot a,$$

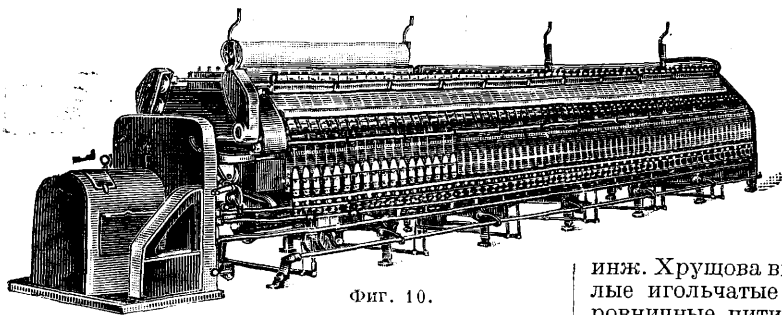
где a —коэф. использования времени работы машины, который зависит от большого числа разнообразных факторов; главные из них следующие: а) число ровничных бобин на сельфакторе, б) среднее число нитей бобин, в) средняя длина одной нити бобины, г) общая длина концов ровницы (по одной нити), срываемых с бобин вовремя заправки, и концов, остающихся на скалке при доработке, д) время, потребное на смену одной бобины ровницы, е) вытяжка на сельфактор, ж) число рвущихся шнурков за смену, з) время на перевязку шнурка, и) время чистки и смазки машины, к) заправка и уборка сьема, л) время выработки сьема, м) число работающих веретен, н) номер пряжи и др. Зависимость коэф-та использования от различных факторов видна из ф-лы:

$$a_x = a \frac{v \cdot e \cdot l}{a \cdot b \cdot g \cdot d \cdot \text{ж} \cdot \text{с} \cdot \text{и} \cdot \text{к} \cdot \text{м} \cdot \text{н}}$$

По данным Союзшерсти коэф. использования времени работы сельфакторов в зависимости от сорта и номера пряжи и пр. изменяется от 0,53 до 0,94. Практика работы последних лет в суконом прядении имеет ряд ценных предложений, в результате проведения к-рых в жизнь повышается коэф. использования, а стало быть и фактич. производительность. К числу таких предложений относятся смена ровничных бобин без останова сельфактора (на ходу) и введение штата сьемщиков, значительно сокращающее время на заправку и уборку сьемков.

Аппаратный кольцевой ватер представляет собою непрерывнодействующую пря-

дильную машину. Общий вид аппаратного ватера представлен на фиг. 10, а на фиг. 11 представлена схема аппаратного ватера. Бобины с ровничными нитями *a* устанавливаются по всей ширине на ровничных барабанчиках *б*. При вращении ровничных барабанчиков чет-

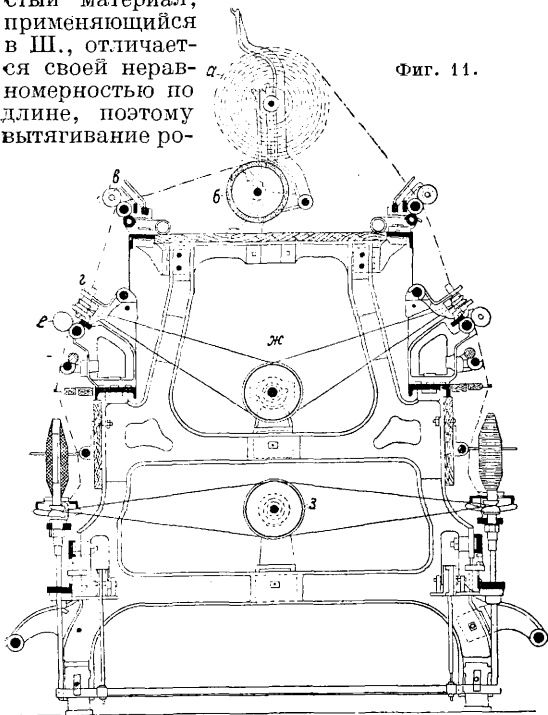


Фиг. 10.

ные нити с бобин идут в правую, а нечетные в левую пару цилиндров *в*. Нити как с правой, так и с левой стороны ватера проходят через вращающиеся юрки *г*, откуда поступают во вторую пару вытяжных цилиндров *е*. Вытяжка ровницы происходит за счет разности скоростей цилиндров *в* и *е* и м.б. выражена ф-лой

$$V = \frac{\partial n}{\partial_1 n_1}, \quad (8)$$

где ∂ —диам. цилиндра *в*, а ∂_1 —диам. цилиндра *е*, n и n_1 —числа об/м. цилиндров *в* и *е*. Волокнистый материал, применяющийся в Ш., отличается своей неравномерностью по длине, поэтому вытягивание ро-



Фиг. 11.

вичных нитей между цилиндрами *в* и *е* сопровождалось бы большими колебаниями по номеру в получаемой пряже. Для устранения этого недостатка между вытяжными цилиндрами устанавливаются быстро вращающиеся юрки. Они через шнуры получают движение от барабанчиков *ж*, и их число об/м. устанавливается обычно от 2 000 до 2 200. С той стороны, откуда нити поступают в юрок,

им сообщается крутка в одну сторону (правую), а после выхода из юрка им сообщается такая же крутка, но в противоположную сторону. Такая крутка называется ложной. Ее назначение—сообщить связь волокнам во время вытягивания. Т. к. нити выходят из юрка без крутки и т. к. их отрезки между юрками и цилиндрами *е* продолжают вытягиваться, в этом месте возникает опасность их обрыва, а поэтому для предотвращения такой опасности юрки устанавливаются по возможности ближе к точке зажима нитей во второй паре вытяжных цилиндров *е*. В ватере для аппаратной пряжи сист.

инж. Хрушова вместо юрков установлены круглые игольчатые гребни, к-рые поддерживают ровничные нити во время вытягивания и тем самым устраняют возможность неравномерности вытягивания и обрыва нитей. По выходе из второй пары вытяжных цилиндров нити проходят через направляющие колечки (глазки) на веретена, будучи пропущены через бегунки на кольцах. Веретена вращаются со скоростью до 4 000 об/м. и получают движение от барабанчиков *з*. Для осуществления намотки пряжи мотальные плашки прodelьвают колебательные движения в вертикальном направлении. Часовую производительность ватера *P* в кг можно выразить ф-лой

$$P = \frac{n \cdot v \cdot 60}{1000 N^2} a \cdot \kappa_2 / \text{ч}, \quad (9)$$

где n —число работающих веретен ватера, v —скорость второй пары вытяжных цилиндров в м/мин, N —метрич. номер вырабатываемой пряжи и a —коэф. использования времени работы машины. Но скорость второй пары вытяжных цилиндров зависит от крутки, сообщаемой пряже, и от числа оборотов веретен. Если принять крутку на 10 см равной k и число оборотов веретен в мин. v_1 , то выражение скорости второй пары вытяжных цилиндров получит вид:

$$v = \frac{v_1}{k}. \quad (10)$$

После подстановки выражения скорости цилиндров ф-ла (9) получит вид:

$$P = \frac{n \cdot v_1 \cdot 60}{1000 k N^2} a, \quad (11)$$

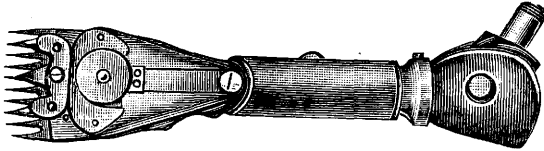
т. е. производительность ватера в кг прямо пропорциональна числу работающих веретен, прямо пропорциональна скорости вращения веретен и обратно пропорциональна назначаемой крутке и вырабатываемому номеру пряжи. См. *Камвольное прядение и Прядение*.

Лит.: Канарский Н., Шерсть и ее обработка, т. 1, ч. 1 и 2, М., 1924; его же, Краткий курс суконного производства, М., 1926; его же, Курс суконного производства, М.—Л., 1932; Гастев А. и Балсанков И., Монтаж суконного селфактора, М., 1932; Bergmann J., Handbuch der Spinnerei, В., 1927; Thiering O., Die Betriebe der Textiltech., В., 1926. И. Мясников.

ШЕРСТЬ, волосной покров животных: овец, верблюдов, коз, коров, оленей, собак, а также гуанако, викунии, ламы, альпака, кроликов и др. Наибольшее применение имеет в промышленности шерсть, получаемая с овец, верблюдов, коз и коров. Характеристика разных видов шерсти—см. *Волокна прядильные*, Волокна прядильные животного происхождения.

Первичная обработка Ш. охватывает собой стрижку, обеспыливание, сортировку, промывку, сушку, извлечение жира, упаковку и маркировку.

Стрижка овец производится ручным или механич. путем. Ножницы, применяемые при ручной стрижке—пружинного типа,—вырабатываются из хорошей стали. Машины для стрижки овец сконструированы по типу машинок для стрижки волос. Они приводятся в движение от ручного или ножного двигателя, от двигателей внутреннего сгорания и электромотора. Стригущий аппарат состоит из двух пластинок (фиг. 1): нижней—неподвижной с



Фиг. 1.

десятью зубцами—и верхней—с тремя зубцами,—быстро двигающейся над нижней пластиной то в ту то в другую сторону. В больших овцеводческих хозяйствах Австралии и Новой Зеландии устраивают для стрижки овец крытые помещения со стационарными установками. Стригальные машины приводятся в движение или от приводов, установленных около продольных стен, или снабжены каждая электромотором (фиг. 1а). На фиг. 2 показана передача движения от привода: *а*—насаженное на вал зубчатое колесо, *б*—конич. шестерня, соединенная с гибким металлич. стержнем, проходящим через металлич. трубки *в* и *г*, соединенные шарниром; стержень соединен с механизмом, помещенным в ручке *д*, приводящим в движение верхнюю пластинку ножниц *е*; ручка *д* заключена в плотный кожаный футляр; отводкой *жс* выключается и включается конич. шестерня *б*. При механич. стрижке применяют также перевозные двигатели внутреннего сгорания (главным образом нефтяные). Каждой машиной управляет один стригальщик. Стрижку овец

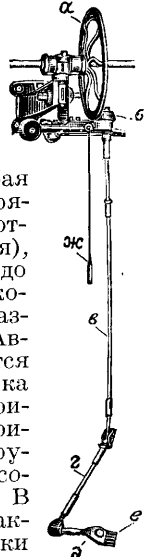


Фиг. 1а.

начинают с грудной области; после стрижки руко просматривают, свертывают и складывают в тюки, которые затем маркируются. Ключки Ш. с шеи и других частей тела складывают в отдельные мешки. Случаи ранения животных при механич. стрижке довольно редки. Стрижку овец следует производить только в хорошую погоду; необходимым условием правильно проведенной стрижки *д. б.* сухое состояние и незасоренность Ш. По сравнению с ручной стрижкой стрижка машинами в Н. Зеландии дает с головы настрига на 50 г шерсти более; за 8 ч. работы один стригальщик может остричь машиной до 200 овец. Стрижку тонкорунных овец производят один раз в год, весной, стрижку овец, дающих полугрубую шерсть,—

один или два раза в год, весной и осенью, грубошерстных овец—обыкновенно два раза в год.

Один стригой называется Ш. нек-рых пород грубошерстных овец, к-рая состригается один раз в году и благодаря своей длине и крепости идет гл. обр. на выработку технич. тканей и приводных ремней. По *д. п. а. р.*—Ш., снятая не путем стрижки, а химич. и механич. способами с кож животных. В том случае, когда шерсть снимается с кож овец и коров на кожевенных заводах, она носит также название *з. а. в. о. д. с. к. о. й.* Когда кожи обрабатываются известковым раствором, Ш. называется *з. о. л. ь. н. о. й.* Ш. овец после стрижки (в виде руна и клок) содержит жиропот, разные примеси (пыль, песок), в большей или меньшей степени загрязнена ресьем и испражнениями (кльонкер) и поэтому требует очистки для дальнейшей ее обработки. Степень загрязненности Ш. зависит от породы овец, ухода за ними и засоренности пастбищ. Тонкая мериносая Ш., собираемая в пределах Союза, содержит до 70% примесей; выход чистой Ш. после горячей мойки составляет обычно 28—35% от веса грязной Ш. Цыгальская полугрубая Ш. содержит до 60% примесей. Грубая Ш., менее жирная, дает после горячей мойки ок. 50% выхода. Импортная мериносая Ш. (австралийская), менее загрязненная, дает выход до 50%. В зависимости от рода и количества примесей применяются различные способы промывки Ш. В Австралии и Юж. Америке применяется иногда предварительная промывка Ш. на овцах перед стрижкой их, причем для лучшей очистки Ш. от примесей мойщики растирают Ш. руками. Для этой цели устраивают особые бассейны с проточной водой. В некоторых районах Ср. Азии, Казахстана и Киргизии способ промывки Ш. ордовой, бухарской или туркменской на овцах применяется путем



Фиг. 2.

перегона овец один или несколько раз через реку. Таким способом промывают иногда в Персии и Афганистане Ш. хорасанскую и афганскую. Промытая таким способом Ш. теряет 20—30% от веса грязной и носит название *п. е. р. е. г. о. н. о. й.* Большинство грубых Ш. в СССР промывалось до последнего времени холодным способом на плодовых шерстемойках, установленных на быстро текущих реках. Несмотря на нек-рые усовершенствования, облегчающие работу мойщиц и улучшающие процесс промывки грубых Ш., способ этот все же оставляется и заменяется промывкой грубой шерсти на промывных машинах, устанавливаемых в крупных центрах сбора шерсти. Кроме того более тщательная промывка шерсти на левиафанах уменьшает возможность заноса бацилл сибирской язвы из восточных стран. Степень загрязненности Ш. независимо от тщательности и продолжительности промывки зависит также и от мягкости и чистоты воды, в которой Ш. промывается. При проверке степени чистоты грубой Ш., промытой на холодной мойке, установлено, что грубая шерсть, подвергнутая только трепанию, потеряла в весе в среднем 11,5—11,8%. При дальнейшей промывке на горячей мойке грязная Ш. разных видов потеряла еще 7,7—16%. Ш. грубая перегонная после трепан-

ния и горячей мойки потеряла в зависимости от видов шерсти 30—40,6%. Более подробные данные, полученные на контрольной мойке, видны из следующей таблицы.

Потери веса Ш. при трепании и горячей промывке.

Наименование и состояние шерсти	Потери в %			Средний выход чистой Ш. в %
	после трепания	после промывки	всего	
Ордовая рунная мытая	11,4	11,2	22,6	77,4
Монгольская рунная мытая	14,2	10,5	24,7	75,3
Туркменская рунная мытая	23,9	12,8	36,7	63,3
Афганская рунная мытая	11,1	9,5	20,6	79,4
Русская волошская рунная мытая	5,9	14,5	20,4	79,6
Тушинская рунная мытая	8	7,7	15,7	84,3
Кучарская весенняя мытая	10,1	14,8	24,9	75,1
Кучарская осенняя мытая	11,8	16	27,8	72,2
Хотанская весенняя мытая	12,9	15,8	28,7	71,3
Ордовая перегонная	20,2	16,9	37,1	62,9
Бухарская перегонная	15,4	15,3	30,7	69,3
Туркменская перегонная	20	20,6	40,6	59,4
Маличевая перегонная	9,4	21,3	30,7	69,3

Сортировка Ш. Каждое руно независимо от породы овец содержит Ш. различной тонины и длины в зависимости от того, на какой части руна она находится. Самая лучшая и ровная Ш. находится на лопатках животного, а иногда также и на боках, самая плохая—на хвосте и ногах. Ш. грубошерстных овец, промытая на холодных мойках, сортируется после промывки и сушки ее. В основу сортировки положены цвет и тонина Ш. В пределах каждого цвета тонина Ш. обуславливает принадлежность ее к тому или иному сорту. Различие в сортах от высшего к низшему (от 1-го до 4—5-го) выражается: а) в постепенном огрубении волокон и укрупнении косиц, б) в увеличении длины волокон и косиц, в) в возрастании в Ш. количества ости, г) в появлении и увеличении количества мертвого волоса. Грубая Ш., как собираемая в пределах Союза, так и ввозимая из восточных стран, сортируется согласно проекту стандарта, установленному Стандартной комиссией при ВСНХ СССР, следующим образом: ордовая рунная Ш. на I, II, III, IV сорт и клок, туркменская на I, II, III сорт и клок, афганская на I, II, III сорт и клок, монгольская на I, II, III сорт и клок, русская волошская на I, II, III сорт и клок, маличевая на I, II, III сорт и клок, тушинская, также домна, лезгинская и горская на I, II, III сорт и клок, карабахская, кучарская и хотанская (рунные) на I и II сорт и клок. По цветам Ш. сортируется сл. обр.: 1) белый цвет, куда относится чисто белая Ш. как с наружной, так и с внутренней стороны руна; 2) светлый цвет—белая, палевая и светлокоричневая Ш.; 3) цветная Ш.—белая Ш. с светлыми и темнорыжим и бурым волосом в небольшом количестве с внутренней стороны руна и в косицах, а также Ш. с рыжими косицами; 4) светлосерая—белая и цветная Ш. с черным волосом в подплеке; 5) серая—светлосерая и белая Ш. с содержанием большего или меньшего количества черного волоса в косице и подплеке; 6) темносерая—серая Ш. с большим содержанием

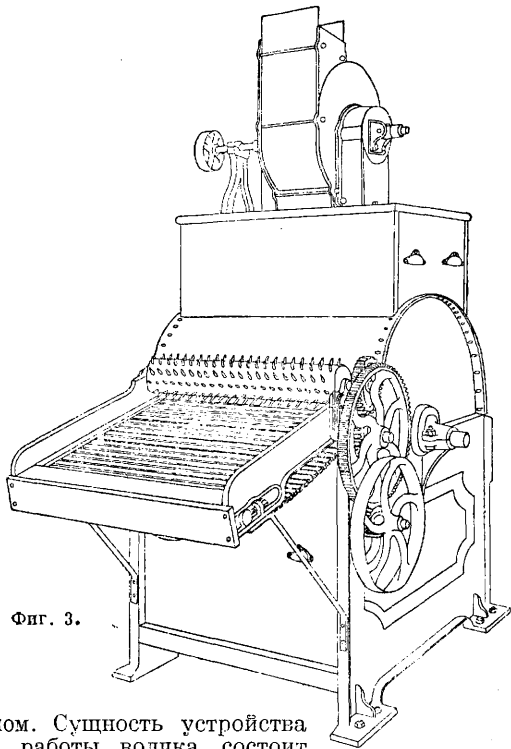
темносерого и черного волоса; 7) темная—темносерая, коричневая, темнокоричневая и темнорыжая Ш.; 8) черная—черная и черно-коричневая Ш. Сортировка производится ручным способом путем разрыва рун, причем сортировщики руководствуются кроме зрения и чувством осязания; одинаковые сорта складывают при этом в отдельные корзины. Пробная сортировка согласно установленному стандарту Ш. дала следующее %-ное отношение между сортами (при значительном колебании в зависимости от районов сбора):

	I с.	II с.	III с.	IV с.
Ордовая	7,2	35,3	41,2	16,3
Туркменская	12	65,4	22,6	—
Афганская	48,5	42,9	8,6	—
Тушинская	12—15	53—65	20—30	—

Верблюжья Ш., имеющая большое применение при выработке суконных и технических тканей, различна по своему характеру в зависимости от района сбора, а также и от того, снята ли она с гулевых или рабочих верблюдов. Сортируется она на три сорта с выделением гривы и свалка. Первый сорт называется т а й л а к, или верблюжий пух. Ш., собираемая в пределах СССР, содержит примерно: I сорта (тайлак)—2,4%, II сорта—23,1%, III сорта—55,6%, гривы—15% и свалка—3,9%. Монгольская верблюжья Ш. имеет приблизительно следующее отношение сортов: I сорт (тайлак)—12,4%, II сорт—63,5%, III сорт—17,9%, грива—6,2%. Сюда относится и клок. Цигаийская полугрубая Ш. сортируется на пять сортов. Первые четыре сорта—с б. или м. выраженным характером мериносовой Ш., пятый сорт—метисная Ш., по свойствам напоминающая Ш. грубых овец. Процентное отношение сортов цигаийской Ш. в среднем следующее: I сорт—8,9% (0—18,2%), II сорт—26,9% (6,2—37,6%), III сорт—29,7% (16—43%), IV сорт—20,2% (10—40,6%), V сорт—6,7% (1,6—36,4%), клонкер—2,9%, клок—4,7%. Мериносовая шерсть при приеме разделяется по рунам на камвольную и суконную, исходя гл. обр. из длины и гребести волокон. Сортировка шерсти камвольной и суконной различна. В первом случае мериносовая Ш. обычно сортируется по тонине и крепости на 6 сортов: I, II и III—для основы и I, II и III—для утка. Первые сорта—наиболее тонкие—соответствуют примерно 70-му качеству брадфордской системы. Камвольная мериносовая Ш. и кроссбредная сортируются на основу и уток и по качествам брадфордской системы. Наиболее распространенными в настоящее время являются качества 70-е, 64-е и 60-е для мериносовых Ш. и 44—56-е для кроссбредных Ш. При сортировке развешивать руно надо в теплопомещении; на холоду овечий пот застывает и, склеивая волокна Ш., препятствует сортировке. Сортировщики, развернув руно, бросают его на сортировочный стол с сеткой. При каждом столе обычно работают два сортировщика. Рассортированную по цвету и тонине Ш. складывают в отдельные корзины; загрязненные респем и испражнениями животного части руна складывают отдельно. Однородная по своим качествам Ш. из корзин складывается в партии (три и более т), поступающие в дальнейшую переработку—трепание (выколачивание) и промывку. При обработке механическим способом рассортированная Ш. пропускается через трепальные машины. Цель выколачивания Ш.—удаление из нее пыли, засохших

кусков грязи, растительных и других примесей, к-рые еще остались в Ш. после сортировки. Ш. после выколачивания получается более разрыхленной и пушистой, что способствует ее лучшей промывке на промывной машине.

Из типов выколачивающих волчков известны волчки с конич. и цилиндрич. (фиг. 3) бараба-



Фиг. 3.

ном. Сущность устройства и работы волчка состоит в том, что шерсть, поступающая в машину, подвергается ударам вращающегося барабана с железными зубьями. Под барабаном помещается колосниковая решетка, пропускающая пыль и грязь, но задерживающая волокна Ш. Цилиндрич. волчки применяются гл. обр. при выколачивании более длинных камвольных Ш., а также Ш., не требующих энергичной обработки: они не скатывают длинных Ш. в жгуты и коротких в шарики, как это иногда имеет место при работе на волчках с конич. барабаном. Для правильной работы волчков требуется частая их чистка. Трепальная машина—«Американка» (см. Шерстепрядение)—часто применяется при первичной обработке грубой Ш. на местах сбора ее.

Двухбарабанная трепальная машина, применяемая для обеспыливания и разрыхления мериносовой Ш. перед промывкой, состоит из двух барабанов, вращающихся против часовой стрелки. На них укреплены ряды колков, к-рые захватывают Ш., подаваемую решеткой. Ш., проходя по роликам и между двумя парами валиков с меньшей скоростью, чем вращаются барабаны, захватывается колками, отдельные мелкие клочки Ш. отрываются и еще более измельчаются, Ш. встряхивается и из нее выпадают песок и другие примеси, к-рые проваливаются через решетку. После первого барабана Ш. попадает во второй и затем, размельченная и обеспыленная, падает в корзину, находящуюся под козырьком. После выколачивания шерсть поступает в мойку для удаления

жиропота и других примесей, не удаленных при сортировке и выколачивании.

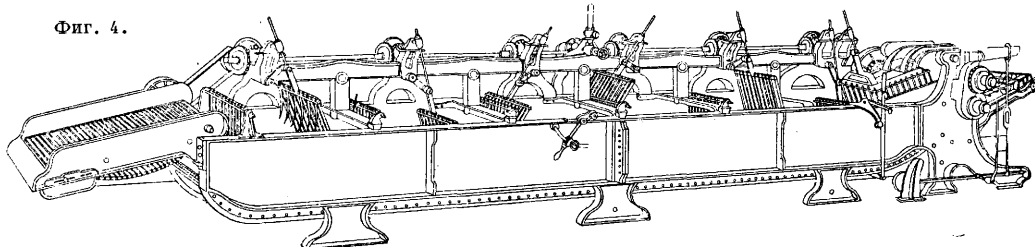
Промывка Ш. производится на промывных машинах (ливерпульская барка, левиафаны разных типов); иногда перед ними устанавливается барка для вымачивания Ш., поташный аппарат, причем растворяется шерстяной пот; из раствора м. б. выделяемы калийные соли. Из Ш., содержащих большое количество жира, на 1 т Ш. получается 70—90 кг поташа и 5—6 кг хлористого калия. Количество неорганич. примесей составляет 3—25%; оно зависит от загрязненности Ш. При выходе чистой мериносовой Ш. в 30% из остальных 70% на долю жиропота падает ок. 40% и на долю прочих примесей ок. 30%. Обычно для удаления жира (как средство, эмульгирующее его) применяются углекислая сода, мыло натровое или калийное и аммиак. Как сода, так и мыло не должны содержать свободной едкой щелочи, вредно действующей на шерстяное волокно. Калийное нейтральное мыло применяется гл. обр. для промывки тонких мериносовых Ш. Раствор калийного мыла в зависимости от качества Ш. должен содержать 3,5—6 кг на 1 000 л воды. Обычно для промывки Ш. применяются натровое мыло и углекислая сода, причем раствор соды берется крепостью в $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Вё. При промывке тонких Ш. высокого качества нельзя применять крепких растворов соды и мыла во избежание порчи Ш., хотя тонкие Ш. содержат иногда большое количество жира. Темп-ра бани, в которой промываются Ш., не должна превышать 55°. Высокая т° понижает естественный блеск Ш., чего особенно следует избегать при промывке могеровых Ш., промывка которых должна протекать при т° 37—38°. Вода для промывки Ш. не д. б. жесткой во избежание образования нерастворимого мыла, трудно смываемого с Ш., что вредно отражается на дальнейшей ее обработке; кроме того вода не должна содержать органич. примесей.

Прежде большим распространением пользовалась промывная машина—ливерпульская барка. В настоящее время для мойки Ш. применяются машины, носящие название л е в и а ф а н. Левиафан состоит из 4—5 промывных машин, установленных в один ряд одна за другой. Каждая машина представляет собой металл. продолговатую барку с двойным дном, снабженную питающей решеткой, механизмом (грабли) для продвижения Ш. по барке и отжимными валами. Грабли бывают качающиеся (фиг. 4)—при работе один ряд граблей заходит за другой—или двигающиеся параллельными рядами (фиг. 5). Левиафаны с качающимися граблями вызывают иногда свойлачивание и скатывание Ш. в жгуты, чего не происходит в левиафанах с параллельными граблями. Промывка Ш. в первом случае идет более совершенно, чем во втором, но во втором случае Ш. менее свойлачивается. На левиафане системы Бернгардта грабли при качании доходят перед поднятием из Ш. только до вертикального положения и благодаря этому менее скатывают Ш. Барки левиафана с параллельно расположенными граблями бывают длиной 5—10 м, шириною до 1,8 м; дно барок двойное, верхнее—медное с отверстиями, через которые проходит осаждающаяся грязь. Между барками установлены отжимные валы, дающие давление на шерсть в 6—8 и иногда более т. Грабли, проталкивающие Ш. вдоль каждой барки, состоят из медных или железных кованых зубьев, укрепленных

на общей раме т. о., что все они, будучи опущены почти до дна левиафана, движутся с одинаковой скоростью. Ход граблей 40—42 см, после чего грабли отвесно поднимаются и возвращаются в исходное положение над жидкостью, затем отвесно опускаются и снова проталкивают шерсть. В конце барки установлен вытаскиватель, состоящий из ряда бронзовых пластин, имеющих форму гребенки. Вытаскиватель периодически поднимается, опускается во время переднего хода граблей. При

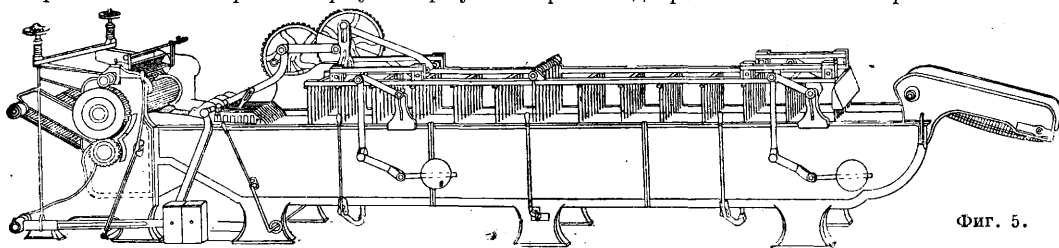
максимальное использование жиропота как моечного средства. И при прежних способах промывки Ш. жиропот частично использовался, но благодаря аппарату Дюгамеля использование жиропота значительно повышено, при этом сода как моечный материал устранена совершенно, вместе с тем устраняется и то вредное влияние, к-рое оказывает сода на Ш. в смысле ее огрубения. Количество расходуемого мыла (по способу Дюгамеля) уменьшается в шесть раз против обыкновенной промывки

Фиг. 4.



подъеме вытаскиватель подает в отжимные валы каждый раз новую партию Ш. Во время одного хода грабель вытаскиватель делает около четырех ходов, чем достигается более равномерная подача шерсти в отжимные валы. В начале каждой барки установлен погружаемый, опускающий шерсть и не дающий ей возможности плавать на поверхности жидкости. Отжимные валы обычно стальные, иногда бронзовые. Верхний вал может перемещаться в вертикальном направлении для пропуска слоев шерсти различной толщины; для большей эластичности он обматывается сукном из чистой Ш. или шерстяными жгутами, иногда его покрывают резиной, что обходится значительно дороже. Поверхность жидкости в барке держится несколько ниже линии зажима валов. При подаче Ш. к валам часть воды стекает по наклонной плоскости в барку. Отжатая вода из-под валов м. б. собрана в особый приемник, из к-рого насосом подается обратно в барку. Процесс промывки мериносовой Ш. на левиафанах протекает сл. обр. В первую барку на

на левиафанах. Аппарат Дюгамеля устанавливается впереди левиафана, состоящего из пяти барок; в нем происходит выделение жиропота из промывных вод первых двух барок левиафана, очистка жиропота от грязи и выделение из него шерстяного жира (ланолина) и подача жиропота для промывки Ш. в первые барки левиафана. Работа на аппарате Дюгамеля (фиг. 6) протекает след. образом. Замоченная в растворе жиропота (4° Вé) Ш. через отверстие прямоугольного сечения поступает в трубу В, оттуда в трепальный аппарат Г, откуда передается по решетке к отжимным валам Д. Отжатая жидкость по наклонной плоскости стекает в приемник, откуда вместе с водами из спускных отверстий барки левиафана 1 всасывается по трубе 2 в очистительный аппарат А. Растворенный в воде жиропот стекает через патрубков и затем насосом Б перекачивается по трубе 4 в первую барку левиафана. Осажденная грязь стекает по трубе 3. Смешанный с шерстяным жиром жиропот поднимается насосом через подогреватель Л в жирочиститель Ж.



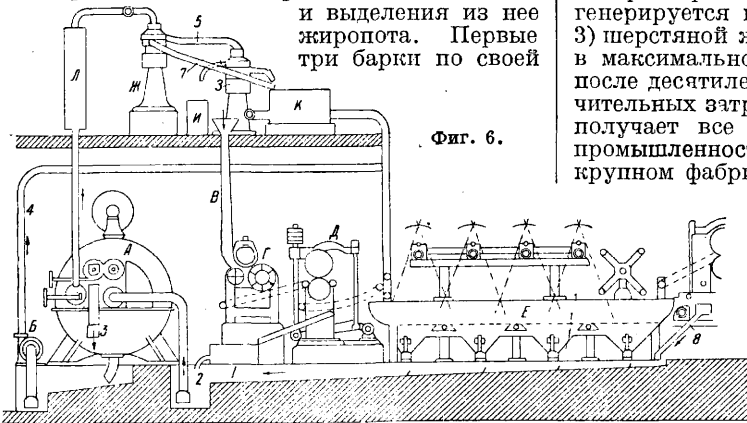
Фиг. 5.

каждые 100 кг Ш. вводят до 10 кг насыщенного раствора мыла с кальцинированной содой, t° барки 55°; во вторую барку на 100 кг шерсти добавляют по 8 кг раствора мыла и соды, t° барки 50°; в третью барку на то же количество Ш. дают 4 кг раствора мыла и соды, t° барки 45°; в четвертую—при t° 45° на 100 кг Ш.—1 кг насыщенного раствора калийного мыла. Количество раствора мыла и соды может изменяться в зависимости от хода процесса мойки. Производительность левиафана за 8 ч. составляет 3—4,5 т чистой мериносовой Ш.

Способ Дюгамеля. За последнее время получает большое распространение способ промывки мериносовых Ш., предложенный Дюгамелем. В основу этого способа положено

Из жирочистителя по трубе 7 жиропот направляется в приемник К, откуда поступает в барку Е левиафана. Жир из очистителя Ж поступает по трубе 5 во второй очиститель З (системы сепаратора, отделяющего сливки от молока) и, будучи совершенно отделенным от жиропота, направляется в приемник И. Ш., отжатая валами Д, поступает в барку Е, где продвигается граблями и передается наклонной решеткой к отжимным валам второй барки левиафана. Вторая барка работает, как первая. В третьей барке идет прополаскивание Ш. от жиропота. В четвертую барку, устроенную по типу барок обыкновенного левиафана, куда Ш. поступает почти обезжиренной, добавляется раствор нейтрального мыла. В пятой барке Ш.

отмывается от мыла тепловатой водой. По трубе 8 жидкость из-под отжимных валов второй барки попадает в приемник для очистки и выделения из нее жиропота. Первые три барки по своей



Фиг. 6.

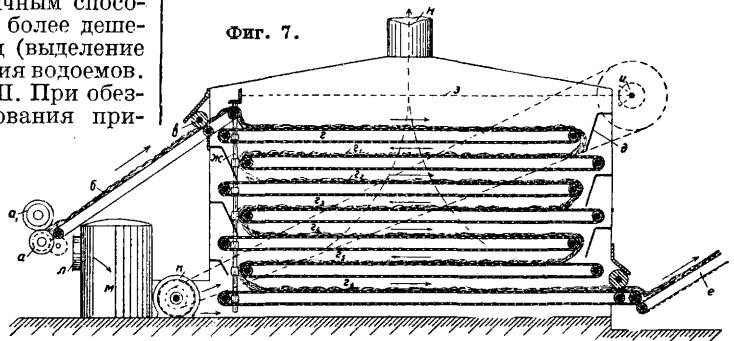
конструкции и объему отличны от четвертой и пятой; емкость первых по 1 300 л, последних двух по 8 000 л. Положительными сторонами способа Дюгамеля можно считать следующие: 1) экономия мыла, 2) шерсть после промывки остается белой и мягкой, 3) при промывке испорченной Ш. и подпара качество их лучше, чем при промывке обычным способом, 4) увеличение выхода мытой Ш. на 0,1—0,2%, 5) увеличение производительности левафана на 20% по сравнению с обычным способом промывки, 6) рациональное и более дешевое использование промывных вод (выделение ланолина), 7) отсутствие загрязнения водоемов.

Новые методы мойки Ш. При обезжиривании Ш. путем экстрагирования применяются: сернистый углерод, бензин, петролейный эфир и другие легко улетучивающиеся растворители жиров (метод Рехберга), хлорированный углеводород (метод Нетца). Вредное действие щелочей на шерстяное волокно, которые делают его более жестким и хрупким, а также высокой t° , применяемой при промывке Ш. содой, обратило внимание исследователей на экстрагирующие вещества, при обработке которыми подогревание незначительно. При современном методе экстракции по способу Рехберга в Ш. остается до 0,5% жира, что является достаточным для того, чтобы она осталась мягкой и не ломкой. Обезжиривание Ш. по способу Рехберга производится в закрытом помещении; Ш. во время прохождения через камеру на транспортере опрыскивается растворителем жиров, проходящим через трубы с мелкими дырочками, причем в Ш. быстро растворяется шерстяной жир, часть его каплями падает в особый резервуар, а часть, оставшаяся в Ш., удаляется из нее отжимными валиками, расположенными при выходе шерсти из камеры. Экстракционный раствор с шерстяным жиром вновь прогоняется через Ш. по принципу противотока с целью насыщения раствора (грязь отстаивается и раствор затем очищается) во вторую герметически закрытую камеру, в которой циркулирующим теплым воздухом освобождается от остатков растворителя. Смесь паров растворителя и воздуха обрабатывают активным углеродом, причем даже из сильно разреженной смеси можно выделить остав-

шийся там жир. Этот способ обезжиривания имеет следующие преимущества: 1) устраняется чрезмерное нагревание Ш., 2) раствор регенерируется при незначительной его потере, 3) шерстяной жир получается в чистом виде и в максимальном количестве. Метод Рехберга после десятилетнего опыта и преодоления значительных затруднений с технической стороны получает все более широкое применение в промышленности и уже эксплуатируется в крупном фабричном масштабе в Германии.

Полугрубая Ш. промывается обычно на левафанах, но количество барок не 5, а 4. Полугрубая Ш., содержащая небольшое количество жира, промывается при t° до 50° с добавлением соды; мыло обычно не применяется. За последнее время так называемая горячая мойка получает широкое применение и при промывке грубых шерстей, причем она проводится на четырехбарочных левафанах.

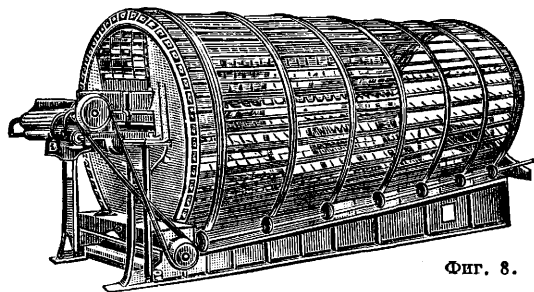
Сушка Ш. является одним из ответственных моментов первичной обработки. Пересушенная Ш. теряет свои хорошие качества, делается ломкой, более грубой и желтеет. Темп-ра сушилки не д. б. выше 60° . Независимо от системы моечных машин (левафанов) при непрерывном потоке первичной обработки Ш. сушильные машины непосредственно сое-



Фиг. 7.

динены с левафаном, после отжимных валов к-рого Ш. подается питательным полотном в сушильные машины. В том случае, когда Ш. по выходе из левафана перед сушкой отжимается на центрифуге, ускоряется процесс сушки, но теряются преимущества, связанные с непрерывным процессом производства. При сушке Ш. применяются различные системы сушильных машин (с бесконечными полотнами, ящичные и барабанные). На фиг. 7 изображена применяемая часто сушильная машина с бесконечными полотнами. Отжимными валиками a и a_1 Ш. поднимается по наклонной решетке b , проходит под валиком ϵ и в сушильной камере падает на бесконечное полотно g , движущееся в направлении, указанном стрелкой; дойдя до доски d , Ш. переходит на бесконечное полотно g_1 , движущееся в обратном направлении, касаясь полотна g_1 другой стороной, чем полотно g . Т. о. просушка Ш. идет поочередно с обеих сторон. При дальнейшем переходе Ш. на полотна g_2, g_3, g_4, g_5, g_6 идет постепенная смена сторон Ш. при просушивании. По выходе из камеры с движущегося полотна g_6 высушенная Ш., проходя между отжимными валиками, попадает на движущуюся решетку e . Движение

полотнам сообщается червячной передачей при посредстве валов *ж* и *з*, причем последний получает движение от привода через конич. шестерню *и*. Воздух для просушки прогоняется вентилятором *к* через отверстие *л* и митральезу *м*, где нагревается и поступает затем под нижние полотна *г*₁, *г*₂, *г*₃. При просушивании Ш. воздух насыщается влагой, поднимается кверху и выходит через трубу *н*. При некоторых установках используют также отходящий насыщенный влагой воздух, пропуская его также через митральезу, представляющую собой котел, нагреваемый паром, с трубами, через к-рые прогоняют воздух, причем он высушивается и нагревается. Производительность сушильной машины средних размеров, длиной 17,5 м, шириной 1,8 м, ок. 200 кг/час. Более производительными машинами и выпускающими более равномерно просушенную Ш. являются двухкамерные сушильные машины. Темп-ра в первой камере держится ок. 80°, во второй—40—45°. Двухкамерная машина может дать в 1 ч. до 400 кг хорошо просушенной мягкой Ш. При сушке Ш. в сушильках ящичного типа Ш. кладут в ящики с решетчатым дном, которые вдвигают в сушильную машину. Ш. подогревается теплым воздухом при *t*° 65° в течение 30—60 мин. Теплый воздух, проходя под решетками через Ш., извлекая из нее влагу, отсасывается вентилятором через трубу, установленную наверху сушилки. Расход пара для испарения 1 кг влаги в сушильках такого типа значительный и составляет 2,5—3 кг. Производительность машины невелика, но шерсть при сушке не сваливается, что составляет особенность ящичных сушильных машин.



Фиг. 8.

Барaban Меля (фиг. 8) цилиндрич. формы длиной 8 м и \varnothing 3 м помещен в сушильную камеру, где вращается в наклонном положении по ходу Ш.; на продольных планках по внутренней стороне его расположены по спиральной линии медные шипы, боковая стенка сетчатая. Снаружи барабан имеет ряд металлич. оброчей, опирающихся на ролики, сидящие на валу, получающем движение от привода. Обручи имеют по окружности выступ, к-рый входит в соответствующее углубление на ролике. Барабан получает движение благодаря трению роликов об обручи. Ш. подается питающей решеткой в верхнюю часть барабана. При вращении его Ш., поднимаясь шипами доверху, падает и постепенно продвигается до нижней части барабана, откуда в высушенном виде выносятся другой бесконечной решеткой. Сушка Ш. производится воздухом, нагретым до 50°, к-рый подается под барабан вентилятором и нагревается, проходя мимо паровых труб, расположенных внизу камеры. Наверху сушильной камеры установлен вентилятор, вытягивающий насыщенный влагой воздух на-

ружу. Производительность сушильного барабана мало соответствует производительности левиафана, с к-рым он соединен, но недостатком его служит то, что при этом способе сушки Ш. может легко скатываться и заваливаться.

В ы д е л е н и е ж и р а. При промывке тонкой Ш. на левиафанах обыкновенным способом для выделения шерстяного жира устраиваются особые сооружения. Промывные воды из первой барки левиафана поступают по трубе в бетонные резервуары, число которых в зависимости от количества промываемой Ш. бывает 5—10. Часть резервуаров предназначена для отделения жира, другие служат резервными, куда спускаются воды, пока работа по выделению жира не окончена. Над резервуарами, где производится выделение жира, устраивается на высоте 7 м эстакада со слегка



Фиг. 9.

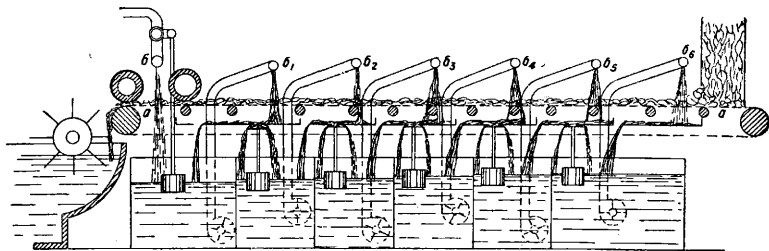
наклонным жолобом. Жолоб соединен вертикальными трубами прямоугольного сечения с каждым из резервуаров, трубы снабжены заслонками, по очереди открывающимися для наполнения резервуаров. В трубах с двух противоположных сторон устанавливается ряд наклонных вниз выступов то с одной то с другой стороны стенки (фиг. 9). По этим трубам находящийся в промывных водах жир при падении эмульгируется, образуя пену. Каждый из резервуаров соединен с жолобом эстакадными трубами, на которых расположен центробежный насос, подающий жидкость из резервуара на эстакаду и оттуда через деревянные трубы обратно в резервуар; т. о. получается замкнутая сеть. Перекачка происходит до тех пор, пока не закончится образование пены, затем резервуар из сети выключается и к насосу присоединяется другой. Жирная эмульсия после отстаивания передается в железные открытые котлы, где подвергается кипячению в течение 4—5 ч. с добавлением серной к-ты (5 кг на 320 кг жира). После охлаждения верхний, более чистый, слой жира сливается в бочки, где и застывает. При этом способе получается 4—5% жира от веса Ш. Получаемый таким способом шерстяной жир загрязнен и представляет собой полутвердую, очень вязкую массу бурого цвета. В смеси с разными примесями он дает колесную мазь. Будучи очищен от свободных жирных к-т, он употребляется в кожевенной пром-сти. Шерстяной жир служит лучшим материалом для добывания ланолина, идущего на приготовление медицинских масел и косметич. изделий (см. *Воски*).

П е р в и ч н а я о б р а б о т к а з а в о д с к о й к о р о в ь е й Ш. Коровья Ш. поступает для дальнейшей переработки или будучи состриженной или путем съемки ее с кож при воздействии на них различных химич. материалов (известковый раствор, квасцы, сернистый натр и др.). Снятие Ш. таким путем производится на кожевенных з-дах, и такая Ш. носит название **з а в о д с к о й**. Ценные свойства коровьей Ш.—крепость, эластичность, мягкость и способность к валке—сильно понижаются благодаря воздействию указанных химикалий, а ухудшение качества коровьей Ш. еще более увеличивается благодаря несвоевременной или

неправильно проведенной промывке заводской Ш., которая производится обычно холодным способом. Коровья Ш. в зависимости от того, сколько раз она была промыта, называется одномоющей, двух- или трехмоющей. Механизация первичной обработки коровьей Ш., гл. обр. промывки, даже и на небольших з-дах является действительно необходимой. Летняя холодная промывка коровьей Ш. и связанное с этим длительное хранение в небольших кучах снятой с кожи Ш. вредно отзываются на ее качествах. Степень жесткости воды, имеющая для коровьей Ш. большее значение, чем для овечьих, не м. б. регулируема без применения механич. промывки Ш. Способ сушки под открытым небом, когда t° воздуха может подняться выше допустимой (30°), является ненадежным. На некоторых з-дах частичная механизация первичной обработки осуществляется сл. образом: коровья шерсть промывается механич. способом в конусообразной бадье с вращающейся мешалкой, снабженной вилами. Бадья имеет два отверстия—для приточной и отработанной грязной воды. Рассортировывают коровью Ш. по цвету до мойки; Ш. черная и белая расценивается дороже цветной.

Дезинфекция Ш. Животные, подвергаясь эпизоотич. заболеваниям, могут явиться источником заражения людей сибирской язвой и натуральной оспой. Ветеринарный надзор, проводимый в СССР, выявляет местности, пораженные эпизоотиями, и Ш., собираемая в этих районах, отмечается особо, и благодаря этому принимаются меры предосторожности. Все же Ш. из пораженных районов может нести заразу, и вопрос о дезинфекции Ш. на местах получает особое значение. Расширение сети дезинфекционных камер особенно важно в пограничных районах, через которые проходят восточные Ш. Организация горячей мойки грубых Ш. также отразится на понижении случаев заноса болезней, но одной этой меры недостаточно. Из известных в настоящее время способов наиболее существенным является способ обеззараживания Ш., проводимый на шерстемойке в г. Ливерпуле. Ш., поступающая из восточных стран, идет непосредственно на горячую мойку. В первых трех барках левиафана Ш. промывается содой и мылом, в четвертой и пятой подвергается дезинфекции в 2%-ном растворе формальдегида при 39° ; отсюда Ш. поступает в сушильную машину и ее сушат горячим воздухом (150°), при этом Ш. нагревается не выше 70° , что исключает возможность огрубения ее. Весь процесс от разгрузки Ш. до ее упаковки механизирован и протекает без прикосновения к Ш. руками. На больших шерстемойках, на к-рых промываются тонкие Ш. (гл. образом мериносовые), там, где это является рентабельным, устанавливают аппараты для извлечения поташа. Извлечение поташа из Ш. производится холодной водой в поташных аппаратах. На фиг. 10 изображен усовершенствованный тип аппарата Мальярд (Malard). Из трепальной машины Ш. поступает через трубу прямоугольного сечения на бесконечную горизонтальную решетку *a*, которая движется над баком, разделенным на 6 отдельных бачков. Чистая вода при $25-30^{\circ}$

(а на нек-рых установках 15°) подается трубой на решетку, несущую Ш. над последним по ходу машины бачком, куда вода и проникает. Подача воды регулируется поплавком. По мере наполнения машины жидкостью жидкость из каждого бака подается через трубы *b*, *b*₁, *b*₂, ..., *b*₆ насосами на Ш. над соседними бачками. Под решеткой устроены корыта с отверстиями, проток жидкости через которые регулируется поплавками. Когда уровень жидкости повысится и клапаны поплавков закроют отверстия, подаваемая насосом жидкость возвращается из корыт через незакрывающиеся отверстия в свой бачок, происходит циркуляция жидкости; эта циркуляция ведется до тех пор, пока раствор в первом бачке по ходу товара не достигнет насыщения поташом в $12-15^{\circ}$ Вб. После этого жидкость спускается и передается на поташный з-д; уровень жидкости в остальных баках при этом опускается, и чистая вода вновь поступает в бак. На поташном з-де жидкость выпаривают, осадок вылеживается дней 10, затем его растворяют, осаждают, фильтруют и снова выпаривают для получения чистого поташа. Шерсть из поташного аппарата после легкого отжима между валиками передается в первую барку промывной машины (левиафана). В виду сложности этой поташной машины



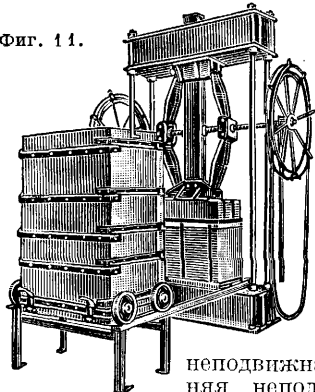
Фиг. 10.

и частой порчи клапанов, разьедаемых раствором поташа, а также загрязнения баков в эту систему были внесены Бернгардтом и Кранцем усовершенствования—один поплавок (вместо шести), связанный с притоком чистой воды и с выпуском жидкости. Бачки располагаются т. о., что жидкость после наполнения бачка переливается через его край в следующий бачок; бачки для лучшей очистки строят с конич. дном. Количество добываемого поташа бывает различно—2,8—8% от веса грязной Ш.

Упаковка и маркировка Ш. Существенное значение имеет в наших условиях перевозка тара, в к-рую пакуется Ш. Еще до сих пор грязная Ш. доставляется на заготовительные пункты Казахстана и Ср. Азии в шерстяных домотканых мешках; мешки сотканы настолько плотно, что почти не пропускают ни пыли ни влаги. Эти же мешки служат местным жителям для перевозки в них на верблюдах продовольствия и товаров (мука, чай, сахар, мануфактура, кожаные товары), что значительно затрудняет замену шерстяных мешков льняными и джутовыми, менее прочными и не выдерживающими далеких выючных перевозок и к тому же промокающими. В центральных районах для перевозки Ш. от заготовительных пунктов применяется в качестве тары для грязной и подвергнутой первичной обработке Ш. пеньковая или джутовая ткань. За границей Ш. обычно перевозят в кипах из джута или пеньки. В Австралии в виде опыта производилась упаковка Ш. в бумажные листы; проч-

ность такой тары превышает по мнению ее сторонников прочность тары джутовой, но пригодность ее для упаковки Ш. окончательно еще не выяснена. Грязная Ш., направляемая гужом до места, как правило не прессуется, а упаковывается в мешки при помощи легкой навивки. Прессованная грязная Ш. может подвергнуться порче, если она была упакована во влажном состоянии. Ш. при прессовке пачкуется в кипы; вес кипы в зависимости от

Фиг. 11.



сортов Ш. колеблется от 80 до 150 кг; вес тары не должен превышать 3% от веса кипы Ш. Кипы прессуют как ручными прессами, так и машинными. Основная часть прессы—разборная коробка. Одна из боковых стенок ее открывается на петлях в виде дверки; в гидравлич. прессах верхняя стенка неподвижна, в ручных—нижняя неподвижна; противоположная стенка движется по винту или стержню и прессует Ш., набитую в коробку. Ручные прессы бывают рычажные, цепные и винтовые; на фиг. 11 изображен рычажный пресс, работающий от ручного привода. Наиболее несовершенными являются простые рычажные прессы, малопродуктивные и требующие очень большого усилия со стороны работающих. Из механич. прессов наиболее распространены гидравлич. прессы (см. *Пресс*). В виду того что механич. пресс оказывает большее давление, чем ручные, кипы после механич. прессы получают меньших размеров и требуют меньше тары, чем ручные. До заполнения Ш. коробки стенки ее обкладывают упаковочной тканью. Когда кипа находится под прессом, края ткани сшиваются шпагатом и кипа обтягивается проволокой, концы которой переплетаются и закрепляются. После этого кипа освобождается из прессы. После упаковки в кипы Ш. вылеживается до двух суток для получения нормальной влажности, затем взвешивается и маркируется. Маркировка производится прочной краской или смесью сажи со скипидаром, которая наносится через трафареты. На кипе д. б. указаны: 1) отправление (поставщик) Ш., 2) № кипы, район сбора, 3) сокращенное наименование вида Ш., ее состояние, цвет и сорт, 4) вес кипы брутто в кг и 5) указание, что Ш. стандартная (ОСТ). Если Ш. с пороками, то на кипе д. б. полное обозначение порока.

Лит.: Труды и материалы комиссии по стандартизации шерсти, М., 1928; Брукс К. и Брикнет Ч., Шерсть, мойка шерсти, сушка шерсти, пер. с англ., Л., 1926; Бендеров Н., Воронов Н., Маслов Д., Первичная обработка шерсти, М.—Л., 1930; Канарский И. Н., Краткий курс суконного производства, М., 1926; «Шерстяное дело», М., 1928, 9, 11; Сборник журнала «Шерстяное дело», М., 1928, 3; «Revue Textile», Paris, 1928, Mai.

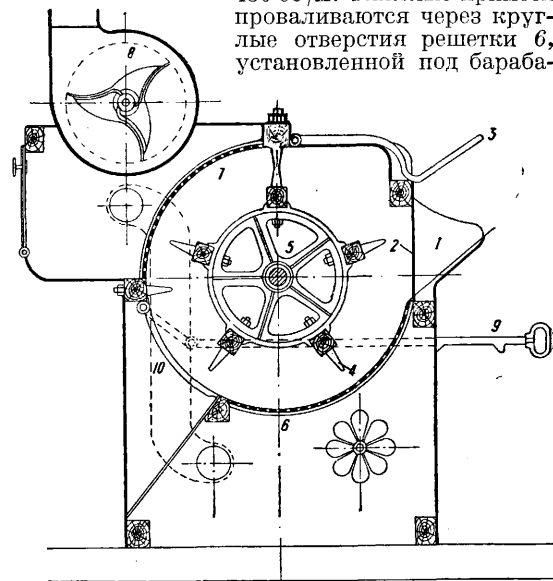
Н. Арманя.

ШЕРСТЬ ИСКУССТВЕННАЯ, волокнистый материал, получаемый в результате растрепывания *тряпья* (см.). В зависимости от сырья, из которого получается Ш. и., она имеет различное наименование: т и б е т—Ш. и. из камвольного тряпья; ш о д д и—Ш. и., полученная из слабо сваянного чисто шерстяного тряпья; м у н г о—Ш. и., полученная из сильно увален-

ного чисто шерстяного тряпья, и а л ь п а к а—Ш. и., полученная из полушерстяного тряпья.

Производство Ш. и. можно разбить на следующие процессы. 1) Сортировка тряпья, заключающаяся в разделении общей массы на отдельные сорта. В основу сортировки кладутся: а) качество шерсти, из к-рой сработано тряпье, б) характер пряжи (суконная, камвольная, полукамвольная), в) способ приготовления ткани, г) наличие примесей к шерсти, д) степень изношенности, е) степень загрязненности, ж) цвет. Сортировка тряпья сопровождается его распоркой и удалением посторонних предметов, как то: пуговиц, крючков, кнопок, застежек, карманов, подкладки и т. п. Производительность сортировщиков достигает от 10 до 30 кг в час в зависимости от характера сортируемого тряпья.

2) О б е с п ы л и в а н и е тряпья производится на пылевыхолачивающей машинке, за к-рой на ф-ках СССР укрепились наименование ш е к к е р. На фиг. 1 представлена схема этой машины. Тряпье, предназначенное для обеспыливания, загружают в воронку 1, открывают клапан 2, поднимая рычаг 3, и тряпье погружается в машину; затем поворотом рычага 3 вниз клапан 2 закрывают. Тряпье попадает под действие колков 4 барабана 5, вращающегося по часовой стрелке со скоростью 450 об/м. Тяжелые примеси проваливаются через круглые отверстия решетки 6, установленной под бараба-



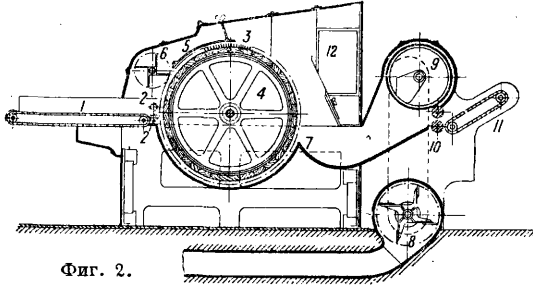
Фиг. 1.

ном, а более легкие примеси и пыль через верхнюю решетку 7 удаляются вентилятором 8. Продолжительность выколачивания в зависимости от веса загружаемой в машину порции и в зависимости от степени загрязненности тряпья колеблется от 1 до 2 мин. По окончании обеспыливания при помощи рычага 9 открывается выбрасывающий клапан 10, и тряпье выбрасывается из машины. В зависимости от характера тряпья количество примесей различно, до 3—40%. Производительность машины достигает 125 кг/ч.

3) З а м а с л и в а н и е обеспыленного тряпья производится с целью наилучшего разделения материала в последующем распыивании. Тонкое тряпье замасливают олеином в количестве

7—8%, а грубое—олеоафтом в размере 5% от веса тряпья. На большинстве ф-к замасливание производится вручную.

4) Р а с щ и п ы в а н и е тряпья в Ш. и. производится на машинах, известных под наименованием в о л ч к о в. На фиг. 2 представ-



Фиг. 2.

лена схема волчка. Замасленное тряпье ровным слоем накладывается на питающую решетку 1, к-рая медленно подводит его к питающим валикам 2. Питающие валики делают рифлеными для более надежного зажатия между ними тряпья. Для той же цели верхний валик получает дополнительную нагрузку в виде грузов, передвигающихся на рычагах. Крепко зажатое между питающими валиками тряпье подводится к колкам 3 барабана 4, вращающегося с большой окружной скоростью (24—35 м/сек) по направлению движения часовой стрелки. Колки барабана захватывают отдельные волокна и нити и, выдергивая их из тряпья, несут по направлению своего движения. Для того чтобы недостаточно распитанные частицы тряпья, т. е. мелкие неразорванные еще кусочки, не уносились колками барабана вместе с хорошо разработанной волокнистой массой, над поверхностью колков барабана поставлен козырек 5, к-рый задерживает эти кусочки. Расстояние между поверхностью колков барабана и козырьком м. б. по желанию изменено и устанавливается обычно равным 1,5—2 мм. Задерживаемые козырьком мелкие клочки тряпья захватываются вращающимся по направлению движения часовой стрелки крылатым валиком 6 и сбрасываются на питающую решетку 1. Хорошо разработанная в месте взаимодействия питающих валиков и колков барабана волокнистая масса подводится колками барабана к ножу 7, где производится снятие Ш. и. с колков барабана. Волокна, снятые с колков барабана или отлетевшие под действием центробежной силы, увлекаются вентилятором 8 по направлению к медленно вращающемуся сечтатому барабану 9, к-рый подводит волокнистую массу к валикам 10, последние передают ее на выбрасывающую решетку 11. Ш. и. с выбрасывающей решетки поступает в специально предназначенную для этого тару или на пол у машины. Неснятые козырьком 5 неразработанные клочки тряпья под действием центробежной силы отбрасываются в камеру 12, откуда по мере накопления они забираются работницей и вновь пропускаются через волчок. Колки барабана укрепляются в деревянных планках, к-рые по мере необходимости могут сменяться. В зависимости от сорта разрабатываемого тряпья изменяют форму и расположение колков в планке. Для тонкого тряпья ставят плоские колки, более тонкие и более часто расположенные в планках. Для грубого тряпья ставят круглые кол-

ки, большего diam. и менее часто расположенные в планках. Наиболее часто на барабан ставят планки со следующей характеристикой.

Х а р а к т е р и с т и к а п л а н о к.

Форма колков при длине в 48 мм	Число рядов в планке	Число колков в ряду	Номера колков
Плоские	5	32	32
Круглые	5	25	36
Плоские	7	45	28
Круглые	9	25	32
Плоские	12	25	28
Круглые	14	27	28

Производительность волчка по различным сортам колеблется в следующих пределах: тибет тонкий—41 кг/ч, тибет полутонкий—48 кг/ч, тряпье городское—52 кг/ч, чапан и кафтан—66 кг/ч, чулки грубошерстные—54 кг/ч, чулки полутонкие—48 кг/ч, технический войлок—50 кг/ч, кошма—56 кг/ч. Кроме перечисленных процессов переработка тряпья в Ш. и. может включать дополнительно карбонизацию полшерстяного тряпья, промывку, просушивание, крашение и обесцвечивание. При переработке тряпья в Ш. и. на волчке полное разделение на отдельные волокна достигается не для всего количества тряпья, а только приблизительно для половины его, поэтому в некоторых случаях рекомендуют пропускать разработанную на волчке шерсть через концевальную машину.

Разделение тряпья на отдельные волокна сопровождается их разрывом, вследствие чего волокна Ш. и. всегда короче волокон натуральной шерсти. Качество Ш. и. при одинаковой тонине определяется ее длиной; лучшей по качеству является Ш. и., полученная из слабо скрученной пряжи, из трикотажных и вязаных изделий, затем следует Ш. и., полученная из неуваленных и слабо сваленных тканей, и наконец Ш. и., полученная из сильно сваленных тканей, войлока, фетровых изделий и кошмы. Ш. и. находит себе применение в фетровальном и войлочном, а особо широкое в суконном производствах. Ее применение сокращает расход натуральной шерсти и снижает стоимость изделий. В шерстяной промышленности, объединенной в НКЛП, было израсходовано тряпья для переработки его в Ш. и.: в 1931 г.—25 742 т, в 1932—24 067 т.

Лит.: К а н а р с к и й Н., Курс суконного производства, М., 1933; Б е р г м а н И., Шерстопрядение, пер. с нем., М., 1933. И. Мясников.

ШЕРСТЯНКА представляет собою хл.-бум. жаккардовую ткань, гладкую крашеную или набивную. Пряжа, из к-рой вырабатывают Ш., бывает крученая и с применением искусственного шелка. Ш.—ткань очень распространенная и вырабатывается различных сортов шириною 71—106,5 см из основы от № 20 до 32/2 и из утка от № 20 до 30, при основной плотности 54—84 нити на 1 см и уточной 48—72 нити. Ткань применяется как пательная.

ШЕРТИНГ, хл.-бум. ткань полотняного переплетения, основа 1/32—1/38, уток 1/38—1/48, отбеленная, разных ширин и плотностей. Ш. называют также всякую хл.-бум. ткань, пригодную для изготовления белья, главным образом рубашек.

ШИНЕ, шелковые и набивные ткани и ленты с рисунком, набитым на основе. Т. к. набивка происходит до ткани, то рисунок на основе,

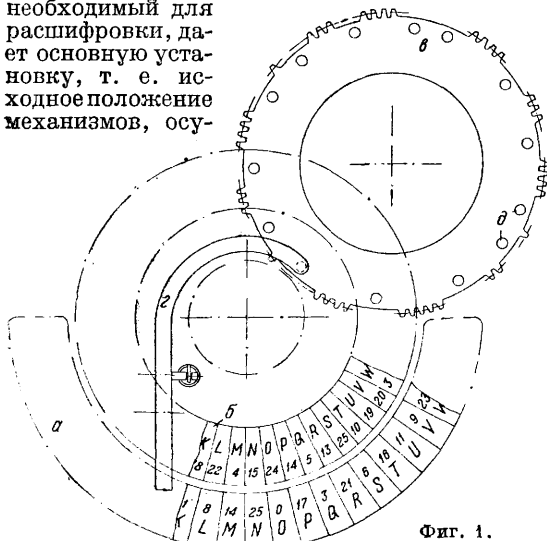
перекрываемый утком (суровым или окрашенным в светлые цвета), теряет яркость красок, получает своеобразный неясный—расплывчатый—вид. На штучном товаре набивку производят гл. обр. ручным способом. Во Франции шине называют также ткани неровной толщины, имеющие волнистую поверхность.

ШИРОКОВЕЩАНИЕ, см. Дополнительный том.

ШИФОН, тонкая хл.-бум. ткань полотняного (миткалевого) переплетения, вырабатываемая 85÷106,5 см ширины из пряжи—основа № 40 и уток № 50 при плотности основы и утка в 88 ниток на 1 см. Выпускается в отбеленном виде. Ш. вырабатывается и из шелка.

ШИФРОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, машины, механически зашифровывающие и расшифровывающие текст, т. е. превращающие его в безразличную с виду последовательность букв или знаков, замаскировывая при этом частое повторение некоторых из них, или превращающие ш и ф р а т (шифрованный текст) в обыкновенный нормальный текст. Их действие обуславливается тем, что ряд букв шифра, стоящий против ряда букв нормального алфавита, благодаря переключению сериями, осуществляемому колесным механизмом, или переставляется в целом или же, как в электрич.

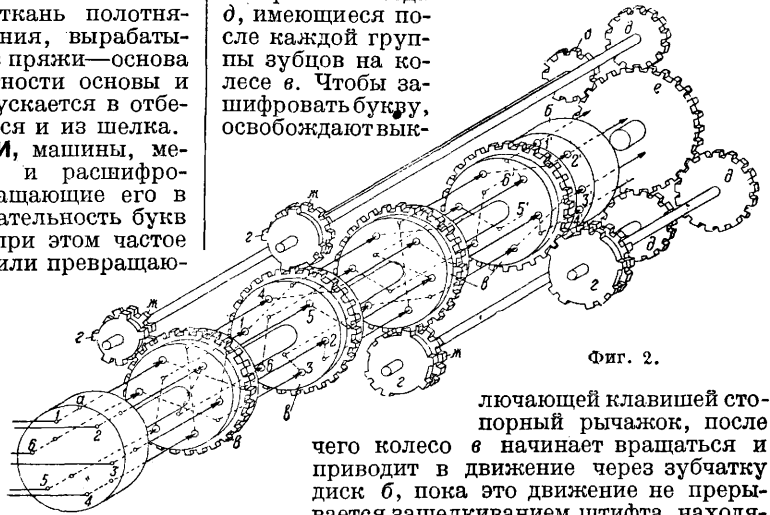
Ш. м., перемешивается переменной контактов проводов, вследствие чего каждый раз определенной букве нормального алфавита соответствует другая буква шифра. Обеспеченность секретности шифрата зависит от того, часто ли можно менять сменные алфавиты для каждой буквы, от длительности периода, а именно до момента того же ряда замен, от возможности избежать возврата тех же сменных алфавитов через равные интервалы и от возможно наибольшего количества установок с новыми ключами. Ключ, необходимый для расшифровки, дает основную установку, т. е. исходное положение механизмов, осу-



Фиг. 1.

ществляющих подстановку букв. Обеспеченность секретности шифра, скорость зашифровки и время, необходимое для установки ключа, являются при суждении о Ш. м. руководящими. У механич. Ш. м. (фиг. 1) нормальные буквы алфавита расположены на неподвижном полукольце нормального шрифта а,

буквы шифра—на вращающемся диске шифра б. Последнему можно сообщать повороты на углы разной величины с помощью шифровочного колеса в с частичным зацеплением, получающего свое движение от заводной пружины коробки и задерживаемого после каждого поворота стопорным рычажком з, входящим своим штифтом в гнезда д, имеющиеся после каждой группы зубцов на колесе в. Чтобы зашифровать букву, освобождают вык-

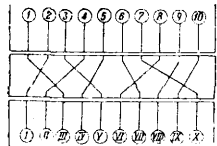


Фиг. 2.

лючающей клавишей стопорный рычажок, после чего колесо в начинает вращаться и приводит в движение через зубчатку диск б, пока это движение не прерывается зашелкиванием штифта, находящегося под давлением пружины стопорного рычажка, в следующее отверстие шифровочного колеса. Стоящая против нормальной буквы шифра прочитывается и записывается. Благодаря неравномерному распределению зубцов на колесе, применению различных шифровочных колес и в силу сменности обоих дисков секретность тайнописи обеспечена. Перед употреблением машинки нужно условиться о ключе, напр. Н—5—АСЕВ... IN—В-М, что означает: шифровочное колесо Н (обозначение), стопорный рычажок в начале шифровки в пятом гнезде, расположение букв шифра в последовательности АСЕВ... IN и установка шифровочного диска такая, что против нормальной буквы В стоит буква М. Рабочая скорость составляет примерно 60—70 знаков в мин.

Электрические Ш. м. состоят гл. обр. из нормальной клавиатуры, похожей на клавиатуру пишущих машинок, из указательного приспособления, пишущего механизма или же дыропробивного приспособления для изготовления пробитых телеграфных лент и включенного между ними шифровочного механизма, служащего для перемены электрич. контактов между нормальной клавиатурой и приспособлением, дающим электрич. сигналы для любого из трех упомянутых приспособлений, дающих шифрованный текст. В качестве шифровочного механизма Берлинское Акц. Об-во шифровальных машин применяет специальный многополюсный переключатель. Последний состоит из двух неподвижных контактных барабанов а и б (фиг. 2) и из комплекта контактных валиков вв. Барабаны а и б несут ряд контактов, соединенных у первого с контактами рычагов нормальной клавиатуры, а у второго—с соответственными органами указательного, пишущего или дыропробивного приспособлений (напр. с лампочкой, за зажигающей под окошечком с нарисованной на нем буквой или знаком шифрата в указательном приспособлении, или с электромагнитом, приводящим в движение

соответственный рычажок печатающего или дыропробивного аппарата). Передача тока от данного контакта на барабане *a* к контакту барабана *b* совершается через посредство ряда (на фиг. 2—четыре) вращающихся контактных валиков, снабженных тем же числом контактов, что и барабаны *a* и *b*. На фиг. 2 для простоты изображено лишь 6 контактов на каждом диске, обычно их бывает по числу букв алфавита, напр. для латинского—26. Места контактов обеих лобовых сторон каждого валика *v* соединены при этом друг с другом с возможной неправильностью (фиг. 3 схематичная).

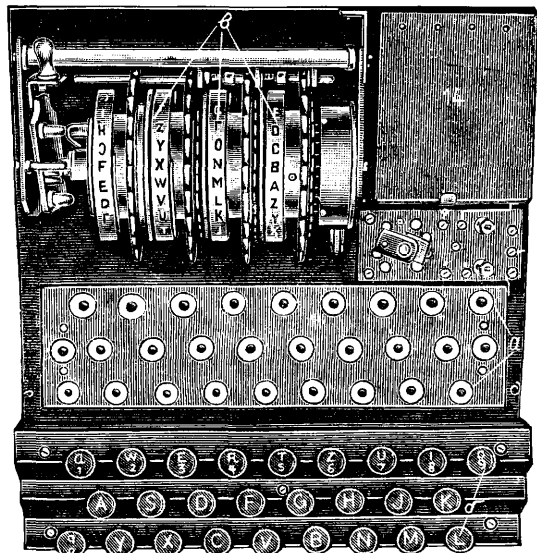


Фиг. 3.

Понятно, что при этом каждому положению любого валика *v* соответствует различное соединение контактов 1, 2, 3, ... приемного барабана *a* с контактами 1', 2', 3', ... концевой барабана *b*, напр. на фиг. 2 соединены 1 с 2', 2 с 6', 3 с 5', 4 с 4', 5 с 1' и 6 с 3', при повороте первого от барабана *a* валика по часовой стрелке на один шаг между контактами соединение изменяется на: 1 с 3', 2 с 1', 3 с 2', 4 с 5', 5 с 4', 6 с 6'. Отдельные шифровочные валики приводятся в движение зубчатыми колесами с частичным зацеплением *z*, сидящими на общих осях с зубчатыми колесами *d*, имеющими различные первые между собой числа зубцов (напр. 11, 15, 17, 19) и зацепляющимися с центральным колесом *e*. При каждом нажатии клавиши колеса *z* поворачиваются центральным колесом на угол, различный для каждого колеса, и в зависимости от положения пропусков захватывают валик на некоторой части поворота. При применении четырех валиков, каждого с 26 контактами, число имеющих сменных алфавитов равно 26, период же движения, соответствующий указанным выше числам зубцов колес *d*, равен $11 \times 15 \times 17 \times 19 \times 26 = 1\ 385\ 670$ ступеням переключения. Для установки ключа на шифровочных валиках имеются кольца с буквами, а на продольно подвижных осях зубчатых колес с пропусками—установочные пуговки с буквами. Условный ключ состоит т. о. для Ш. м. с 4 валиками из восьми букв. Передвинув зубчатки *z* с помощью обыкновенных зубчатых колес *ю*, сначала переставляют валики, пока не появится под глазком крышки машинки буква отыскиваемого ключа. Передвинув спаренные зубчатки *z*—*ю* дальше, можно установить зубчатые колеса с пропущенными зубцами по буквам на пуговках независимо от валиков, что меняет порядок последовательных изменений в пределах периода. У новейших машинок валики *v* и зубчатые колеса *z* устанавливаются посредством дисков, помещающихся в одном ряду с глазками для знаков ключа. При расшифровке ток должен идти через валики в обратном направлении. Чтобы избежать специально переключения, отдельные контакты клавишей делаются в виде переменных контактов и второй концевой барабан выполняется в виде обрабатываемого валика для возврата тока через комплект валиков. Преимуществом такого устройства является уменьшение требуемого количества валиков как следствие повторной перетасовки знаков при обратном прохождении тока через валики. Обрабатывающий валик устроен или только устанавливаемым или же вращающимся подобно промежуточным шифровочным валикам. В последнем случае вращение вали-

ков происходит также по способу обыкновенных роликковых *счетных машин* (см.), напр. типа Однера. На фиг. 4 дан общий вид электрич. Ш. м. со щитом *a* лампочек накаливания. При ударе по одной из клавиш *b* вспыхивает соответствующая лампочка с литерой шифра. Машинка работает с реверсивным валиком. Валики шифра сменные, кроме того кольца *v* со знаками ключей могут закрепляться на валиках в различных положениях. Время, необходимое для установки целого ключа, составляет приблизительно 1—1½ мин. Уменьшенная разновидность этого 26-литерного типа с лампочками накаливания изготовляется в виде Ш. м. числового шифра с 10 знаками и предназначена для зашифровки и расшифровки чисел и для шифровки нормального, употребляемого для сокращения сообщений числового кода.

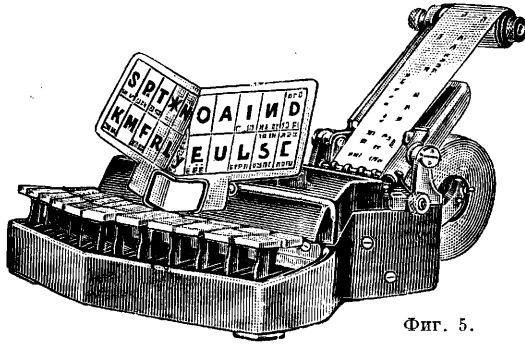
Пишущие Ш. м. по конструкции похожи на обыкновенные электрич. пишущие машины с добавлением многократного переключателя, аналогичного изображенному на фиг. 2, посредством переключения к-рого можно зашифровывать, расшифровывать или же писать нормальным шрифтом. Скорость письма составляет 250 букв в мин. Для подсчета числа



Фиг. 4.

написанных знаков предусмотрен счетный прибор, к-рый при писании нормального текста автоматически выключается. Нормальный текст машина пишет нормальным шрифтом с обычными промежутками между словами; шифрат, напротив, состоит только из малых букв и автоматически подразделяется на группы по 5 букв в каждой и по 10 групп в строчке, т. е. даже искаженные шифрованные тексты м. б. расшифрованы. Если хотят писать шифр и одновременно в целях контроля нормальный текст, то это можно делать двумя электрич. пишущими машинками, установив соответственную связь с шифровочным прибором. Так, Ш. м., изображенная на фиг. 1, приспособляется для дачи электрич. сигналов; тогда одна пишущая машина, соединенная с нормальной клавиатурой, пишет нормальный текст, в то время как другая принимает шифрат. Вместо пишущей машины можно присоединять и другие аппараты с клавиатурой, напр. счетные машины.

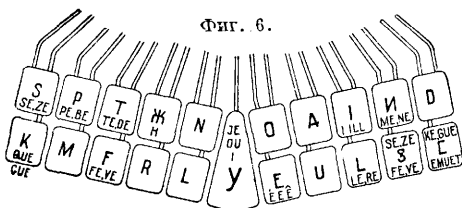
Можно превратить в Ш. м. также пишущую машину типа Миньон, имеющую печатающий валик, устанавливаемый на требуемую букву при помощи особого указателя, передвигаемого вручную т. о., чтобы он стоял против данного знака на особой литерной доске; достигается это превращение путем разделения литерной доски на переставляющиеся ряды букв (ф-ка пишущих машин «Европа» в Эрфурте запатентовала это устройство, но не пустила в



Фиг. 5.

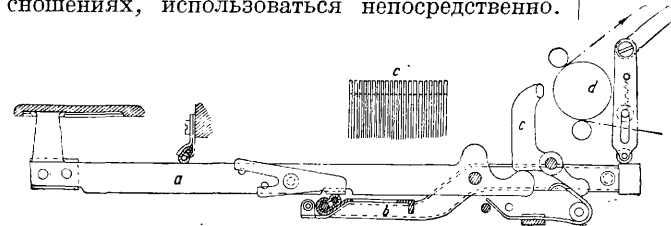
производство). При перестановке отдельных буквенных рядов буквы на литерной доске больше не совпадают со знаками на буквопечатном валике. Следует еще упомянуть о Ш. м. для составления сокращенных шифратов, например для телеграфных сообщений, которые превращают образования из цифр или букв, состоящие более чем из 5 знаков, в максимально пизначные.

Стенографирующие, или стено-типные, машины должны давать возможность фиксировать с максимальной быстротой



Фиг. 6.

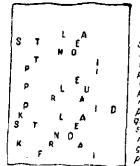
диктанта, речи и переговоры. Перед стенографией от руки они помимо большей пропускной способности имеют еще преимущество ясного и равномерного письма. Буквенные стенограммы могут для перевода сразу же передаваться дальше лицам, которые знакомы с соответствующей машинной стенографией, или, при деловых сношениях, использоваться непосредственно.



Фиг. 7.

Большая скорость письма объясняется одновременным ударом по нескольким клавишам, сокращением количества знаков в словах согласно определенным правилам, печатанием на движущейся бумажной ленте при записи речи и отпаданием всякого переключения. Разли-

чают стенотипные машины, печатающие исключительно или преимущественно латинские заглавные буквы, и машины, работающие настоящими стенографскими знаками. Первые попытки к конструкции стенографирующих машинок имеют уже столетнюю давность. Первой пригодной машинкой была «Михела», которая работала шестью клавишами и знаками и долгое время употреблялась в итальянском парламенте. Из современных машин достигла больших успехов французская стенотипная машина сист. Гранжана (фиг. 5). Она имеет 21 клавишу, причем отдельные знаки имеют одно или несколько значений (фиг. 6; в действительности обозначения клавиш на машинке отсутствуют). На левой стороне клавиатуры помещены согласные, встречающиеся в начале слов, посредине и справа—гласные, на крайней правой стороне—согласные, встречающиеся в конце слов (применительно к данному, напр. французскому языку). Метод письма—фонетический и слово или часть его обозначаются обычно тремя буквами, занимающими одну строку. Механизм стенотипной машины Гранжана изображен схематически на фиг. 7. При нажатии на клавишу *a* конец ее поворачивает соответственный буквенный рычаг *c*; все рычаги движутся в вертикальной плоскости рядом, и т. о. можно отпечатать разом несколько букв в одной строке. Одновременно при нажатии опускается рамка *b*, поднимающая храповой механизм, переводящий после освобождения клавиш валик *d* с бумажной лентой на одну строчку. Благодаря такому устройству становится возможным отпечатывание при каждом ударе целого слога или слова. Письмо принимается на узкую, приблизительно в 40 мм ширины ленту, к-рая при каждом ударе клавиши продвигается вперед в вертикальном направлении на одну строчку. Машина сист. Гранжана пишет бесшумно; ее пропускная способность составляет 410 франц. или 350 немецких слогов в мин. На фиг. 8 показан образец стенограммы, написанной на машине Гранжана. Аналогично работает машинка фирмы Диктатип Шортханд Компани. Она пользуется большим количеством букв и поэтому имеет двойное переключение (посредством перестановки высоты литерного рычага). Распределение клавиш по отношению к избранным буквам и их взаимное расположение следует естественно приспособлять к особенностям данного языка. Чтобы сделать стенографирующую машинку более широко применимой, имеются комбинированные конструкции нормально пишущей и стенографирующей машины вместе. Таким типом является машина Ураниа-Стено с состоящей из 45 частей клавиатурой и с 90 знаками. При обыкновенной переписке она пишет только большими буквами. Стенографические знаки основываются на системе машинной стенографии Аутенрита. Чтобы избежать от необходимости изучать особое стенографирование от руки,



Фиг. 8.

д-р Кейнинг построил систему скорописи, одновременно пригодную и для пера и для машины, так что на машине Кейнинга пишут настоящие стенографич. знаками. Первая машина его системы, «Стенотипа», имела 45 клавиш и 135 знаков; знаки с гласной «е» находились в основе, а

д-р Кейнинг построил систему скорописи, одновременно пригодную и для пера и для машины, так что на машине Кейнинга пишут настоящие стенографич. знаками. Первая машина его системы, «Стенотипа», имела 45 клавиш и 135 знаков; знаки с гласной «е» находились в основе, а

знаки с гласными «а» и «о» писались каждый с одним переключением. Новая «Стенотипа» имеет только 45 знаков и печатает знаки с гласными «а» и «о» в виде самостоятельных знаков, работает следовательно без переключения. Сконструированная также Кейнингом «Дублотипа» имеет на каждом литерном рычаге кроме стенографич. знака еще две обыкновенные печатные буквы и поэтому применима как для скорописи, так и для нормального письма. Быстрота писания (300—360 слогов) достигается сокращением часто встречающихся слов, начальных и конечных слогов и передачей сложных звуков одним знаком, так же как и применением двойной холостой клавиши, которую для промежутка между словами нужно ударять одновременно с последней буквой слова.

Лит.: Figl, Systeme des Chiffrirens, 1926; F ü r k e l, Chiffriren mit Maschinen und Geräten, 1927; F ü r k e l, Kryptographische Parerga, 1929; Германская патентная литература. В. Линде (Германия).

ШИХТОВКА в литейном деле — составление смеси материалов (шихты) с целью получить при переплавке металл требуемого химич. состава и механич. свойств. В шихту идут различные сорта штыкового металла, литники, лом, а иногда и специальные присадки. При составлении шихты д. б. известно: 1) какими физико-химич. свойствами должна обладать данная деталь-отливка; 2) каково влияние данного способа переплавки и термич. обработки на изменение химич. состава металла и его структуры, что в свою очередь обуславливает необходимость предварительного изучения влияния постоянных и специальных примесей на металл, той или иной скорости охлаждения с целью получения требуемой структуры. Кроме того необходимо считаться с тем, что при производстве отливок на 1 кг годных отливок приходится известное количество т. н. отходов (литники, сплески, брак и т. п.). Обычный % отходов (по отношению к весу изделий): печное литье 50%, машиностроительное литье 30%, литье радиаторов 60—70%, художественное литье 125—140%, литье закаленных валков 50%. Зная % угара и отходов, нетрудно совершенно точно подсчитать шихту. При назначении (выборе) химич. состава отливок обыкновенно исходят из %-ного содержания кремния, т. к. в чугунах нормального состава %-ные соотношения других примесей б. или м. точно отвечают установленным правилам и лишь в случае отступлений, напр. недостаточного содержания марганца или излишне большого содержания серы, приходится прибегать к особым мерам. В целях удешевления отливок Ш. стараются вести т. о., чтобы все отходы производства на данном з-де (брак, литники, прибыли и пр.) целиком уходили в отливку, выполняя т. о. роль «оборотного капитала» в Ш. К уменьшению %-ного соотношения своих отбросов д. б. приняты все меры, к-рые в основном м. б. сведены к следующему: 1) уменьшению брака отливок, 2) уменьшению весового отношения литников, прибылей и т. п. к годному литью, 3) уменьшению угара, выплесков и прочих видов механич. потерь чугуна при разливке. Если предупредительные меры в этом отношении достаточны, получается возможность покупать лом на стороне и, пуская его одновременно со своим в переплавку, удешевлять стоимость отливок. При производстве перлитового чугуна применяется в значительных количествах стальной скрап (см.) (до 25% и выше). Недостаток штыкового чугуна вынуждает в исключительных случаях вести Ш. с гораздо

большим, чем указано выше, %-ным отношением лома, а иногда и на одном ломе. Недостающие в таких случаях компоненты сплава, гл. обр. кремний, реже марганец, вводятся в виде присадки в шихту ферросплавов: FeSi, FeMn и т. п. Ниже приведен пример расчета шихты для закаленного литья следующего состава: 0,70% Si, 1,2% Mn, 0,23% P и 0,09% S. Угар элементов принимаем равным 10% для кремния,

15% для марганца, для серы + 50%. Весовое отношение отходов принимаем равным 20 кг на 100 кг годного. Коэф. угара для Si $\frac{100-10}{100} = 0,9$,

для Mn $\frac{100-15}{100} = 0,85$, для S $\frac{100+50}{100} = 1,5$. На 100 кг шихты берем 50 кг отходов своего производства, имеющих тот же состав, к-рый требуется в отливках. Обозначим %-ное содержание кремния, марганца и серы в штыковом чугуна соответственно через x , y и z . Это содержание определяется угаром, которому должны подвергнуться одновременно переплавляемые

в вагранке штыковой чугун и лом. На основании вышеизложенного имеем для расчета %-ного содержания кремния, марганца и серы в шихте следующие три ур-ия:

$$100 \frac{x}{100} 0,9 + 50 \frac{0,70}{100} 0,9 = 150 \frac{0,70}{100}$$

(правильнее было бы во второй части брать не 150, а 148,7, считая химич. угар кремния и марганца и т. д. 1,3%), откуда $x = 0,81\%$;

$$100 \frac{y}{100} 0,85 + 50 \frac{1,2}{100} 0,85 = 150 \frac{1,20}{100}$$

откуда $y = 1,5\%$;

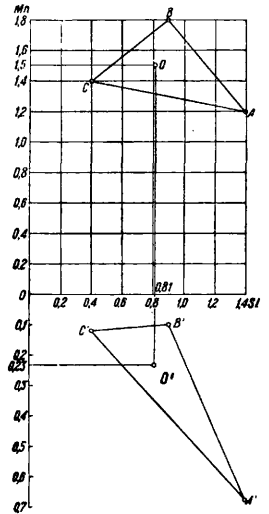
$$100 \frac{z}{100} 1,5 + 50 \frac{0,09}{100} 1,5 = 150 \frac{0,09}{100}$$

откуда $z = 0,045\%$. Следовательно содержание элементов в 100 кг штыкового чугуна, идущего в переплавку с 50 кг лома, д. б. таково: 0,81% Si, 1,5% Mn и 0,045% S. В нашем распоряжении имеются три сорта чугуна следующего химич. состава (табл. 1).

Табл. 1.—Состав чугуна для расчета шихты (в %).

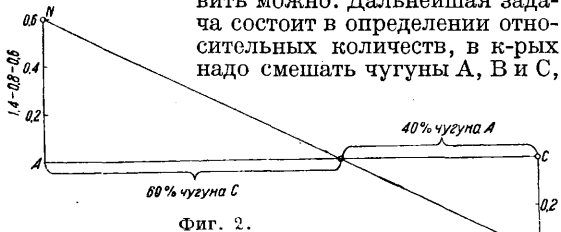
Сорт чугуна	Si	Mn	P	S
A	1,1	1,2	0,66	0,03
B	0,9	1,8	0,10	0,04
C	0,4	1,1	0,13	0,03

Чтобы ответить на вопрос, можно ли из данных чугунов составить шихту требуемого состава, построим диаграмму (фиг. 1). На оси абсцисс откладываем %-ное содержание кремния для имеющихся в нашем распоряжении сортов чугуна А, В и С, а по оси ординат вверх — %-ное содержание марганца, вниз — %-ное содержание фосфора. Соединив полученные над и под линией абсцисс точки А, В и С, а также А', В' и С' прямыми линиями, получим два



Фиг. 1.

тр-ка ABC и $A'B'C'$. Если теперь точка O , соответствующая требуемому составу шихты по кремнию и марганцу, и точка O' , соответствующая составу шихты по кремнию и фосфору, будут лежать внутри соответствующих тр-ков, то из данных чугунов требуемую шихту составить можно. Дальнейшая задача состоит в определении относительных количеств, в к-рых надо смешать чугуны A, B и C ,



Фиг. 2.

чтобы получить смесь химич. состава: 0,81% Si, 1,5% Mn, 0,23% P и 0,045% S. Эту задачу можно решить графически сл. обр. (фиг. 2). На перпендикулярах AN и CM к концам произвольно взятой прямой AC отложим в противоположных направлениях след. величины: на линии AN от точки A вверх — разницу между содержанием кремния в чугуне A и в шихте (т. е. 1,4—0,8), а на линии CM от точки C вниз — разницу между содержанием кремния в шихте и чугуне C (т. е. 0,8—0,4). Соединив полученные концы отрезков N и M , получим, что линия MN делит линию AC (принимая ее за 100) в отношении 60:40, т. е. мы должны из чугунов A и C (смесь I) взять 40% чугуна A и 60% чугуна C , чтобы получить смесь с 0,81% Si. Подсчитаем %-ное содержание других элементов, входящих в смесь I .
Марганец:

для чугуна A

$$\frac{100-1,2}{40-x} \text{ или } x = \frac{40 \cdot 1,2}{100} = 0,48\%$$

для чугуна C

$$\frac{100-1,4}{60-x_1} \text{ или } x_1 = \frac{60 \cdot 1,4}{100} = 0,84\%$$

для смеси I

$$x + x_1 = 0,48 + 0,84 = 1,32\%$$

Фосфор:

для чугуна A

$$\frac{100-0,66}{40-x} \text{ или } x = \frac{40 \cdot 0,66}{100} = 0,264\%$$

для чугуна C

$$\frac{100-0,12}{60-x_1} \text{ или } x_1 = \frac{60 \cdot 0,12}{100} = 0,072\%$$

для смеси I

$$x + x_1 = 0,264 + 0,072 = 0,336\%$$

Сера:

для чугуна A

$$\frac{100-0,03}{40-x} \text{ или } x = 0,012\%$$

для чугуна C

$$\frac{100-0,03}{60-x_1} \text{ или } x_1 = 0,018\%$$

для смеси I

$$x + x_1 = 0,012 + 0,018 = 0,03\%$$

Далее определяем построением диаграммы (фиг. 3), сколько нужно взять чугуна B и C , чтобы получить смесь (II) с общим содержанием 0,81% Si. Как видно из фиг. 3, количества чугуна B и C в смеси II относятся между собой, как 20:80. Подсчитываем %-ное содержание остальных элементов в смеси II.

Марганец:

для чугуна B

$$\frac{100-1,8}{80-x} \text{ или } x = 1,44\%$$

для чугуна C

$$\frac{100-1,4}{20-x_1} \text{ или } x_1 = 0,28\%$$

для смеси II

$$x + x_1 = 1,44 + 0,28 = 1,72\%$$

Фосфор:

для чугуна B

$$\frac{100-0,1}{80-x} \text{ или } x = 0,08\%$$

для чугуна C

$$\frac{100-0,12}{20-x_1} \text{ или } x_1 = 0,024\%$$

для смеси II

$$x + x_1 = 0,08 + 0,024 = 0,104\%$$

Сера:

для чугуна B

$$\frac{100-0,04}{80-x} \text{ или } x = 0,032\%$$

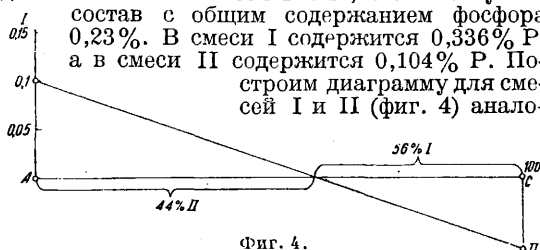
для чугуна C

$$\frac{100-0,03}{20-x_1} \text{ или } x_1 = 0,006\%$$

для смеси II

$$x + x_1 = 0,032 + 0,006 = 0,038\%$$

Определим теперь, в каком соотношении мы должны смешать смеси I и II , чтобы получить состав с общим содержанием фосфора 0,23%. В смеси I содержится 0,336% P, а в смеси II содержится 0,104% P. Построим диаграмму для смесей I и II (фиг. 4) анало-



Фиг. 4.

гично диаграммам фиг. 2 и 3; чтобы смесь имела состав с 0,23% P, следует взять 56% смеси I и 44% смеси II . Проверим подсчетом содержание других элементов.

Марганец:

в смеси I

$$\frac{100-1,32}{56-x} \text{ или } x = \frac{56 \cdot 1,32}{100} = 0,74\%$$

в смеси II

$$\frac{100-1,72}{44-x_1} \text{ или } x_1 = 0,757\%$$

Общее содержание марганца в шихте:

$$x + x_1 = 0,74 + 0,757 = 1,497\%$$

Сера:

в смеси I

$$\frac{100-0,03}{56-x} \text{ или } x = 0,0168\%$$

Табл. 2. — Состав отливки, состав шихты и угар.

Наименование лома	Химич. состав лома в %					Составы и угар	Химич. состав лома в %				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
Свой лом	3,20	1,50	0,80	0,40	0,10	Требуемый состав отливки в % Угар в % Состав шихты в %	3,2	1,5	0,8	0,4	0,1
Почушной лом	3,40	2,00	0,60	0,60	0,13		—	-0,15	-0,16	—	+0,03
Стальной скрап	2,70	0,35	0,60	0,70	0,04		3,2	1,65	0,96	0,4	0,07
I Доля лома в кг на 1 000 кг шихты II											
Сорт шихты	Химич. состав в кг					Сорт шихты	Химич. состав в кг				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
А. 500 кг 200 кг своего лома 100 кг почушного лома 200 кг стального скрапа	6,40	3,00	1,60	0,80	0,20	200 кг своего лома 300 кг стального скрапа	6,40	3,00	1,60	0,80	0,20
	3,40	2,00	0,60	0,60	0,13		7,10	1,05	1,80	0,21	0,12
	5,40	0,70	1,20	0,14	0,08		13,50	4,05	3,40	1,01	0,32
В. 600 кг 200 кг своего лома 200 кг почушного лома 200 кг стального скрапа	15,20	5,70	3,40	1,54	0,41	200 кг своего лома 100 кг почушного лома 300 кг стального скрапа	6,40	3,00	1,60	0,80	0,20
	6,40	3,00	1,60	0,80	0,20		6,40	3,00	1,60	0,80	0,20
	6,80	4,00	1,20	1,20	0,26		3,40	2,00	0,60	0,60	0,13
С. 700 кг 300 кг своего лома 200 кг почушного лома 200 кг стального скрапа	5,40	0,70	1,20	0,14	0,08	300 кг стального скрапа	8,10	1,05	1,80	0,21	0,12
	18,60	7,70	4,00	2,11	0,54		17,90	6,05	4,00	1,61	0,45
	9,60	4,50	2,40	1,20	0,30		6,40	3,00	1,60	0,80	0,20
D. 800 кг 200 кг своего лома 300 кг почушного лома 300 кг стального скрапа	6,80	4,00	1,20	1,20	0,26	200 кг почушного лома 300 кг стального скрапа	6,80	4,00	1,20	1,20	0,26
	5,40	0,70	1,20	0,14	0,08		8,10	1,05	1,80	0,21	0,12
	21,80	9,20	4,80	2,54	0,64		21,30	8,05	4,60	2,21	0,58
300 кг своего лома 200 кг почушного лома 300 кг стального скрапа	6,40	3,00	1,60	0,80	0,20	300 кг своего лома 200 кг почушного лома 300 кг стального скрапа	9,60	4,50	2,40	1,20	0,30
	10,20	6,00	1,80	1,80	0,39		6,80	4,00	1,20	1,20	0,26
	8,10	1,05	1,80	0,21	0,12		8,10	1,05	1,80	0,21	0,12
	24,70	10,05	5,20	2,81	0,71		24,50	9,55	5,40	2,61	0,68
Сорт чугуна	Химич. состав штыкового чугуна в %					Сорт чугуна	Химич. состав штыкового чугуна в %				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
Гематит	3,60	4,50	0,54	0,10	0,02	Низкоуглер.чугун Зернальн. чугун	2,20	1,60	1,50	0,35	0,10
Чугун № 1	3,60	2,30	0,95	0,70	0,01		4,90	0,85	10,35	0,04	0,02
I Доля штыкового чугуна в кг на 1 000 кг шихты II											
Сорт шихты	Химич. состав в кг					Сорт шихты	Химич. состав в кг				
	C	Si	Mn	P	S		C	Si	Mn	P	S
Е. 500 кг 150 кг гематита 150 кг чугуна № 1 200 кг низкоуглеродист. чугуна	5,40	6,75	0,81	0,15	0,03	300 кг чугуна № 1 200 кг низкоуглеродистого чугуна	10,80	6,90	2,85	1,20	0,03
	5,40	3,45	1,43	0,60	0,015		4,40	3,20	3,00	0,70	0,20
	4,40	3,20	3,00	0,70	0,20		15,20	10,10	5,85	1,90	0,23
F. 400 кг 100 кг гематита 100 кг чугуна № 1 200 кг низкоуглерод. чугуна	15,20	13,40	5,24	1,45	0,245	100 кг гематита 200 кг чугуна № 1 100 кг низкоуглерод. чугуна	3,60	4,50	0,51	0,10	0,02
	3,60	4,50	0,54	0,10	0,02		7,20	4,60	1,90	0,80	0,02
	3,60	2,30	0,95	0,40	0,01		2,20	1,60	1,50	0,15	0,10
G. 300 кг 100 кг гематита 100 кг чугуна № 1 100 кг низкоуглерод. чугуна	4,40	3,20	3,00	0,70	0,20	100 кг чугуна № 1 200 кг низкоуглеродистого чугуна	13,00	10,70	3,91	1,25	0,11
	11,60	10,00	4,49	1,20	0,23		3,60	2,30	0,95	0,40	0,01
	3,60	4,50	0,51	0,10	0,02		4,40	3,20	3,00	0,70	0,20
H. 200 кг 100 кг чугуна № 1 100 кг низкоуглерод. чугуна	2,20	1,60	1,50	0,35	0,10	200 кг чугуна № 1	8,00	5,50	3,95	1,10	0,21
	9,40	8,40	2,99	0,85	0,13		7,20	4,60	1,90	0,80	0,02
	3,60	2,30	0,95	0,40	0,01						
	2,20	1,60	1,50	0,35	0,10						
	5,80	3,90	2,45	0,75	0,11						

в смеси II

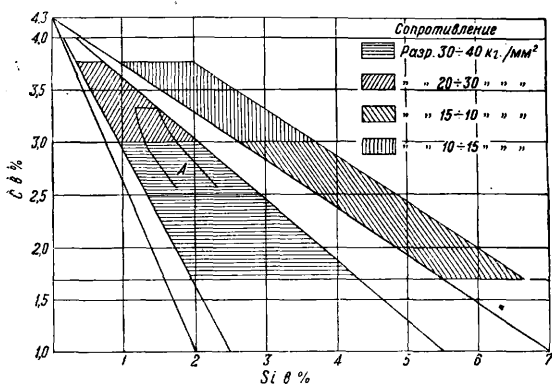
$$100 - 0,038 \quad \text{или} \quad x_1 = 0,0186\% \\ 44 - x_1$$

Общее содержание серы в шихте:

$$x + x_1 = 0,0168 + 0,0186 = 0,0354\%$$

Проверочный подсчет дает 0,233% P. Итак, в результате произведенных подсчетов имеем следующее: для того чтобы получить отливку заданного состава, учитывая угар, мы должны на 50 кг своего лома составить шихту из 56% смеси I, состоящей из 40% штыкового чугуна А и 60% чугуна С, и 44% смеси II, состоящей из 20% штыкового чугуна С и 80% чугуна В. «Наследственность» чугунов пока совершенно не учитывается при III. Способ подсчета требует большого навыка, большой усидчивости и времени. Ниже приводится несколько примеров подобного подсчета.

Состав цилиндрического чугуна с временным сопротивлением разрыву в 26 кг/мм² согласно диаграмме Маурера (фиг. 5) лежит в поле III. (А).



Фиг. 5.

Берем содержание углерода равным 3,2% и находим на диаграмме соответствующее содержание кремния, равное 1,5%. Содержание марганца лежит в пределах 0,7—1,2%. В данном случае оно равно 0,8%. Содержание фосфора для цилиндрического литья должно быть возможно ниже и ни в коем случае не выше 0,4%; содержание серы 0,10%. В табл. 2 приведены наряду с требуемым составом отливки и шихты (т. е. состав с учетом угара элементов) также и химические составы покушного и своего лома, а также стального скрапа и штыкового чугуна. Применяя присадку стального скрапа, не следует забывать, что содержание в нем углерода при переплавке его в вагранке увеличивается, и увеличение это зависит от способа ведения плавильного процесса и величины отдельных кусков скрапа: при мелком стальном скрапе и высокой рабочей колоше кокса, т. е. при продолжительном времени плавки, нужно рассчитывать на увеличение углерода до 3%, тогда как при присадке обрезков рельсов величиной 30—50 см при расходе кокса 9—10% количество углерода не превысит 2,7%. Как общее правило надо принять, что шихты с низким общим содержанием углерода следует давать в печь после того как через нее прошли другие металлич. колоши и футеровка печи основательно прогрелась. Из помещенной выше фиг. 5 видно, что для достижения намеченной цели для углерода и кремния имеется не одна точка, а довольно обширное поле, допускающее возможность различных III. Следовательно при

данном расчете шихты можно сделать целый ряд вариантов, пригодных для нашей цели. При установлении количества лома в шихте решающее значение имеет количество своего лома. Обычно стремятся использовать накопившиеся за день отходы (в нашем случае это составит 20—30%). Стальной скрап берется в том же количестве. Т. о. уже две части лома установлены. В табл. 2 даются четыре группы лома: в 500, 600, 700 и 800 кг, причем для каждой группы приводится по два примера, хотя их м. б. значительно больше. После определения весового отношения лома устанавливаются соответственные доли штыкового чугуна в 500, 400, 300 и 200 кг. Здесь прежде всего придется принять во внимание стоимость отдельных сортов чугуна и стремиться уменьшить доли наиболее дорогого, в данном случае низкоуглеродистого, чугуна. Этот способ отнимает много времени, но практика показала, что таким путем можно найти много вариантов шихты, пригодных для наших целей. Ни один из них не дает точных цифр, но это и не требуется, т. к. на диаграмме Маурера (фиг. 5) имеется значительное поле с прочностью 26 кг/мм². Все найденные в табл. 2 шихты находятся в пределах поля желаемой прочности. Конечно предпочтение следует отдавать тем вариантам, к-рые лежат ближе к полю наиболее высокой прочности. При таком расчете шихты можно в случае перерасхода одного из компонентов сделать новую шихту без резкого отличия от прежнего состава и без новых перерасчетов. Для определения стоимости шихты составляют рубрику расходов и стоимости лома, скрапа и входящих в состав шихты сортов чугуна.

Лит.: Павлов М., Расчет доменных шихт, М., 1922; Павлов И., Составление шихт на цветное литье, Москва—Ленинград, 1932; Костылев Н., Расчет шихты основной марганцевой печи, 4 изд., Москва—Ленинград, 1932; Рубцов Н., Шихтовка в литейном деле, Москва—Ленинград, 1933. Н. Рубцов.

ШКИВЫ, см. Дополнительный том.

ШЛАКИ, камневидные вещества различного состава, образующиеся от сплавления разнородных окислов и получающиеся в качестве отхода при огневых (металлургических) процессах выплавки, рафинировки, переплавки, сварки, а иногда и нагревания металлов (железа, чугуна, стали, меди и др.). В состав III. обычно входят окислы получаемого (или нагреваемого) металла, окислы его примесей, соединения пустой породы руд, часть разведенной (растворенной) III. огнеупорной футеровки печи, а также соединения, вносимые флюсами, или веществами, специально добавляемыми для получения III. определенного химич. состава и физических свойств. Окислы (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , FeO , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 , TiO_2 и т. д.) и другие соединения, входящие в состав металлургических III., почти совершенно нерастворимы в металле и обычно обладают по сравнению с ним значительно меньшим уд. в. (2,0—4,0—уд. в. III. против 6,8—7,2—уд. в. жидкого чугуна и стали). Это обстоятельство является большим преимуществом и широко используется металлургией, так как дает возможность при процессах плавки получить шлаки в виде верхнего более легкого слоя, расположенного на более тяжелом нижнем слое расплавленного металла. Для возможности легкого удаления III. из печи и для хорошего отделения его от металла необходимо иметь III. достаточно текучие, подвижные или жидкоплавкие при заданных t° металлургич. процес-

са. Трудноплавкие, густые и малоподвижные Ш. являются одной из причин неправильного хода металлургич. печей, их пониженной производительности и целого ряда оперативных неполадок (загромождение полости печи, образование настывшей, козлов, ухудшение химич. взаимодействия, затруднение передачи тепла, увеличение потерь металла в Ш. и т. д.). Толщина слоя Ш. и его теплопроводность играют весьма важную роль во всех процессах нагревания металла на поду пламенных печей (напр. печей мартеновских). В этом смысле особо следует отметить Ш., обладающие способностью сильно пениться при вскипании металл. ванны. Покрывая поверхность металла толстым (пухлым), плохо проводящим тепло слоем, такие Ш. сильно затрудняют нагревание металла, расстраивают нормальный ход плавки, снижают производительность печи и служат причиной преждевременного выхода ее из строя.

Кроме чисто физич. свойств Ш. весьма важное значение имеют его химич. свойства. Взаимодействия между газообразными веществами (газовая фаза), жидкими (расплавленными) растворами—Ш. и металлом (жидкая фаза)—и твердыми материалами (твердая фаза) являются физико-химической сущностью всех металлургич. процессов. Процессы химич. взаимодействия, происходящие в жидкой фазе между двумя несмешивающимися слоями, Ш. и металлом, играют в металлургических операциях весьма существенную, а иногда и превалирующую роль. Поэтому химич. состав Ш. является одним из главных факторов, определяющих состав и качество получаемого металла. Химич. составом

Табл. 1. — Химический состав шлаков и огнеупорных материалов.

Наименование		SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO+ +Fe ₂ O ₃	MnO	CaS
Огнеупорные материалы	Диас	95,0	—	2,5	1,8	0,2	0,5	—	—
	Шамот	57,0	—	40,0	0,5	0,5	2,0	—	—
	Магнезит	2,0	—	2,5	1,0	93,0	1,5	—	—
	Доломит	3,0	—	2,5	57,0	36,0	1,5	—	—
Шлаки	Доменный	33,0	—	10,0	43,0	2,0	0,5	1,5	5,0
	Бессемеровский	58,0	—	3,5	0,3	0,2	20,0	18,0	—
	Мартеновский	22,0	1,5	3,0	43,0	8,0	10,0	12,0	0,5

и относительным количеством Ш. определяется в значительной степени и то количество примесей вредных (или полезных), к-рое можно удалить из металла в Ш. или, наоборот, восстановить из Ш. в металл. В этом смысле и следует понимать старые поговорки мастеров-практиков: «Постарайся получить хороший шлак, а хороший металл получится сам собой», «Без хорошего шлака нельзя добиться хорошего металла» и т. д.

На скорость протекания реакций взаимодействия между Ш. и металлом также оказывает существенное влияние подвижность или жидкоплавкость Ш. Чем подвижнее Ш., тем выше его реакционная способность и тем быстрее, при всех прочих равных условиях, будут протекать процессы взаимодействия между Ш. и металлом. Однако стремление получить жидкоплавкие Ш. не всегда бывает осуществимо по причинам чисто экономич. характера. Кроме того жидкоплавкость Ш. должна иметь свои пределы, т. к. слишком подвижные Ш. могут оказывать сильное разъедающее воздействие на огнеупорную футеровку (набойку или кладку) металлургич. печей. По этой причине химич. состав Ш. должен быть согласован с составом и характером огнеупорного материала набойки печи, т. к. в противном случае вследствие разъедания (растворения) футеровки состав Ш. или его жидкоплавкость будет меняться в худшую сторону.

Ш. черной металлургии представляют собой переменного состава сплавы соединений, со-

стоящих из окислов основного и кислотного характера с преобладанием того или иного в зависимости от характера тех реакций, к-рые необходимо провести в металл. ванне для получения заданного состава и качества металла. Сообразно с этим Ш. разделяются обычно на кислые и основные. В зависимости от состава Ш. выбирается и характер огнеупорной футеровки металлургич. агрегатов, т. е. кислая футеровка допускает работу на кислых Ш., основная футеровка на Ш. основных. Между Ш. и огнеупорными материалами существует довольно заметное количественное различие в смысле процентного содержания составляющих их соединений. Обычные Ш. отличаются от огнеупорных материалов более низкой $t^{\circ}_{пл.}$ вследствие большего числа разнородных компонентов, входящих в их состав. Огнеупорные же материалы обычно состоят из одного, реже из двух однородных по своему химич. характеру соединений; остальные компоненты, добавляемые для получения механич. прочности, содержатся в таком незначительном количестве, что не могут существенно повлиять на $t^{\circ}_{пл.}$ огнеупорного материала. Т. о. огнеупорные материалы являются конечными звеньями тех длинных цепей, в которых мы можем расположить все разнообразные по своему составу вещества, охватываемые общим понятием Ш. Для

более наглядного сопоставления в табл. 1 приводятся анализы нескольких типичных кислых и основных Ш. и огнеупорных материалов.

Ш. играют весьма важную роль в процессах окисления и удаления примесей, напр. при передаче чугуна в сталь на поду пламенных печей (см. *Железо, Железо в металлургии, и Мартеновское производство*). При этом процесс фришевания (окисления) примесей идет не только за счет кислорода газовой фазы (дымовых газов или продуктов горения), но и за счет кислорода руды, специально добавляемой в шихту для получения сильно окислительного Ш., содержащего высокий % окислов железа. Гораздо реже приходится иметь дело со Ш. восстановительного характера (см. *Доменное производство и Электросталлургия*). Густые малоактивные Ш. могут служить б. или м. надежной изоляцией от окислительного действия газообразной среды на металл. ванну. Кроме чисто химич. воздействия состав Ш. и зависящая от него $t^{\circ}_{пл.}$ Ш. оказывают весьма сильное влияние на состав металла во всех тех процессах, t° -ный режим к-рых определяется $t^{\circ}_{пл.}$ Ш. (напр. t° в горне доменной печи и зависящий от нее состав выплавляемого чугуна).

Процессы получения чугуна и стали должны преследовать цель возможно более полно извлечения металла с наименьшими его непроизводительными потерями в шлак. Железо может попадать в шлак или в виде окислов: FeO; Fe₂O₃; Fe₃O₄ или в виде механически взвешенных частиц (корольков металла), увлекае-

мых вместе со Ш. Потеря металла в виде окислов определяется физико-химич. условиями протекания данной металлургич. операции. Иногда по чисто технологич. условиям процесса бывает неизбежно или необходимо получение сильно железистых Ш., т. е. Ш., содержащих высокий % окислов железа, например сварочные и пудлинговые Ш. с содержанием $\Sigma(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) = 65-75\%$. Это создает большие потери металла и значительно уменьшает выход годного продукта. При выплавке высокомарганцовистых сплавов (ферроманган, зеркальный чугун) в доменных печах получают марганцовистые Ш. с высоким содержанием окислов марганца. Железистые и марганцовистые Ш. обычно используются в качестве оборотных продуктов доменной плавки. Механич. потери железа, запутавшегося в Ш. в виде мелких металлч. королек, зависят гл. обр. от густоты (вязкости) Ш. и от характера протекающих химич. реакций. Металлич. железо может извлекаться из Ш. механич. путем (магнитная сепарация). Однако эта операция требует предварительного измельчения, размола или грануляции Ш., что далеко не всегда может окупиться выгодами использования полученного из Ш. мелкого металлч. скрапа.

Соответствующий химич. состав и физич. свойства Ш. могут быть получены или исправлены путем своевременной добавки флюсов (см.). Из чисто экономич. соображений количество флюсов, добавляемых в шихту металлургич. печей, д. б. возможно минимальным, а использование соединений (CaO , MgO , CaF_2 и пр.), вносимых ими в Ш., д. б. возможно более полным. Т. о. для успешного и экономичного протекания металлургич. операций существенное значение имеют следующие свойства Ш.: 1) текучесть, или жидкоплавкость, 2) $t_{\text{пл}}$, 3) химич. состав, 4) относительное количество (вес Ш. по отношению к весу металла), 5) содержание окислов железа, марганца и других соединений, к-рые м. б. использованы при переплавке (извести, магнези и т. д.), 6) содержание вредных и нежелательных примесей (серы, фосфора, окислов хрома и т. д.), 7) содержание механически увлеченного металла. железа.

В современном заводском х-ве Ш. не являются уже отбросами производства, а в зависимости от их количества, химич. состава и физич. свойств могут рассматриваться как побочные продукты, пригодные для дальнейшего использования или в металлургич. печах (оборотные Ш.) или при выполнении строительных работ и изготовлении строительных материалов (производство цементов, бетонных камней, шлакового кирпича и т. д.). Для последних целей идут гл. обр. доменные Ш. (коковской плавки), полученные в результате восстановительных процессов и содержащие незначительное количество металлч. окислов. Ш. же п е р е д е л ь н ы е—мартековские, бессемеровские, сварочные, а также кричные и пудлинговые (из старых отвалов), т. е. Ш., полученные в результате окислительных металлургич. процессов, обычно могут с выгодой переплавляться в шихте доменных печей как оборотные продукты. Таким же путем используются обычно и марганцовистые доменные Ш., полученные при выплавке ферромангана. Передельные Ш. (томазовские и мартековские), содержащие большое количество фосфорной к-ты ($12 \div 24\% \text{P}_2\text{O}_5$), обычно применяются в качестве сельскохозяйственного удобрения и известны под названием

томашлака или фосфатшлака (см. *Томасирование, Мартековское производство и Доменные шлаки*). Сравнительно реже Ш. черной металлургии используются для извлечения из них более ценных металлов—ванадия, титана и т. д.

При суждении о металлургич. Ш. необходимо иметь в виду, что состав Ш. может оставаться постоянным, но может и меняться по мере протекания данной металлургич. операции. В одних случаях такое изменение происходит внутри печи и не имеет внешних видимых проявлений (например изменение состава Ш. в различных горизонтах зоны шлакообразования доменной печи). В других случаях можно не только наблюдать за изменением состава Ш., но и удалить Ш. из плавильной печи на любой стадии его образования. Так напр., в печи мартековской по мере хода плавки мы получаем различного состава Ш.: начальные, спускные, промежуточные, конечные. Меняя количество и состав Ш., удаляя Ш. из печи частично или полностью, добавляя флюсующие вещества и вводя на место спущенного нового Ш. иного состава, мы можем направлять химич. реакции в желательную для нас сторону и доводить содержание вредных примесей в металлч. ванне до минимальных пределов, практически возможных для t -ных условий данного процесса. Работа со спуском Ш. практикуется особенно успешно для борьбы с фосфором, хромом и серой при производстве качественной стали в мартековских и электрич. печах. Однако она вызывает излишние расходы, увеличивает потерю железа в Ш., уменьшает выход годного и окупается далеко не всегда.

Классификация Ш. черной металлургии, их химический состав, относительное количество и возможности их использования. Для более систематич. рассмотрения Ш. черной металлургии их рационально разбить на две группы соответственно с их химич. составом и с характером тех металлургич. процессов, в результате к-рых они получают. К первой группе можно отнести Ш. доменные, ко второй—Ш. передельные. Первая группа—доменные Ш.—представляет собой систему, состоящую гл. обр. из трех компонентов: SiO_2 ; Al_2O_3 и CaO (или вернее суммы $\text{CaO} + \text{MgO}$). Окислы черных металлов (FeO и MnO) входят в эту систему в незначительных количествах ($1,5-2-4\%$), и только при выплавке марганцовистых чугунов или высокомарганцовистых сплавов содержание MnO в Ш. заметно повышается (до $10-15\%$). Плавкость доменных Ш. является одним из главных факторов, регулирующих режим работы доменной печи и состав выплавляемого чугуна. Пользуясь исследованиями плавкости Ш., можно всегда подобрать состав шихты, а следовательно и состав Ш., соответствующий работе печи на данный сорт чугуна. Классич. руководящими данными по вопросу о плавкости Ш. до последнего времени были исследования Окермана, широко известные металлургам по диаграмме Гау-Бабю. В виду трудности определения $t_{\text{пл}}$ шлаков вследствие их вязкости, особенно заметной у Ш. кислых, обычно пользовались приближенным методом и определяли не $t_{\text{пл}}$, а теплоту плавления Ш., т. е. то количество тепла (Cal/kg), к-рое содержит Ш. в жидком (расплавленном) состоянии. Последние америк. исследования дают более полную картину с количественным определением вязкости или степени жидкоплавкости доменных Ш. различного состава.

при различных $^{\circ}$. Согласно диаграмме плавкости системы $SiO_2 + CaO + Al_2O_3$ (см. *Доменные шлаки*, фиг. 4) имеется два минимума, один из которых соответствует кислым доменным Ш. древесноугольной плавки, а второй—более основными Ш. доменных печей, работающих на минеральном топливе, своеобразно с чем происходит разделение доменных Ш. на две подгруппы: 1) кислые древесноугольные Ш. и 2) основные Ш. коксовой плавки. Существенное различие Ш. этих двух типов заключается в том, что основные Ш. коксовых печей способны удерживать в виде CaS значительное количество серы и тем самым позволяют вести работу доменных печей на минеральном (сернистом) топливе. Так, при работе на сильно сернистом донецком коксе, содержащем до 1,8—2,2% серы, Ш. наших южных доменных печей обычно имеют в своем составе до 5—7% CaS , что возможно только при их сильной основности. Работа на чистом в отношении серы минеральном топливе (сибирские каменные угли, кузнецкий кокс с 0,4—0,6%S) возможна при Ш., к-рые по своему химич. составу мало отличаются от кислых Ш. древесноугольной плавки. Благодаря этому грань между указанными двумя подгруппами доменных Ш. почти совершенно сглаживается. Для более наглядного сравнения химич. состав и характеристика типичных доменных Ш. приводятся в табл. 2.

0,40—0,60 при рудах среднего качества, до 0,85 при бедных, требующих основного флюса.

Основные Ш. коксовой доменной плавки имеют камневидный (реже эмалевидный) излом и могут применяться в качестве материалов для изготовления шлакового кирпича, шлакового цемента, для строительных и дорожных работ. При высоком содержании извести доменные Ш. при охлаждении постепенно трескаются и рассыпаются в мелкий порошок (обычная картина на наших юж. з-дах), что объясняется перекристаллизацией структурных составляющих Ш. и вызванными ею объемными изменениями. Утилизация такого Ш. возможна при условии его мокрой или сухой грануляции. Согласно герм. нормам для изготовления шлакового цемента состав доменного Ш. должен удовлетворять соотношению:

$$\frac{CaO + MgO + 1/3 Al_2O_3}{SiO_2 + 2/3 Al_2O_3} > 1,$$

а содержание в нем MnO не д. б. выше 5%. В связи с успехами в области изготовления цементов нормы эти за последнее время несколько расширены. Частичная замена извести магнием увеличивает жидкоплавкость основных доменных Ш. Уже при содержании 10% MgO Ш. становятся хорошо подвижными в жидком состоянии. Вследствие добавки больших количеств известкового флюса относительный вес Ш. при коксовой плавке бывает обычно значи-

Табл. 2.—Состав в % и характеристика доменных шлаков.

	Район	Руда	Горючее	Сорт чугуна	SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	CaS	Щелочи
Шлаки древесноугольной и торфяной плавки	Швеция	Магн. жел.	Древ. уголь	Литейный	60,5	2,7	2,0	2,5	28,5	3,0	—	0,8
	»	»	»	»	47,1	2,4	2,0	2,7	27,7	17,5	0,2	—
	Юж. Урал	Бакальск.	»	Передел	51,6	10,1	0,5	8,5	19,4	5,4	—	1,5
	»	»	»	»	48,1	10,5	1,6	5,5	27,5	5,6	—	1,2
	»	Белорепн.	»	»	50,6	10,3	1,2	0,4	34,6	2,3	—	0,6
	Ср. Урал	Гороблаг.	»	»	42,3	21,8	0,6	2,0	25,9	5,4	—	2,0
	»	Высокогор.	»	»	40,6	28,8	2,5	3,6	15,3	8,6	—	0,6
	»	»	»	»	36,5	27,2	1,2	8,9	19,7	5,9	—	0,6
	»	»	»	Бессем.	34,3	29,8	2,4	1,6	30,9	1,0	—	—
	Сев. Урал	Богослов.	»	Передел	46,0	12,9	1,2	1,1	3,7	34,0	—	—
	Забайкалье	Валаячинск.	»	Литейный	38,5	8,7	0,9	1,7	46,6	1,0	2,53	—
	Центр. обл.	Косог. з-да	Торф	Передел	42,6	12,4	2,3	1,7	36,5	8,1	0,7	—
»	Вынс. з-да	Торф. кокс	»									
Шлаки коксовой и камнеугольной плавки	Ср. Урал	Высокогор.	Сиб. нам. уг.	Передел	24,4	28,9	1,4	0,4	39,0	6,6	—	—
	»	»	Сиб. кокс	»	35,4	19,3	0,9	0,8	27,5	13,9	1,9	—
	Сибирь	Магнитогор.	»	»	35,2	14,7	0,6	0,7	39,5	4,1	2,2	—
	Украина	Криворожск.	Дон. кокс	Мартен.	36,5	10,7	0,9	3,1	41,1	1,6	5,6	—
	»	»	»	Бессем.	33,1	10,4	0,3	1,3	48,2	1,9	4,8	—
	»	»	»	Литейный	30,6	12,9	0,6	0,5	45,3	2,0	6,9	—
	»	»	»	Зерк.	31,6	10,4	—	5,2	45,3	2,2	4,8	—
	»	»	»	FeMn	29,9	10,1	0,5	8,8	42,5	3,1	4,6	—
	»	»	»	FeSi	28,8	23,2	0,6	0,8	38,3	2,0	6,2	—
	»	»	»	FeSi	39,0	13,0	0,9	0,7	38,5	1,5	6,0	—
	»	Халил.	»	Передел	22,0	29,5	1,4	0,4	40,2	1,7	6,4	—
	США	Верхн. оз.	Пенс. кокс	Мартен.	34,5	14,8	0,5	0,9	43,5	2,0	3,5	—
	»	»	Коннесв.	Бессем.	35,5	9,8	0,5	0,8	47,0	4,2	2,0	—
	Зап. Герм.	Минетт	Русский	Томас.	30,5	19,5	2,0	0,8	42,3	2,0	2,3	—
	»	Милл. и шведск.	»	»	32,8	12,4	1,9	3,9	39,5	4,2	4,5	—
Англия	Кливл.	Англ.	Литейный	27,7	26,7	—	—	31,4	10,3	4,0	—	

Кислые доменные Ш. древесноугольной плавки при быстром охлаждении имеют стекловидный или эмалевидный излом и по своей хрупкости мало пригодны в качестве строительного материала (идут на отливку крупных камней для мостовых, для заборов и других неответственных сооружений). Частично они м. б. использованы для производства шлаковой ваты и в качестве добавок к цементам при измельчении и размоле. Количество доменных Ш. древесноугольной плавки зависит от богатства руды и состава ее пустой породы. Обычно на 1 вес. единицу чугуна приходится Ш.: 0,25 при богатых самоплавких рудах,

т. е. больше, чем при плавке древесноугольной. На 1 вес. единицу чугуна приходится доменного шлака: 0,40 при очень богатых рудах, 0,60 при рудах богатых, 1,00 при самоплавких бедных рудах, 1,50 при бедных рудах, требующих добавки флюса.

При современном крупном масштабе доменного производства вопросы уборки больших количеств Ш. вырастают в важную проблему. На целом ряде з-дов приходится занимать большие площади дорогих земельных участков под шлаковые отвалы и затрачивать большие суммы на отвоз Ш. Уже с этой точки зрения вопросы утилизации доменного Ш. заслуживают самого

внимательное изучения, т. к. при правильной постановке этого вопроса вместо огромных отходов бесполезного балласта народное х-во может получить млн. т строительных материалов. Особо стоит вопрос об утилизации доменных Ш., полученных при выплавке титаномагнетитов и содержащих значительные количества окислов титана. При восстановительной атмосфере доменной плавки титанистые Ш. могут быть достаточно тугоплавкими вследствие образования окислов титана низших степеней, а также трудноплавких карбидов и нитридов титана. Это сильно затрудняет промышленную эксплуатацию титаномагнетитов с проплавкой их в доменных печах. В настоящее время вопрос этот близок к практич. разрешению. Доменные Ш. с высоким содержанием титана (25—30% TiO_2) могут служить сырьем для лакокрасочной и других отраслей пром-сти, использующих окись титана.

Передельные Ш. охватывают большое разнообразие Ш., образующихся при процессах получения железа и стали, при процессах переплавки чугуна, при нагревании стальных слитков и т. д. Общее весовое количество этих Ш. значительно меньше (раза в 3—4) по сравнению с количеством доменных Ш. Передельные Ш., за очень малым исключением, довольно резко отличаются от Ш. доменных повышенным содержанием окислов черных металлов (FeO , MnO) и низким содержанием глинозема (Al_2O_3). Из числа кислотных окислов в передельных Ш. следует отметить SiO_2 , P_2O_5 и реже TiO_2 ; из числа основных— CaO , а также MgO , FeO , MnO . Полуторные окислы Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 в зависимости от состава Ш. могут играть роль или слабой к-ты (в основных Ш.) или слабого основания (в Ш. кислотных). Ш. передельные, также как и доменные, м. б. разделены на две подгруппы: 1) кислые передельные Ш. и 2) основные передельные Ш. Резкая граница между указанными двумя подгруппами несколько сглаживается благодаря наличию большого разнообразия промежуточных железистых Ш., приближающихся в пределе к Ш. кислото или основного характера. Кислые Ш. относятся к типу бисиликата $RO \cdot SiO_2$ и обычно бывают кислее теоретич. состава, удовлетворяя в общем ф-ле: $RO \cdot SiO_2 + nSiO_2 + R_2O_3 \cdot 3(RO \cdot SiO_2)$. Основные Ш. подходят к типу моносиликата $(RO)_2SiO_2$ и удовлетворяют по своему составу общей ф-ле: $(RO)_2SiO_2 + RO + RS + R_2O_3$. Кислые Ш. не требуют для своего образования известкового флюса, т. к. обычно роль оснований в них играют окислы черных металлов (FeO и MnO). В тех же случаях, когда по ходу кислото процесса требуется применение известки, флюс этот расходует в очень ограниченных количествах (см. *Флюсы*). Передельные Ш. очень редко имеют повышенное содержание глинозема. В одних случаях это происходит за счет естественного разьедания глиноземистых (шамотных) стенок плавильного агрегата (см. *Тигельный процесс*), в других случаях глиноземистые добавки (бокситы, бой шамотного кирпича, глина и т. д.) производятся специально для увеличения % содержания в Ш. глинозема и для соответственного понижения содержания окислов железа. Повышенное содержание глинозема в передельных Ш. не является недостатком. Наоборот, в процессах производства стали и при кислых и при основных Ш. повышенное содержание глинозема следует считать обстоятельством, благоприятствующим улуч-

шению качества стали (понижение содержания окислов железа в Ш. и соответственное понижение концентрации закисы железа, растворенной в металле). Отсутствие дешевых глиноземистых флюсов не дает однако возможности пользоваться этим средством в широком масштабе. Следует иметь в виду, что заводские анализы часто преувеличивают (в 2—3 раза) содержание глинозема в передельных Ш. В кислых передельных Ш. окислы железа (FeO) и марганца (MnO) в большей своей части прочно соединены с кремнекислотой в виде бисиликатов ($FeO \cdot SiO_2$ и $MnO \cdot SiO_2$), вследствие чего кислые Ш. обладают значительно меньшей реакционной (окислительной) способностью по сравнению с основными Ш., в к-рых бо́льшая часть окислов железа остается свободной. Отсюда можно сделать вывод, что интенсивные процессы окисления примесей ванны производительнее вести на основных Ш., для получения же ответственных сортов стали (т. е. стали с наименьшим содержанием остаточного кислорода) предпочтительнее работать на Ш. кислотных.

Кислые передельные Ш. не могут служить для целей удаления вредных примесей (фосфора и серы). Этим они отличаются в невыгодную сторону от Ш. основных. Основные передельные Ш. способны поглощать довольно значительные количества ангидрида фосфорной к-ты (P_2O_5) при условии достаточного содержания окислов железа в Ш., т. е. при наличии процессов окислительных. При сильно железистых Ш. и низких t° образуется малоустойчивая фосфорножелезная соль $(FeO)_3P_2O_5$, в виде которой фосфор м. б. легко переведен из металла в шлак (пудлинговый процесс, начальные и спускные Ш. основного мартеновского процесса). Для более прочного закрепления фосфорной к-ты в Ш. необходима флюсовка ее достаточным количеством известки при высоких t° (возможность работы на известковых Ш.) и при наличии окислов железа в Ш. Образующаяся при этом фосфорнокальциевая соль $(CaO)_3P_2O_5$, или вернее $(CaO)_2P_2O_5 \cdot CaO$, является прочным соединением и может служить для окончательного удаления фосфора. Перевод фосфора из металла в Ш. путем образования того и другого соединения является огромным преимуществом работы на основных Ш. и широко практикуется при получении железа и стали пудлинговым, томасовским и основным мартеновским процессами, дающими главную массу передельных Ш. Удаление серы (в виде CaS) при помощи основных передельных Ш. также возможно, но с значительно меньшим успехом, чем удаление фосфора. Объясняется это тем, что передельные Ш. обычно имеют достаточно высокое содержание окислов железа, способствующее удалению фосфора, но препятствующее б. или м. полному переходу в Ш. серы, т. к. для успешного протекания реакций образования CaS требуется наличие восстановительных процессов. Указанное обстоятельство и является главной причиной того, что современная металлургия стремится перевести бо́льшую часть серы в основной доменный Ш. во время восстановительного (доменного) процесса и оставляет по возможности минимальное количество серы для перевода в основные передельные Ш. при окислительных процессах передела чугуна в сталь. По этой же причине для получения высококачественной стали в электропечах приходится вести процесс в два периода: первый—с окислительным (железистым) Ш. для удаления фос-

Табл. 3.—Состав и характеристика передельных шлаков.

Тип шлана		Химический состав шлаков в %									Количество шлана в % от веса металла	Способы утилизации шлана
		SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ +FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	S		
Кислые	Тигельные	44,0—60,0	сл. — 0,2	16,0—32,0	1,0—3,0	сл. — 0,5	6,0—18,0	3,0—10,0	сл. — 4,5	—	2—5	В отвал; очень малое количество Переплавка в доменных печах В отвал; в качестве баласта В отвал; много серы В отвал; в качестве баласта
	Бессемеровские	48,0—60,0	сл. — 0,2	2,0—5,0	0,5—1,5	0,2—0,5	10,0—35,0	10,0—35,0	—	—	8—12	
	Мартеновские	52,0—58,0	сл. — 0,2	0,5—5,0	0,5—8,0	0,2—0,5	20,0—30,0	10,0—20,0	—	—	5—8	
	Миксерные	30,0—50,0	0,1—0,5	3,0—10,0	7,0—10,0	2,0—5,0	5,0—15,0	12,0—25,0	—	0,6—6,0	1—2	
	Ваграночные	35,0—56,0	1,0—2,0	5,0—15,0	10,0—28,0	0,2—2,5	5,0—8,0	2,0—15,0	—	0,2—0,4	3—8	
Железистые	Кричные	7,0—11,0	0,1—0,5	0,1—0,3	0,5—1,0	сл. — 0,2	80,0—90,0	0,8—10,0	сл. — 0,05	—	10	Старые отвалы; для баласта; в доменные печи для утилизации при выплавке чугуна В отвал; баласт; в доменные печи В отвал; в доменные печи
	Пудлинговые	15,0—25,0	1,0—2,5	0,2—0,5	0,5—0,7	сл. — 0,2	65,0—85,0	1,5—10,0	—	—	8—12	
	Сварочные	28,0—32,0	0,1—0,5	0,7—2,5	0,5—1,5	0,1—0,5	65,0—72,0	1,0—2,0	—	—	2—5	
	Миксерные	12,0—25,0	0,5—1,5	0,5—1,0	15,0—25,0	2,0—3,0	25,0—40,0	25,0—35,0	—	сл. — 0,2	3—8	
	Мартеновские (начальные спускные)	15,0—20,0	1,0—3,0	1,0—2,5	18,0—30,0	5,0—8,0	30,0—55,0	10,0—15,0	—	сл. — 0,2	0,8	
Известковые	Мартеновск. (1-го пер. фосфор)	10,0—12,0	16,0—24,0	1,0—2,0	43,0—48,0	4,0—6,0	5,0—7,0	5,0—10,0	—	0,1—0,2	10—15	Сел.-хоз. удобрение; в домен. печи
	Мартеновские (2-го пер.)	12,0—16,0	5,0—8,0	1,0—2,0	40,0—48,0	4,0—8,0	10,0—17,0	5,0—12,0	—	0,1—0,5	8—15	В отвал; в доменные печи
	Мартеновские (конечные)	15,0—23,0	1,0—3,5	1,5—3,5	40,0—50,0	6,0—10,0	8,0—15,0	7,0—15,0	—	0,1—0,5	8—20	В отвал; в доменные печи
	Томасовские	8,0—10,0	16,0—24,0	0,8—3,0	44,0—50,0	2,0—5,0	8,0—20,0	5,0—8,0	—	0,1—0,2	18—25	Сел.-хоз. удобр.
	Хромистые (халиловские)	18,0—24,0	1,0—2,0	2,5—5,0	25,0—40,0	5,0—8,0	12,0—26,0	8,0—15,0	5,0—15,0	0,1—0,2	25—40	В отвал; для строит. целей
	Электроплавки	15,0—22,0	сл. — 0,2	0,2—0,5	45,0—62,0	1,5—3,5	0,5—2,5	0,1—0,5	сл. — 0,2	0,1—0,50	3—8	В отвал; очень малое колич.

фора и второй—с восстановительным (карбидным) Ш. для удаления серы. Вопросы удаления серы при помощи основных передельных Ш. значительно осложняются тем обстоятельством, что Ш. эти обладают способностью поглощать сернистые соединения (H₂S, SO₂) из газовой фазы (дымовых газов) и передавать серу металлу. Это ведет к тому, что при работе на сильно сернистом топливе вместо удаления серы из металла в Ш. возможно одновременное обогащение серой и металла и Ш. за счет поглощения серы из продуктов горения. Борьба с серой при помощи большого количества спускных (сменных) Ш. возможна, но она затруднительнее и дороже, чем борьба с фосфором, т. к. сильно основные известковые Ш. образуются в конце плавки, а потому спуска их обычно стараются избегать. Для удобства сравнения химич. состав наиболее типичных передельных Ш. и их характеристика даны в табл. 3.

Лит.: Липин В., *Металлургия чугуна, железа и стали*, т. 1, Л., 1925; т. 2, вып. 1—2, Л., 1930; т. 3, ч. 2, Л., 1927; Карнаухов М., *Металлургия стали*, ч. 1, Л., 1924; ч. 2, вып. 1, Л., 1925; ч. 2, вып. 2, Л., 1926; ч. 2, вып. 3, Л., 1929; Павлов М., *Расчет доменных шихт*, Л., 1933; «МС», 1932, 7—8 и 11—12; Таль А., *Отливка дорожно-строительных изделий из шлаков*, «Журн. русск.-герм. вестн. техн. реконструкции», 1934, 1 (библиографич. литература по вопросам использования шлаков для отливки изделий). М. Пильник.

Ш. цветных металлов. 1. Ш. медной плавки на штейн. Ш. должен отвечать следующим требованиям: иметь низкую $t_{пл.}^{\circ}$, чтобы расход топлива был минимальный; быть

жидкоплавким, не вязким, с сравнительно невысоким уд. в. для возможно более полного отделения от штейна. Глиноземистые Ш. отличаются большей вязкостью, к-рая делается особо заметной в присутствии окиси цинка. Ш., содержащие значительное количество MgO, ZnO, растворенной Fe₂O₃ и ферритов, очень тугоплавки. Наличие большого количества FeO, ZnO, BaO повышает уд. в. Ш. и делает его отделение от штейна затруднительным. Для хорошего отстаивания Ш. от штейна разница в их уд. в. не д. б. ниже 1,5—2,0. Шлак должен быть отвальным, содержать мало металла. Ш. должен быть по возможности самоплавким, иными словами на его образование необходимо расходовать минимум флюсов.

Для медной плавки наиболее подходящими Ш. являются железисто-силикатные. Из последних наиболее низкой $t_{пл.}^{\circ}$ обладает шлак от моно- (2FeO·SiO₂) до бисиликата железа (FeO·SiO₂). Более высокое содержание SiO₂ делает Ш. тугоплавкими, что связано с большим расходом топлива. С другой стороны, повышение содержания SiO₂ уменьшает растворимость Cu₂S в Ш. и понижает уд. в. последних. При плавке кремнистых руд с целью уменьшения содержания меди в Ш. % SiO₂ в последних бывает до 40% и выше несмотря на больший при этом расход топлива. Обратное действие оказывает закис железа. Вследствие большего уд. в. железистых Ш. и повышенной способности последних растворять Cu₂S процент

меди в них выше, чем в кремнистых Ш. При плавке цинковистых руд необходимо работать на сильно железистых Ш., т. к. FeO способствует растворению ZnO, делая Ш. более жидкоплавкими. Наличие большого количества CaO повышает $t_{пл.}$, понижает растворимость Cu_2S и уменьшает уд. в. Ш. CaO вытесняет ZnO. В сумме CaO+MgO+ZnO не должны превышать 30%. MgO повышает $t_{пл.}$ Ш., делая его вязким. Особо заметно вредное влияние MgO при одновременном присутствии большого количества CaO и ZnO. Окись цинка делает Ш. тугоплавким. При работе с сильно железистыми Ш. количество ZnO м. б. доведено до 30%. Al_2O_3 при содержании выше 12% делает Ш. вязким. MnO делает Ш. жидкоплавким. Медь в отвальном шлаке находится в виде механически запутавшихся королек штейна (25% меди в Ш.), частью в виде ошлакованного силиката меди (ок. 7,5% меди), либо в виде растворенной в Ш. полусернистой меди (67,5%). Необходимо стремиться в первую очередь к получению состава Ш., обладающего минимальной растворимостью по отношению к Cu_2S . Чем больше FeO и меньше CaO и SiO_2 в Ш., тем сильнее растворимость Cu_2S в последних. Чем богаче медью штейн, тем больше потеря меди в Ш. за счет механически увлеканного штейна. На практике не рекомендуется поэтому получать штейн с содержанием выше 40—50% меди. Ш. нормальной плавки на штейн содержит: 50—54% CaO + (FeO+ZnO); 36—40% SiO_2 ; 0,2—0,3% Cu. Средняя уд. теплота Ш. медной плавки 0,17. Скрытая теплота плавления ок. 50 Cal.

2. Ш. от бессемерования штейна. В первый период конвертирования до получения белого мата (Cu_2S) Ш. состоит гл. обр. из железистых силикатов, степень окремнения которых зависит от t° процесса. Нормально состав конвертерных Ш. колеблется от моно- до полугорасиликата железа. Вследствие интенсивности окисления сульфида железа вдуваемым воздухом образуется некоторое количество Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , растворяющихся в Ш. Конвертерные Ш. обыкновенно содержат много меди (1—2%) как механически запутавшейся, так и в силикатном, ошлакованном виде. Средний состав конвертерных Ш.: 27—42% SiO_2 , 48—56% FeO, 5—7% Al_2O_3 . Конвертерные Ш. должны быть достаточно жидкоплавкими. При втором периоде бессемерования, при конвертировании белого штейна, Ш. получается мало. Этот шлак состоит преимущественно из силиката закиси меди. Конвертерные Ш. поступают обратно в переплавку вместе с соседними медными продуктами.

2. Ш. свинцовой шахтной плавки состоят преимущественно из железистых и известковых силикатов, включающих в себе окислы и сульфиды нек-рых металлов. Окислы находятся в Ш. в растворенном состоянии, сульфиды—в растворенном либо суспендированном состоянии. Состав Ш. свинцовой плавки колеблется от моно- до бисиликата, представляя собой эвтектич. смесь из бисиликатов легких металлов и моносиликатов тяжелых металлов. Основные требования, предъявляемые к Ш. медной плавки, остаются в силе и для свинцовых Ш. Последние д. б. достаточно жидкоплавкими и иметь уд. в. в 3,4—3,6 для хорошего отделения от штейна и шпейзы. Чрезмерная тугоплавкость Ш. связана не только с увеличенным расходом топлива, но и ве-

дет к большим потерям свинца и серебра на улетучивание. Ферриты, шпинели и другие соединения, растворяющиеся в Ш. и увеличивающие тугоплавкость последних, особо нежелательны. С другой стороны, при чересчур легкоплавких Ш. уменьшается восстановительная способность печи, что ведет к большому переходу силиката свинца в Ш. Так как свинцовые руды содержат почти всегда цинк, желателно работать на сильно железистых Ш., способствующих ошлакованию ZnO, хотя отстаивание таких Ш. от штейна и шпейзы затрудняется вследствие высокого уд. в. Ш. Кроме того при работе с сильно железистыми Ш. имеется опасность образования железистых настывлей и жуков в горне от частично восстановленного до металлч. состояния железа. Наиболее высокой $t_{пл.}$ (1 270°) обладает моносиликат железа, затем идет полугорасиликат (1 120°) и наконец бисиликат (1 110°). Замена FeO окисью кальция понижает $t_{пл.}$ железистого Ш. При постепенной замене FeO окисью кальция в моносилкате железа получаются два минимума: при 16% CaO (1 170°) и 36% CaO (1 130°); в полугорасиликате получается минимум при 12% CaO (1 060°); в бисиликате—при 8% CaO (1 030°). Известковые Ш. более текучи, чем железистые при той же степени окремнения; они способствуют растворению глинозема и уменьшают количество образующегося штейна вследствие перехода CaS в Ш. CaO уменьшает растворимость ZnO в Ш. При содержании 9—12% ZnO, CaO д. б. более 16%. Замена FeO окисью марганца повышает $t_{пл.}$ Ш., причем последние делаются более жидкоплавкими. MnO уменьшает растворимость ZnO, MgO, BaS в Ш. При замене FeO глиноземом Ш. остаются жидкими до тех пор, пока содержание Al_2O_3 не превысит $\frac{3}{8}$ количества FeO. MgO делает шлак вязким, повышает $t_{пл.}$ его; MgO допускается до 5%; вредное действие MgO увеличивается в присутствии ZnO. Замена окиси кальция окисью бария понижает $t_{пл.}$ Ш. Однако последние делаются при этом густыми, тягучими, тяжелыми. CaO можно заменять глиноземом (до $\frac{3}{8}$ CaO) с небольшим снижением $t_{пл.}$ Ш. Вязкость Ш. при этом увеличивается. Замена CaO окисью цинка делает Ш. вязкими. Окись цинка может находиться в Ш. либо в растворенном виде либо в виде силикатов цинка. При 24% CaO в Ш. ZnO не растворяется в последнем, образуя пену. Уменьшение SiO_2 способствует переходу ZnO в Ш.; увеличение SiO_2 переводит Zn в штейн. Глинозем в Ш. амфотерен, играя роль основания или кислоты, в зависимости от кислотности или основности Ш. Есть предположение, что Al_2O_3 нейтрален и находится в Ш. в растворенном состоянии, придавая последним густую консистенцию. Растворимость сульфидов в Ш. возрастает с увеличением t° и с увеличением основности Ш.; серы в последних содержится максимум 2,5—3,0%. На практике $t_{пл.}$ Ш. свинцовой шахтной плавки колеблется в интервале 1 100—1 200°. Нормальный состав Ш. следующий: 36% FeO; 28% SiO_2 ; 16% CaO; 12% ZnO.

Нормальное содержание свинца в Ш. колеблется от 1 до 1,5%. Большая часть свинца в Ш. представляет механически запутавшиеся частицы штейна; реже свинец находится в Ш. в виде королек металла. Для более полного отделения свинца от Ш. последние обыкновенно подвергаются отстаиванию в передних горнах. Нормальный Ш. при падении оставля-

ет за собой тонкую нить; основной Ш. падает быстро в виде круглых капель. Кремнистые Ш. более вязки, чем основные. В свежем изломе Ш. имеет чаще всего смоляной и стеклянный блеск. Хорошо составленный Ш. имеет склонность к кристаллизации. Избыток закиси железа способствует образованию крупных кристаллов; избыток СаО дает зернистую структуру. При быстром охлаждении Ш. делаются аморфными. Теплоемкость Ш. 0,17—0,20. Скрытая теплота плавления 40—50 Cal.

Лит.: Гофман Г., *Металлургия свинца*, пер. с англ., М.—Л., 1932; Мостович В., *Металлургия меди*, Томск, 1931 (литогр.); Ванюков В., К вопросу о свойствах элементов, Варшава, 1915; Пентегов Б., *Распределение меди между шлаком и штейном пиритной шпавки*, Владивосток, 1924; Френкель В., *Краткий курс металлургии*, М., 1927; Hofman H., *General Metallurgy*, N. Y., 1913; Guillet L., *Traité de métallurgie générale*, P., 1924; Hofman H., *Metallurgy of Copper*, N. Y., 1924; Tafel V., *Lehrbuch d. Metallhüttenkunde*, B. 1—2, Lpz., 1927—1929; Babu L., *Traité théorique et pratique de métallurgie générale*, t. 1, P., 1904; Fulton Ch., *Principles of Metallurgy*, N. Y., 1910; Doelter C. u. Leitmeier H., *Handb. d. Mineralchemie*, B. 1, Dresden, 1912; Jüptner H., *Constitution of Slags*, «Journal of the Iron and Steel Institute», L., 1909; Jüptner H., *Kenntniss d. Schlacken*, «Oesterreichische Ztschr. für Berg- u. Hüttenwesen», W., 1902, B. 50; Methesis, *Die Entstehung d. Schlacken*, «Berg- u. Hüttenwesen Ztg.», B. 63, 1904. Д. Чиников.

ШЛАММ в металлургии, измельченный материал, в состав которого входят различные металлы. Ш. получается в результате различных процессов обработки руд и сплавов: 1) Ш. золотоизвлекаемых ф-к и з-дов представляет неклассифицированную пульпу (смесь илов с песками), к-рая содержит после амальгамации часть неизвлеченного этим процессом золота, первоначально содержавшегося в руде; 2) Ш. обогатительных ф-к представляет смесь тонких классов измельченной руды, содержа-

жит и затем плавка (применяется чрезвычайно редко из-за потерь золота с цинком при обжиге); 3) обработка к-той: отделение на фильтр-прессах или на вакуум-фильтрах; растворение в к-тах; высушивание осадка на противнях, причем перед этой операцией иногда смешивают Ш. с окислителями (селитра, перекись марганца) и другими флюсами (бура, сода, кварц); после этого следует плавка в графитовых тиглях с флюсами; этот процесс имеет широкое применение; 4) процесс Тавнера—плавка осадка с глетом на поду отражательной печи и трейбование полученного *веркбля* (см.) в англ. трейбофене; 5) трейбование веркбля в итоге следующих операций: а) непосредственной загрузки брикетов из осадка и флюсов в свинцовую ванну трейбофена (в случае богатых осадков) и трейбования в той же печи; б) плавки брикетов (бедных осадков) в небольшом ватер-жакете на веркблей и последующего трейбования, причем плавка в ватер-жакете ведется обычно вместе с побочными продуктами. Процессы (4) и (5) применяются только в производствах большого масштаба.

Ш., получающиеся при электрич. рафинировании, в зависимости от состава м. б. подразделены сл. обр.: 1) богатые Ш., содержащие в сумме 30÷60% золота и серебра; в качестве побочных продуктов часто содержат теллур, селен и платину; 2) бедные Ш., содержащие в сумме 5÷15% золота и серебра; 3) оловянистые Ш., получаемые при переделе вторичного металла и содержащие кроме олова в качестве ценных частей относительно небольшие количества золота и серебра. В таблице приводится состав различных Ш., получаемых при электролизе меди.

Средний состав шламмов, получаемых при электролизе меди (в %).

Составные части	З-д «Красный Выборжец», Ш. уральской меди	З-д Raritan № 2	Богословский з-д	З-д «Красный Выборжец», Ш. баймакской черновой меди	З-д «Красный Выборжец»	Ш. от электролиза анода из лома на з-де «Красный Выборжец»
Серебро	16,65305	26,58	39,48	6,20	9,1	—
Золото	0,89755	0,36	0,82	0,863	0,87	—
Медь	16,95	12,86	8,58	46,4	15,2	22,11
Никель	—	0,90	—	1,3	10,9	4,31
Сера	6,15	1,73	—	8,95	—	8,15
Сурьма	9,10	16,21	0,47	—	12,5	1,12
Свинец	3,27	10,94	5,86	11,6	2,3	14,92
Селен и теллур	3,90	7,92	9,8	0,17	3,6	—
Мышьяк	1,85	7,13	—	—	—	—
Висмут	следы	1,62	—	—	—	—
Сульфат (SO ₄)	—	—	9,96	13,95	—	—
Железо	1,00	0,17	—	1,4	—	—
Олово	—	—	—	—	—	21,02
Алюминий	0,08	—	—	—	—	—
Цинк	1,30	—	—	—	—	0,29
Никель и кобальт	16,30	—	—	—	—	—
Марганец	0,15	—	—	—	—	—
Кислород и вода	22,39	—	—	—	—	—

щих то или иное ценное полезное ископаемое; 3) Ш. (осадки) после осаждения цинком золота и серебра из цианистых растворов; 4) Ш., получающиеся на дне электролитной ванны при электролитич. рафинировании меди и содержащие ряд ценных составных частей, среди к-рых первое место занимают золото и серебро (см. *Золото*, *Металлургия золота*; *Серебро*, *Металлургия серебра*; *Медь*, *Металлургия меди*; *Рафинирование*; *Обогащение полезных ископаемых*).

Основными методами для обработки Ш. (осадков) *цианистого процесса* (см.) являются следующие: 1) непосредственная плавка в тиглях с флюсами (только очень чистых осадков); 2) об-

Передел богатых Ш. ведется плавкой на металл Дорэ. Ш., собранные на дне электролитич. ванны, после удаления электролита посредством аэролифта сливаются на фильтр. Затем следует обезмедивание, к-рое начинается иногда с гидравлич. классификации с целью отделения крупных и мелких частиц медного скрапа, попавших в Ш. Химич. часть обезмедивания состоит в обработке Ш. серной кислотой (по весу равной шламму) в специальном освинованном внутри агитаторе при t° около 250°. Полученная после этого масса выщелачивается кипящей водой. Раствор направляется на осаждение меди, а остаток, обогащенный (раза в 2) золотом и серебром, отфильтровы-

вается в фильтр-прессе и направляется на прокаливание (т. н. о б ж и г), к-рое производится в муфельных печах при t° около 700° . Выделяющиеся при этом газы проходят через пылеуловительную камеру или, в новейших шламных цехах, через аппарат Коттреля (см. *Фильтры*) для электростатич. улавливания селенистой пыли. Из последней селен выщелачивается соляной к-той и осаждается из раствора пропусканием струи сернистого газа, получаемого сжиганием серы в небольшой горелке, соединенной с вентилятором, продувающим газ в раствор. После прокаливания Ш. поступает в отражательную печь или в пламенный горн, где плавится с содой и селитрой на металл Дорэ. На американских заводах в процессе плавки образуются: 1) содовый шлак, содержащий сурьму, мышьяк и свинец, 2) селенисто-теллуристый серебряный м а т и 3) сплав золота и серебра. Далее производят продувку воздуха с периодич. удалением шлака и с добавкой соды и селитры (10% от веса Ш.). При этом серебро сильно летит вместе с селенисто-теллуристой пылью и улавливается вместе с нею в аппаратах Коттреля (камерного типа). Содовый шлак, содержащий селен и теллур, периодически выпускают. Выход по шихте составляет: 1) сплава Дорэ ~ 35% [содержит ~ 8% золота и ~ 88% серебра (Кыштым)]; 2) шлаков 45%; 3) пыли 20%. Сплав золота с серебром разливается в изложницы; слитки в форме анодов поступают на аффинажные з-ды. Стоимость передела Ш. (на 1 кг сплава Дорэ) составляет в условиях Урала (при производительности 800 кг сплава в месяц) 2 р. 70 к.

Передел бедных Ш. производится путем прокаливания их с серной кислотой, последующей плавки на веркблей и трейбования последнего с получением металла Дорэ. Для этого Ш. отделяют от крупных частиц меди путем процеживания через сито, высушивают, измельчают в мельнице с ситом (отверстия в 1 мм) и нагревают (прокаливают) с конц. серной к-той до 200° , к-рая берется в количестве, равном по весу Ш. При этом переводятся в растворимое состояние медь, никель, железо и нек-рые другие металлы. В отходящих газах содержится нек-рое количество селена и пары к-ты. Полученная после прокаливания масса выщелачивается водой в деревянных бочках, оббитых внутри свинцом; из последних она поступает в вакуум-фильтры (чаны с горизонтальной перегородкой), в к-рых производится отделение выщелоченного остатка, содержащего все золото и серебро. Выщелоченный Ш. сплавляют со свинцом в небольшом английском трейбофене, причем получают веркблей и оборотный шлам и улавливают пыль. Затем следует купелирование веркблея в том же трейбофене, в результате чего получают сплав Дорэ, глет и пыль. Полученный от последней операции глет плавится с углем на поду трейбофена; при этом восстанавливается 75% свинца, и получают довольно богатые оборотные Ш. Свинцовые оборотные шлаки, накопившиеся после первой из двух последних пирометаллургич. операций, переплавляют в шахтной печи с получением свинца и шлака, идущего в отвал. Газы, отходящие из трейбофена и шахтной печи, проходят через пылеулавливание в камере аппарата Коттреля, откуда производится отсасывание их посредством эксгаустера. При плавке на веркблей в трейбофене на з-де «Красный Выборжец» садка составлялась из

250 кг шлама, предварительно обработанного серной к-той, 500 кг оборотного (с небольшой добавкой свежего) свинца и 25 кг угля. Операция продолжалась 6 час. После 10 плавок на веркблей приступают к трейбованию. Получаемый в результате трейбования сплав Дорэ содержит 98,5÷99% серебра и золота. Для восстановительных плавков глета на свинец загружают на под 40 кг измельченного кокса и сверху на него 600 кг кускового глета. Для плавки оборотных шлаков употребляется шахтная печь; горн и шахта печи выложены шамотом, а остальные части магнезитовым кирпичом. В поясе фурм между последними установлены медные коробки для водяного охлаждения.

П е р е д е л о л о в я н и с т ы х Ш. представляет весьма редкую в практике операцию. Методика к-рой еще не стандартизована. Для передела этих Ш. предложены следующие схемы обработки. 1) Предварительно производится классификация; крупный класс, содержащий значительное количество меди, направляется в плавку. Затем следуют выщелачивание меди серной кислотой с хлористым натром, извлечение золота и серебра цианированием (крепким цианистым раствором), плавка хвостов после выщелачивания с содой на оловянный сплав (метод разработан в лаборатории благородных металлов Гинцветмета). 2) Метод, основанный на избирательном шлаковании одних металлов и переходе других в штейн. Т. о. удаётся сконцентрировать и отделить медь от олова, свинца и сурьмы, переводя ее в штейн с высоким содержанием железа; благородные металлы концентрируются в медном штейне. Шлаки переплавляются с получением сплава олова, свинца и сурьмы. Штейн подвергается бесемерованию, и благородные металлы выделяются при электролизе меди (метод разработан в Гинцветмете в 1930 г.). 3) Брикетирование сырого Ш. с флюсами, медными шлаками и углем; для связи употребляется цемент. При плавке в шахтной печи удаляются путем улетучивания сурьма, олово и свинец. Медь в этом процессе является коллектором благородных металлов. Данный метод м. б. определен как плавка на максимальный угар (разработан в крупном масштабе на Московском электродном з-де). 4) Гидрометаллургич. путь переработки состоит в разложении Ш. серной к-той и последующем разбавлении. В результате гидролиза выпадают гидраты окисей и сульфиды сурьмы и олова. Медь переходит в раствор. Свинец и благородные металлы остаются в виде нерастворимого остатка и направляются в плавку (полузаводская установка работала на з-де «Красный Выборжец»). 5) Прimitивным методом, употребляемым для переработки оловянных Ш. в Германии, является восстановительная плавка в шахтной печи с подшигтовыванием оловянной и свинцовой изгаринной. При этом получают сплав, близкий к одному из стандартных сплавов. В случае присутствия меди ее отделяют зейгерованием.

Лит.: Баймаков Ю., Переработка ломов и отбросов в пром-сти цветных металлов, «Труды II Совещания по цвет. мет.», М., 1927; Булах А., Извлечение серебра и золота из шламов на з-де Красный Выборжец, «ЖРМО», 1927, 4; Плаксин И., Обработка золотых руд, М.—Л., 1932; Hofman H., Metallurgy of Copper, N. Y., 1924; Rand Metallurgical Practice, L., 1926; Gold and Silver, Recov. from Tin Slime. «Eng. a. Min. World», N. Y., 1931, 11. И. Плаксин.

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ, искусственные камни из абразивных материалов (см.) в виде кругов, горшков, сегментов и т. п., применяе-

мые для обработки шлифованием изделий из металлов, камня, дерева, резины и искусственных масс. В отличие от других режущих инструментов, имеющих оттачиваемое и устанавливаемое под определенным углом резания лезвие, Ш. к. снимают весьма тонкую стружку острыми гранями кристаллов очень высокой твердости. Неправильность и случайность углов резания и тонкость слоя стружки, снимаемой каждым отдельным зерном, с избытком компенсируются громадным числом режущих зерен и весьма большой скоростью резания. Толщина стружки, снимаемой каждым отдельным зерном, измеряется в десятичных долях мм, суммарная же толщина всех стружек, снимаемых за один проход кругом, равняется 0,002—0,007 мм. Снятие такой тонкой и в то же время вполне равномерной стружки дает возможность получения максимальной точности обработки.

Ш. к. представляет собой массу режущих зерен, кристаллов, связанных друг с другом в одно целое цементом—связкой. В этом отношении Ш. к. может быть сравнен с фрезером со вставленными в оправу зубьями из твердого металла. Подобно зубьям фрезера у Ш. к. лишь кристаллы производят работу резания, связка же не принимает участия в резании. Отличие от фрезера состоит в том, что оправка у последнего весьма крепко держит вставные зубья, которые по мере затупления требуют заточки, тогда как в Ш. к. каждое зерно работает до затупления, после чего увеличивающееся давление резания выламывает его, назначение же связки — держать прочно зерно, пока оно не затупилось, и давать возможность затупившемуся зерну выпасть, с тем, чтобы было подведено и вступило в работу новое зерно, причем связка, окружающая зерно, также должна выпасть, не «засаливая» обрабатываемое изделие. Таким образом Ш. к., в отличие от других режущих инструментов, обладает свойством самозатачиваемости. Свойство удерживать зерно связка проявляет в зависимости от развивающихся при работе усилий. По мере затупления зерна затупившееся зерно начинает вызывать все большее и большее сопротивление резанию, и наконец усилия становятся достаточными, чтобы вырвать зерно из связки. Если усилия недостаточны, чтобы вырвать затупившееся зерно, то зерно, потеряв способность резать, будет вызывать трение, нагревать изделие—связка для данной работы слишком тверда; наоборот, если усилия при работе велики, а связка мягка, то зерно, слегка только прилипшее, но вполне сохранившее способность резания, будет выпадать преждевременно, круг будет быстро изнашиваться. Т. о. в зависимости от рода работы надо брать круг более мягкий или более твердый.

Твердость Ш. к. не имеет ничего общего с твердостью шлифующего материала (абразивных зерен)—их способностью проникать в другое тело (царапать). Можно из самых твердых кристаллов приготовить мягкий круг, в кото-

ром зерна будут легко отрываться, и наоборот. Твердостью круга называют способность связки удерживать с большей или меньшей силой зерна; она зависит исключительно от крепости самой связки, толщины ее слоя между отдельными зернами и от величины пор. Чем меньше крепость связки, чем меньше ее слой и чем больше поры, тем мягче круг. Методики для определения числового значения твердости Ш. к. пока не установлено, и техника довольствуется относительными определениями твердости. Обозначения твердости по союзному стандарту и соответствующая им наиболее распространенная в Америке и Европе шкала твердостей фирмы Нортон приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Сравнительная шкала твердости Ш. к.

	Чрезв. мягкие	Весьма мягкие	Мягкие	Средне-мягкие	Средние	Средне-твердые	Твердые	Весьма твердые	Чрезв. твердые
По стандарту	ЧМ	БМ ₁ БМ ₂	М ₁ М ₂ М ₃	СМ ₁ СМ ₂	С ₁ С ₂	СТ ₁ СТ ₂ СТ ₃	Т ₁ Т ₂	ВТ ₁ ВТ ₂	ЧТ ₁ ЧТ ₂
По Нортону	Е	FG	H, I, J	K, Z	M, N	O, P, Q	R, S	T, U	W, Z

Износ круга в работе зависит, во-первых, от условий самой работы, точнее от усилий, возникающих при работе, воздействующих на камень, и, во-вторых, от способности камня сопротивляться этим усилиям, т. е. от его твердости. При одних и тех же усилиях более мягкий камень будет давать больший износ, т. к. зерна в нем будут отрываться с меньшей степенью затупления. Более мягкий камень при тех же условиях работы работает с зернами меньшей степени затупления, более острыми; следовательно при работе более мягкими кругами, т. е. с более острыми зернами, станок меньше загружается при одних и тех же подачах, при увеличении же подачи до более полной нагрузки станка за одно и то же время мягким кругом можно снять стружки больше. Поэтому во многих случаях работа шлифования, слагаясь из стоимости рабочей силы, стоимости износа круга и энергии, будет дешевле при работе более мягкими кругами (несмотря на больший износ круга) за счет экономии на абразиле.

Помимо твердости Ш. к. имеет большое значение его зернистость, или шероховатость. Если твердость не зависит от абразивных зерен, а представляет крепость связки, то шероховатость зависит исключительно от величины шлифующих зерен, входящих в состав круга. Абразивные зерна сортируются по своей величине при просеивании через сита, к-рые обычно нумеруются номером, обозначающим число отверстий на п. дм. По номерам сит обозначается и зернистость абразивных зерен: если зерно проходит через сито с двадцатью отверстиями на п. дм. (сито № 20) и задерживается на сите № 24, то это будет зерно № 20. Величины зерен разных номеров указаны в табл. 2.

Табл. 2.—Величины зерен абразивных материалов различных номеров.

№ зерна	10	12	16	20	24	36	40	60	80	100	120	150	200
Размер в мм	от 1,68	1,19	0,81	0,71	0,5	0,35	0,25	0,177	0,149	0,125	0,089	0,074	0,062
	до 2	1,68	1,19	0,81	0,71	0,5	0,35	0,25	0,177	0,149	0,125	0,089	0,074

Самые мелкие зерна (пыль) уже не рассеиваются на ситах, а разделяются по величине путем отмучивания, т. е. путем взбалтывания в воде

и осаднения из мути. Чем зерна крупнее, тем они быстрее осаждаются. Осаждающиеся в течение 1 мин. называются одномоментниками (№ 250), в течение 5 мин.—пятиминутниками (№ 280) и т. д.; 10-, 15-, 30-, 60-минутниками (№№ 320, 400, 500 и 600). В зависимости от условий работы применяют Ш. к.: весьма крупной зернистости (№№ 10, 12) для грубых обдирочных работ; крупнозернистые (№№ 16, 20, 24)—для обдирочных работ; среднезернистые (№№ 36, 46, 60)—для шлифовальных работ и точки инструментов; мелкозернистые (№№ 80, 100, 120)—для окончательной шлифовки; тонкие (№№ 150, 180, 200)—для правки инструментов и наконец весьма тонкие (минутники)—для полировки и правки инструментов. Обычно круг состоит из зерен разной зернистости и маркируется номером наиболее крупных зерен, входящих в его состав и составляющих от 30 и более % всех зерен.

Естественные точила в виде кругов и бруски, применяемые для точки деревообделочных и других инструментов, делаются из песчаника, состоящего из кварцевых зерен, связанных кремнеземистым цементом. Для правки бритв и других тонких инструментов применяются также естественные камни—бруски «Арканзас» и «Индиана», носящие название по наименованию штатов в С. Америке, где находят их месторождения. Наиболее широкое распространение получили искусственные Ш. к., изготовленные из карборунда или искусственного корунда на связках: минеральной, растительной или керамической. К минеральной связке относятся магнезитовая, где связывающим веществом является цемент Сореля (магнезит и хлористый магний). Способ приготовления Ш. к. с этой связкой весьма прост, не требует сложного оборудования, но круги, изготовленные этим способом, могут работать только всухую, разлагаются от сырости, быстро изнашиваются в работе и применяются лишь в случае недостатка более производительных кругов с керамической связкой. Кроме магнезитовой к минеральной связке относится силикатовая, в которой связкой служит смесь глины, кремневой пыли и жидкого стекла (силиката). Круги с этой связкой мягкие, почему и являются весьма ценными при окончательной тонкой правке и шлифовке. К растительной связке относятся вулканитовая (на каучуке), олеонитовая (на масле) и шеллаковая (на шеллаке). Вулканитовые круги представляют собой вулканизированную резину, в к-рую ввальцованы абразивные зерна. После сушки получаются круги, обладающие известной степенью упругости, что позволяет сделать их весьма тонкими, до 1 мм толщиной, почему эти круги и применяются для прорезных работ, для точки пил по металлу, для точки кард и т. д. Олеонитовые круги, связкой в к-рых служит окисленное масло, мягки, сравнительно быстро изнашиваются, но при работе на них выделяется очень мало тепла, почему они применяются для точки пил по дереву, где от круга при точке всухую требуется, чтобы при работе не отжигались зубья. Таким же свойством не отжигать обрабатываемых изделий обладают и шеллаковые круги (связка—шеллак), более устойчивые, но и более дорогие, чем олеонитовые. К упруго связанным кругам относятся и круги на бакелитовой связке, введенной в технику сравнительно недавно, но уже вытесняющей круги с вулканитовой связкой и заменяющей в отдель-

ных случаях круги с керамической связкой. Наиболее распространенной (до 85 %) все же пока остается керамическая связка, составной частью к-рой являются огнеупорная глина, полевой шпат, кварц и тальк. После измельчения составных материалов они смешиваются в определенных соотношениях. Готовая связка (от 8 до 20 %) смешивается с абразивными зёрнами, затем из полусухой массы, к к-рой добавляется незначительное количество силиката или декстрина, формуется и прессуется в стальных формах, при давлении 100 кг/см² и более, круги, подвергающиеся после освобождения из формы сушке, а затем обжигу. Это—прессованные круги. Вторым способом, все более распространяющимся и дающим круги более пористые и более удовлетворяющие современным требованиям, являются литые. Масса связки и зерен смешивается с добавлением небольшого количества воды, т. ч. образуется жидкая кашпца, разливаемая в формы. Получаемым в форме болванкам, имеющим после высушивания крепость кирпича-сырца, на станках придается желаемая форма круга или же круг вытесывается или выштамповывается из болванки, когда она еще не высохла, но, потеряв часть воды, может сохранить форму, придаваемую штампом или вырезкой. Обжиг как прессованных, так и литых кругов производится подобно фарфору в печах при t° 1 320°. Обжиг особенно крупных кругов требует продолжительной выдержки при охлаждении, чтобы они не дали трещин. После обжига круги подвергаются обточке на токарных станках при употреблении в качестве инструмента алмаза или особых стальных конусов, звездочек и чугунных шарошек. Готовые круги испытываются на прочность и балансировку при двойной против рабочей скорости. В настоящее время искусственные Ш. к. изготовляются исключительно из искусственных абразивов: карборунда (для обработки изделий из чугуна, бронзы, алюминия, камня, рога, стекла, кости, фарфора) и искусственного корунда (при обработке изделий из закаленной и сырой стали, ковкого чугуна, железа, стального литья и т. п.).

Лит.: А ль п е р и п А., Точильные круги, их выбор и применение, М.—Л., 1929; О р е ш н и к о в В., Точильно-шлифовальное дело, Л., 1931; Х а н т в е р г е р А., Рациональная организация инструментального хозяйства, абразивный инструмент, М., 1930; Ф е с т а А., Режущие инструменты для обработки металла, Л., 1932; И п п о л и т о в Г., Шлифование, каталог з-да «Ильич», Л., 1927; «Труды 1-й конференции по абразивной промышленности», М., 1927; В у х б а у м В., Das Schleifen der Metalle, Werkstattbücher, hrsg. v. F. Siman, Heft 5, 2 Aufl., B., 1925; G u e s t J., Grinding Machinery, L., 1915; S c h l e s i n g e r B., Wirtschaftliches Schleifen, B., 1921.

А. Хантвергер.

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ, см. Дополнительный том.

ШЛИФОВКА, см. Дополнительный том.

ШЛИХТА, см. Шлихтование.

ШЛИХТОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, см. Шлихтование.

ШЛИХТОВАНИЕ, пропитывание основы клеящим веществом для придания ей большей стойкости при работе на ткацком станке. Основная пряжа при каждом обороте ткацкого станка перемещается в двух направлениях: в вертикальном—для образования зева (см. Ткацкие станки) и в горизонтальном—при навивании ткани на товарный валик. В первом случае, отклоняясь от среднего уровня в одну, а чаще в обе стороны (вверх и вниз), она увеличивает свою длину на участке между ценами и опушкой товара, что без сопутствующих

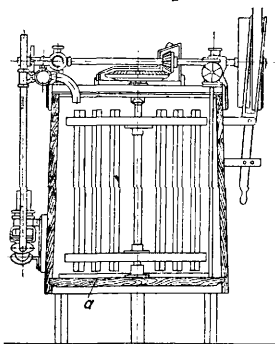
щей подачи с основного навола вызывает в ней увеличение натяжения. Основная пряжа должна обладать: крепостью, способностью оказывать сопротивление при растяжении, удлинением и гл. обр. его упругой частью, чтобы восстановить первоначальную длину при закрытии зева. Обычно натяжение ее при открытом зеве далеко не достигает величины полного сопротивления. Гораздо неблагоприятнее обстоит дело с удлинением, величина к-рого зависит прежде всего от природы и затем от строения нити; у льняной пряжи напр. удлинение вообще незначительно, что служит причиной частых обрывов льняной основы в сравнении с пряжей из других волокон. Зевобразование заставляет основные нити перемещаться в глазках ремизок и при этом под давлением, увеличивающимся соответственно с натяжением. При перемещении в горизонтальном направлении нити основы проходят через глазки ремизок и через бердо. Кроме того бердо принимает участие в качательном движении батана, и его зубья в это время непосредственно соприкасаются с основными нитями; для того чтобы они беспрепятственно проходили через глазки и бердо и чтобы бердо при своем движении по возможности меньше разрушало их, от основной пряжи требуются и другие свойства, гл. обр. гладкость, чистота, отсутствие посторонних примесей, ровнота, круглая форма сечения. При этом гладкость зависит, во-первых, от природы строения волокна, а, во-вторых, от того, сколько концов отдельных волокон выступает на поверхности нити и какой они длины. Степень правильности проведения процессов прядения—параллелизация волокон при вытягивании и сдваивании, а также крутка определяют состояние пряжи. Чем короче волокна, тем больше выступающих концов (пряжа пушистее); бердо при своем движении будет многократно захватывать эти концы, отделять их от нити и тем самым ослаблять ее, а затем и разрушать. Подобное же действие берда скажется на местах основы с крупным сором, шишками из пуха, с неровностями по форме сечения, в особенности если посторонние частицы впряжены в нее б. или м. прочно. При ткачестве и навивании все перечисленные недостатки будут сообщать пряже движение толчками, что может вызвать чрезмерное натяжение и увеличить обрывность.

Шлихтование должно способствовать образованию сплошного внешнего слоя на поверхности нити, заполнению оставшихся в пряже пустых промежутков между отдельными волокнами. Внешний слой должен при этом приклеить концы волокон к стержню нити, сгладить до известной степени неровности ее и предохранить пряжу от вредного воздействия на нее берда и ремиза. Склеивание внутренних волокон друг с другом будет иметь последствием большую крепость нити. Величина натяжения пряжи (б. или м. значительного) при образовании зева обычно не достигает полного сопротивления пряжи растяжению, но при этом необходимо, чтобы пряжа обладала способностью как можно больше удлиниться. Испытания при самых разнообразных случаях Ш. показывают, что крепость основы после него повышается в пределах 15—25%, а удлинение падает до 50%; в то же время большинство сортов основной пряжи без Ш. сработать на станке невозможно, ибо при этом пряжа «мшится», т. е. из нее бердом вытаскиваются отдель-

ные волокна, образующие скопления пуха в виде шишек, которые не в состоянии проходить через бердо. Кроме того от мпнения нити теряют часть волокон и ослабляются, и в результате получается усиленная обрывность их. Сорная, неровная пряжа, хотя бы и низких номеров и значительной крепости, идет на ткацком станке гораздо хуже, чем тонкая, более слабая, но чистая и ровная. Поэтому Ш. имеет гораздо большее значение в отношении видоизменения поверхности пряжи, чем ее крепости. При каждом образовании зева степень нарушения строения пряжи усиливается и в конце-концов может привести к обрыву нити.

Из четырех главных групп прядильных волокон—хлопок, лубяные волокна, шерсть и шелк—самым коротким является хлопок, наибольшее количество к-рого, употребляемое в хлопкопрядении, имеет длину ок. 27—28 мм. Поэтому хл.-бум. основу без Ш. работать на станке нельзя, за исключением только крученной; у нее соединение и добавочное кручение в значительной степени повышают гладкость, ровноту и прочнее соединяют отдельные волокна друг с другом. Льняная пряжа, у к-рой элементарные волокна длиннее и технически не вполне разделены, менее пушиста и менее нуждается в Ш., но все-таки вследствие неравномерности по толщине и по форме и засоренности кострой для нее (во всяком случае для тонких и средних номеров) Ш. также необходимо, хотя и в более слабой степени. Камвольная пряжа приготавливается из волокна с большой длиной (100—300 мм), но она из прядения выходит покрытой длинными концами, т. ч. и здесь требуется Ш. У суконной пряжи также выступают на поверхности цепкие и длинные концы. Благодаря тому что плотность сукна по утку невелика, число повторных воздействий берда на основу получается также небольшим, в результате чего основа разрушается бердом сравнительно незначительно, потому многие сорта ее не шлихтуются. То же самое допускают и некоторые виды льняной толстой пряжи, напр. при выработке брезентов. Основа из натурального шелка, состоящая из цельных нитей, б. или м. прочно соединенных друг с другом серицином и круткой (см. *Волокна прядильные*), и с гладкой внешней поверхностью не шлихтуется почти никогда. При этом надо еще принять во внимание, что Ш. нарушило бы очень ценное свойство шелка—блеск. Искусственное волокно хотя и приготавливается соединением нескольких цельных нитей, но связь между ними незначительна, поэтому основу приходится шлихтовать почти всегда. При Ш. необходимо принять во внимание, чтобы нить не потеряла своей гибкости и не сделалась жесткой и ломкой и могла бы без порчи сохраняться на б. или м. продолжительное время. Условия, к-рым должен удовлетворять шлихт (или шлихта) как по своему составу, так и по способу воздействия его на нити,—различны; он должен гл. обр. исправить внешний вид основных нитей: уничтожить по возможности пушистость, сгладить неровности в форме и образовать собою снаружи слой, к-рый помогал бы основе воспринимать действие берда; шлихт должен обладать в достаточной степени клейильной способностью и иметь определенную и равномерную во всей своей массе консистенцию. Чем больше клейильная способность шлихта, тем меньше его по-

требуется для получения требуемого эффекта, в противном случае приходится на нить наносить толстый наружный слой шлихта, что вызывает при малоклейкости его осыпание от воздействия берда, вследствие чего на машинах появляется большое количество пыли, мешающей правильной работе станка и загрязняющей ткань. Кроме этого необходимо, чтобы шлихт мог быть легко удален в промывке, что зависит от состава клея и от количества его на ткани. Нанести правильно на нить толстый слой, прочный и равномерный, технически очень трудно, поэтому шлихт д. б. нанесен равномерным тонким, но достаточно прочным слоем; кроме того он должен проникать во внутренние слои пряжи и тем самым увеличивать со-



Фиг. 1.

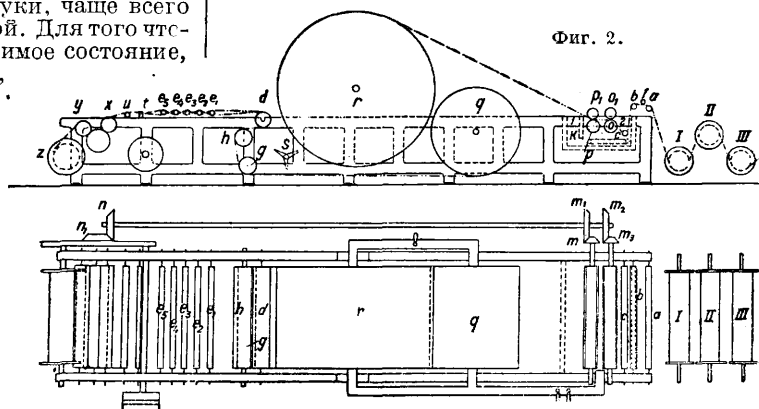
противляемость разрушению и внешних слоев, в результате чего повышается общая крепость основы. Консистенция шлихта должна быть равномерна, чтобы глубоко и однообразно проникнуть в нить.

Вещества, из которых шлихт должен готовиться, можно разделить на следующие группы: клеящие материалы, гигроскопические смягчители и антисептические. Главную роль в составе шлихта играет первая группа веществ, и в ней самым важным является крахмал, обычно применяемый в виде муки, чаще всего картофельной как более дешевой. Для того чтобы привести крахмал в растворимое состояние, применяют нек-рые вещества, к-рые называются в этом случае его расщепителями. К ним относятся: к-ты, кислые соли, щелочи, окислители и энзиматич. вещества—диастафор, биолоза и др. К-ты действуют при этом каталитически. Хлорная известь (часто применяемый расщепитель) требует точно определенного ее количества. Из щелочей чаще всего применяют соду и едкий натр (каустич. соду); энзимы так же, как и к-ты, действуют каталитически, но их действие прекращается при известной t° . Для того чтобы пряжа сохранила после Ш. гибкость, мягкость и не ломалась, в шлихт прибавляют смягчители: жиры животные и растительные, мыла, глицерин, воск, стеарин. Далее, для предотвращения высыхания основы на станке вводят гигроскопич. вещества: глицерин, щелочи, поваренную соль и пр. Наконец для избежания брожения в ошлихтованной пряже можно прибавлять антисептики: хлористый цинк, медный купорос, карболовую к-ту. Из других клеящих материалов следует упомянуть о мездряном или столлярном клеях, применяемых нередко в суконном производстве. Варка шлихта производится в особых баках, откуда он распределяется трубами по машинам. Обычно в бак наливают холодную воду, постепенно нагревают ее и небольшими порциями всыпают муку. При этом смесь необходимо все время размешивать,

для чего бак снабжается механич. мешалкой. Когда мука хорошо размешается, в полученную молочнуюобразную жидкость добавляют другие вещества и доводят t° до 95—100°, все время перемешивая. При этой t° и происходит варка, продолжительность которой зависит от состава шлихта и продолжается от 30 мин. до 1 ч. Вид бака с мешалкой приведен на фиг. 1. Размеры бака бывают различны. Для нагревания в него введен змеевик *a*. На некоторых фабриках вместо бака для варки применяют автоклав, в котором процесс ведут при высоком давлении. В таком случае крахмал может растворяться и в одной воде, но тогда клейкость его будет сравнительно невелика. Стандарт рецепта шлихта еще не установлен и их предлагается много.

Для примера приведем следующие рецепты. 1) Для хл.-бум. основ (шлихт из картофельного крахмала)—рекомендован Отделом рационализации ВТС и НИТИ. В бак вливается 300—400 л холодной воды, всыпается 100 кг крахмала, к-рый размешивается до однородного состояния. После этого добавляют воды до 2 000 л и подогревают до 25—30°. Затем пар останавливают, постепенно небольшой струей вливают 4 л хлорного раствора 7° В \acute{e} и перемешивают в течение 5—10 мин., пока смесь не делается прозрачной. Тогда в нее пускают пар, доводят t° до 100°. После 2—3 мин. кипения добавляют еще 1—2 л глицерина. 2) Шлихт из кукурузной муки для хл.-бум. шерстяных основ разработан в лаборатории Трехгорной фабрики; 100 кг муки замешивается в 1 400 л воды, затем приливают 4 кг серной к-ты 17° В \acute{e} . Смесь нагревают до кипения. После 5 мин. кипения вводят 10,8 кг каустич. соды 36° В \acute{e} и кипятят еще ок. 15 мин. Затем для нейтрализации щелочи вводят еще ок. 4 кг серной к-ты 17° В \acute{e} до получения слабощелочной реакции шлихта, наконец добавляют мягчители—глицерин или хлопковое масло.

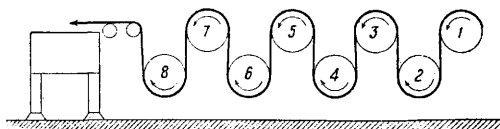
Всякая шлихтовальная машина должна состоять из рамы для помещения сновальных валиков—приемный орган машины,—части, в которой производится самое проклеивание,—



Фиг. 2.

клеильное корыто,—сушильного прибора, где высушивается проклеенная основа, наконец навивающей части, к-рая выпускает уже готовый ткацкий навои. Конструкций шлихтовальных машин много. Прежде всего их можно разделить на две большие группы: м а ш и н ы с с у ш и л ь н ы м и б а р а б а н а м и, где пряжа сушится по способу непосредственного соприкосновения с горячими поверхностями, и с с у ш и л ь н ы м и к а м е р а м и, в к-рых основа подвергается действию нагретого воздуха. Природные свойства волокна определяют особенности конструкций как отдельных частей машины, так и их взаимодействие. Главным отличием служит все-таки сушильный аппарат; остальные части по своему устройству принципиально разнятся очень мало. На фиг. 2 представлена схема барабанной шлихтовальной машины в продольном разрезе и в плане. Сно-

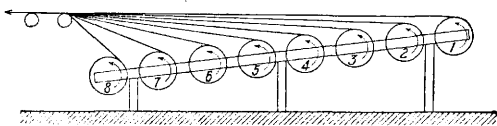
важные валики *I, II, III* с основой помещаются сзади машины на двух уровнях по высоте. С них пряжа направляется валиками *a, b, c* в корыто *k*, наполненное шликтом при известной t° . Пропитавшись шликтом, она проходит две пары отжимных валов oo_1, pp_1 , назначение к-рых при соответственно подобранном весе верхних валов заставить шликст проникнуть глубже в нити и одновременно удалить излишнее количество его; ошлихтованная пряжа подвергается сушке соприкосновением с горячими поверхностями барабанов *q* и *r* и отчасти действием вентиляторов *s*. Затем ее направляют роликами *g, h, d* и пропускают через ряд цен e_1, e_2, e_3, e_4 и e_5 , представляющих собою железные прутки, и через рядок, или гребень,



Фиг. 3.

t с металлич. зубьями для разделения склеившихся нитей и правильного их расположения по ширине полотна как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Далее на пути оклеенной пряжи помещаются мерильный и меточный приборы *u*, выпускной валик с вспомогательными *x* и *y* для изменения угла обхвата его, и наконец пряжа наматывается на ткацкий навой *z*.

Работа и конструкция деталей машины. Количество сновальных валиков 3—12, чтобы получить необходимое число основных нитей в ткани, составляет т. н. партию. Располагаются они для более удобного наблюдения и более правильного сматывания нитей на двух уровнях (фиг. 3), при этом нити с первого заднего валика направляются под низ второго, затем вместе с нитями второго идут по верху третьего и т. д., вращение валиков верхнего и нижнего уровней происходит в противоположном направлении. Гораздо реже валики помещаются на одном наклонном уровне (фиг. 4); тогда они все вращаются в одну

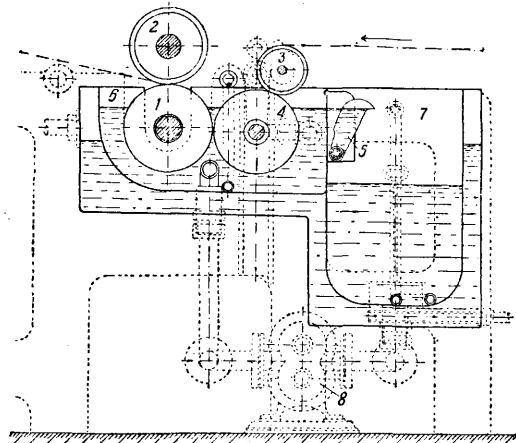


Фиг. 4.

сторону. Стойки для валиков состоят из двух боковых рам с кронштейнами вверх, на к-рых могут помещаться бабки с подшипниками для шипов валиков. Валики вращаются движением нитей; для правильности сматывания основы необходимо валики тормозить, чтобы выравнивать натяжение нитей и предотвратить забегание или отставание валиков друг от друга. Со сновальных валиков нити основы направляются в шликтовальное корыто двумя пустотельными валиками *a* и *b* (фиг. 2). Между ними помещается скалка *f*, назначение к-рой—поддерживать установленное натяжение нитей в случае его уменьшения, напр. при быстром останове машины. Иногда основа, при окрашивании ее на сновальных валиках, поступает на шликтовальную машину в сыром состоянии; тогда лучше ее перед поступлением в корыто подсушить с помощью отдельного сушильного

прибора, иначе она слабо пропитывается шликтом. Самый процесс Ш. совершается в шликтовальном корыте *k* (фиг. 2). В рассматриваемой схеме торцевыми стенками его служат боков. е рамы машины. Промежуток между последними заделан досками выпунт, и т. о. образуется ящик, стенки которого выкладывают листовой медью, чтобы предотвратить порчу дерева от действия горячего клея. Корыто перегородкой разделено на два отделения: свежий клей поступает сначала в отделение 1 и затем вниз под перегородкой проходит во второе отделение 2; в обоих из них имеются дырчатые трубы, через которые направляется пар; дырчатые трубы часто заменяют змеевиком. Этот способ подогревания клея дает возможность получить б. или м. равномерное его состояние в отношении t° и степени густоты, что очень важно для правильности процесса Ш. Корыто снабжается поплавком, соединенным с подводной шликст трубой и поддерживающим постоянный уровень его. Нити основы в корыте прежде всего проходят под опускным валиком *c* (фиг. 2), к-рый может перемещаться в вертикальном направлении и тем самым погружать основу в шликст на большую или меньшую глубину, изменяя в нем длину пути ее, что влияет на степень ее пропитывания. Размеры опускного валика бывают различны, что также изменяет длину и форму пути нитей в шликсте. Часто вместо сплошного валика ставится т. н. б а р а н, или скелетный валик, имеющий вид мотовила с медными полосами. Такое устройство способствует лучшему перемешиванию шликста, и при этом легче заметить оборвавшиеся нити. Из-под опускного валика основа идет через две пары отжимных валов. Нижние валы, наполовину погруженные в клей, бывают медные или чугунные, обложенные медью, верхние—чугунные. Первые приводятся во вращение принужденно, посредством вала и двух пар конич. шестерен *m* и m_1, m_2 и m_3 (фиг. 2) от передней части машины, вторые лежат на нижних свободно. Чтобы нити не сплюсцивались верхними валиками, а также чтобы действие их распространялось на большую часть периферии нитей, эти валики должны иметь упругую поверхность. Для этой цели их покрывают белилами и обертывают слоем миткаля и особой шерстяной фланели. По мере укатывания упругость покрывки уменьшается, клей отжимается в большей мере, тогда ее следует размотать и намотать вновь. Если при останове машины не принять мер предосторожности, то у отжимных валов по всей ширине полотна образуется полоса сгущенного шликста, к-рая быстро затвердевает и в качестве представляет очень большие затруднения. Во избежание этого, в случае непродолжительной поправки или смены навоя, применяют т и х и й х о д машины (см. ниже).—Если требуется полный останов, необходимо тотчас же приподнять верхние отжимные валы. Чрезвычайно важно для правильного процесса Ш., чтобы темп-ра и консистенция клея оставались все время и на всем пути основы в корыте постоянными. Для достижения этого в последнее время многие з-ды применяют корыто более совершенного типа. На фиг. 5 приведена конструкция шликтовального корыта з-да Рюти. Здесь мы видим также два отделения: 7—подготовительное и 6—рабочее. Шликст поступает в подготовительное отделение и отсюда насосом 8 непрерывно перекачи-

вается в рабочее, откуда через слив 5 стекает обратно. Слив может вращаться и удерживать уровень в рабочем отделении на определенной постоянной высоте. Подогревание шликта производится кипящей водой, циркулирующей между двойными стенками его. Валы 1 и 2—отжимные, 4—опускной и 3—направляющий; опускной валик имеет здесь



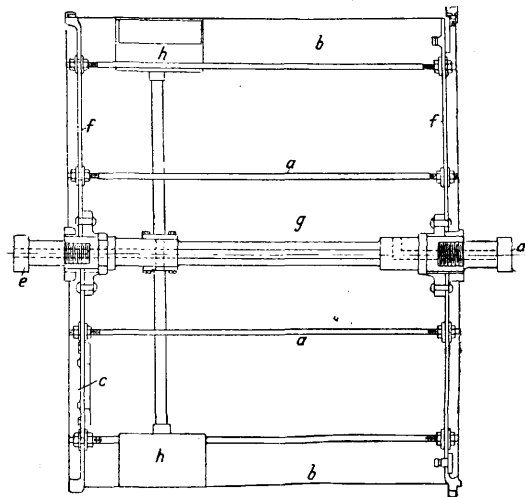
Фиг. 5.

большие размеры. З-д Атертон в медных отжимных валах устраивает винты, к-рые при своем вращении также заставляют усиленно циркулировать шликт в корыте. Америк. з-ды достигают постоянной t° шликта применением автоматических регуляторов ее. Для суровой кл.-бум. пряжи рекомендуется t° шликта в корыте 85—90°, для льняной 40—45°, для шерстяной ок. 55°. Между корытом и сушильным аппаратом ставят щеточный прибор для того, чтобы еще сырой шликт более равномерно распределить по поверхности нитей, пригладить выступающие концы волокон и по возможности удалить сор. Это достигает цели при тонких номерах пряжи, но в виду осложнения устройства машины, необходимости более внимательного ухода и некого понижения скорости это приспособление широкого распространения еще не получило.

Сушильный аппарат. В рассматриваемом типе машины таковым являются два барабана. Они представляют пустотелые, тонкостенные, клепаные из листовой меди цилиндры, укрепленные на железных осях (фиг. 6). Медная поверхность b приклепана к толстым железным боковым днищам f, f , к-рые винтами укрепляются на валу g . Для увеличения прочности днища соединяются между собой связями a . Цапфы вала d полые и снабжены сальниками. Через одну цапфу d в барабан входит пар из паропровода, через другую— e удаляется в водоствод конденсационная вода, к-рая собирается в барабанах ковшами h ; c —лаз для осмотра барабана. Цапфы опираются на ролики или шариковые подшипники. Диаметры барабанов разные: большего 1,5—2,0 м, меньшего—1,05—1,2 м. Чтобы полнее использовать горячую поверхность барабанов, т. е. получить больший угол обхвата их, основу направляют сначала через большой, а потом через малый. Иногда для той же цели вводят отдельные направляющие ролики. З-д Рюти для тонких и средних, но неплотных сортов тканей изготовляет шликтовальные машины и с одним ба-

рабаном. При двух барабанах нить сушится на одном барабане одной стороной, а на другом—другой, между тем как при однобарабанной машине сушка обычно производится только с одной стороны. Для основы разных номеров и разной плотности требуется различная степень сушки; это достигается изменением скорости движения нитей и t° барабанов. Последняя регулируется давлением пара в барабане, к-рое держится в пределах 1—1 $\frac{3}{4}$ atm, что соответствует t° пара 100—116°. Перед входом в барабан на паропроводе ставят редукционный и предохранительный клапаны, в барабане—пружинные клапаны, открывающиеся внутрь на случай образования в нем при останове вакуума, для предупреждения сплющивания барабана. Пар, выделяющийся при сушке, собирается отдельным колпаком, устраиваемым над барабаном, и удаляется вентилятором, что помогает просушке основы. Поверхности барабанов для более полного использования тепла должны сохраняться в чистоте. Боковые стенки их нередко покрываются изоляционным материалом для уменьшения потери пара. Сушить основу рекомендуют до воздушно-сухого состояния пряжи: хлопчатобумажную до 7—8% влажности, льняную до 6—7%, шерстяную до 10—11%.

С сушильных барабанов пряжа направляется роликами около вентилятора, к-рый ее охлаждает, и затем она проходит через цены. Назначение цен—разделить всю основу на число частей, соответствующее числу сновальных



Фиг. 6.

валиков, что облегчает правильный уход за нею, а также разъединить склеившиеся нити. Цены представляют собою железные прутки, сплошные или трубчатые, гладко отшлифованные. При заправке партии сновальных валиков между нитями каждых двух соседних валиков прокладывают шнурки и пропускают их вместе с движущейся основой через всю машину, а здесь на их место вкладывают цены. Т. о. последние разделяют основу на горизонтальные слои. Для той же цели разъединения, но только в вертикальном направлении, и для равномерного распределения нитей по ширине полотна служит ряд о к—гребень с металлич. зубьями; рядок делается раздвижным, чтобы иметь возможность изменять просветы между зубьями в зависимости от плотности основы.

Конструкций рядков много. Очень употребительная изображена на фиг. 7, где ряд медных пластинок—*ab*, *cd*, *de*, *bf*—на концах соединен между собой шарнирно и имеет кроме того в середине шарниры *g*, *h* для направления их вдоль прореза колодки *A*. Пластики могут сдвигаться и раздвигаться, и тем самым устанавливается требуемое расстояние между зубьями, укрепленными в них.

Высушенная и правильно распределенная по ширине основа проходит затем меточный и счетный приборы, выпускной валик и навивается на ткацкий навой. Линейная скорость движения основы д. б. равномерной; для этого вводят особую фрикционную передачу (фиг. 8), где *a*—ткацкий навой, *e*—диск на нем, в прорез к-рого входит палец *b*, закрепленный в шайбе *c*, к-рая закинута на валу *d*. На этом же валу закинута, но могут перемещаться вдоль шпонок два стальных диска *e* и *f*, оклеенных с обеих сторон фланелью или кожей и т. п. На втулках дисков *e* и *f* свободно сидят шестерни *m*₁, отличая за одно целое с тарелками *m*₂ и *m*₃ и получающая непрерывное вращение через зубчатую передачу от главного вала машины. С другой стороны дисков *e* и *f* на валу *d* свободно посажены диски *m*₄ и *m*₅. Всю систему дисков может перемещать вдоль вала вращающийся рычаг *g*, на конец которого с помощью ролика *h* оказывает давление груз *k*, помещенный на рычаге *i*. Благодаря такому устройству диски сжимаются и между ними возникает трение, к-рое увлекает во вращение диски *e* и *f* вместе с ними и навой, регулируя число его оборотов по мере увеличения диам. навоя. Степень натяжения основы устанавливается с помощью изменения положения груза *k* на рычаге *i*. В таком виде фрикционная передача действует все-таки не совсем правильно, и время от времени для поддержания установленного натяжения приходится перемещать груз *k*. В новейших конструкциях вводится особый механизм, состоящий из прижимного приспособления к навой, которое при изменении диаметра автоматически передвигает по рычагу груз, сжимающий диски.

Кроме приспособления, служащего для поддержания постоянной скорости движения основы, имеется еще прибор для правильной намотки ее на ткацкий навой в отношении степени плотности навивания. Он состоит (фиг. 9) из вала *a*, на к-ром на каждой стороне навоя сидит по подшипнику с двумя каточками *e* и *e*₁, а на них опирается скалка *b*. На валу *a* закрепляется еще рычаг *c* с грузом *d*. Перемещением груза *d*, к-рый прижимает скалку *b*, изменяют плотность навивки; *f*—мерильный валик, 1 и 2—вспомогательные валки. Движение шлихтовальной машины д. б. устроено т. о., чтобы можно было устанавливать требуемую

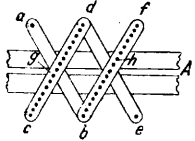
скорость движения основы и легко получать тихий ход. В машине завода Говард и Булло движение основы сообщается след. обр. (фиг. 10). На главном валу *h* сидят рядом три шкива: *f*—рабочий (заклинен на валу), *m*—сидящий свободно на валу и имеющий удлиненную втулку, на конце которой закреплена шестерня в 20 зубьев, и *g*—обычный холостой. На валу *h* имеется еще конич. барабан *a*, от к-рого ремнем передается вращение конусу *b*, заклиненному на валу *e*. Этот ремень посредством вилки можно передвигать вдоль барабанов, устанавливая на различных диаметрах, и тем самым получать желаемую рабочую скорость, соответствующую шлихтуемому сорту ткани. Шестерня *c* через посредство промежуточной

передает движение от вала *e* шестерне *d*, сидящей на фрикционной передаче, которая, как указано, поддерживает установленную скорость движения основы. Так будет совершаться движение машины, когда трансмиссионный ремень находится на шкиве *f*, если же перенести его на шкив *m*, то при посредстве двух зубчатых цилиндрических шестерен с 20 и 75 зубьями и двух пар конических с 20—40 и 16—45 зубьями последняя шестерня в 45 зубьев получит значительно замедленное движение. Она на валу *e* свободна, а на ней закреплена собачка *i*, передающая вращение храповику *k*, заклиненному на валу. В результате получается тихий ход всей машины. При нормальной работе храповик *k* обгоняет в своем вращении собачку *i*, и она скользит по его зубьям. При переводе трансмиссионного ремня с рабочего на холостой шкив, для останова или, обратно, для пуска машины, он проходит через тихий ход, отчего машина и приводится в движение и останавливается плавно.

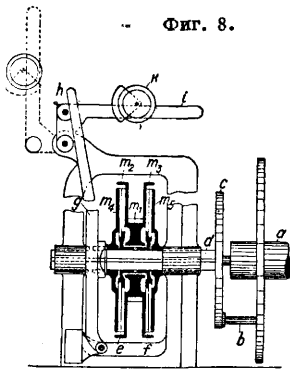
Изготавливаемая на ткацком станке ткань делится на куски заданной длины. Куски разделяют друг от друга метками и снимают со станка по выработке целого числа кусков. Такие метки

нанесут на шлихтовальной машине, для чего на ней устанавливают счетчик и маркирный прибор, действующие от т. н. мерильного валика.

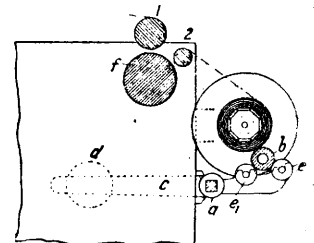
На фиг. 11 и 12 приведена схема маркирного, или меточного, приспособления для отметки целых и половин кусков. Два красочных валика *a*, *a* погружены в корытце с краской; над ними проходят



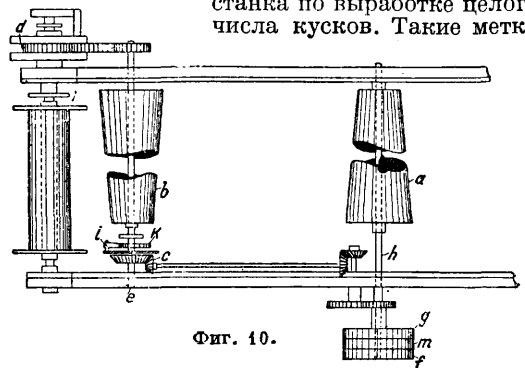
Фиг. 7.



Фиг. 8.



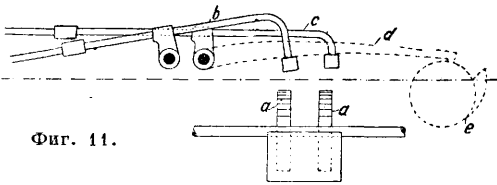
Фиг. 9.



Фиг. 10.

нанесут на шлихтовальной машине, для чего на ней устанавливают счетчик и маркирный прибор, действующие от т. н. мерильного валика. На фиг. 11 и 12 приведена схема маркирного, или меточного, приспособления для отметки целых и половин кусков. Два красочных валика *a*, *a* погружены в корытце с краской; над ними проходят

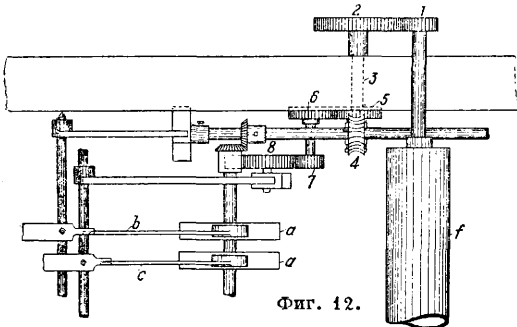
нити основы, а выше последних расположены молоточки *b* и *c*, каждый из которых вращается на общей оси с рычажком *d*, опирающимся своим концом на кулачок с уступом *e*. Падая с этого



Фиг. 11.

уступа, рычажок *d* благодаря упругости и инерции заставляет на мгновение опуститься и молоточек, который прижмет нити основы к красочному валуку, и так. обр. получится метка. Полный оборот кулачка соответствует длине или целого куска или полукуска. Кулачки получают вращение от мерильного валика *f*, соединенного с *e* через посредство шестерен 1, 2, 5, 6, 7, 8, червяка 3 и винтового колеса 4. Вводя в передачу сменные шестерни, можно изменять отмечаемую длину кусков. От мерильного же валика получает движение и счетчик. Обычно из оси одной из зубчатых передач к маркирным кулачкам устанавливается еще передача к циферблатной шестерне, против которой помещается неподвижно укрепленная стрелка, указывающая число прошедших через валик кусков. Конструкций счетчиков, соединенных с меточным приспособлением, имеется много. Некоторые из них устроены так, что при этом избегается применение сменных шестерен. Хотя эти счетчики и сложнее по устройству, но обслуживание их и установка на известную длину куска довольно просты и удобны.

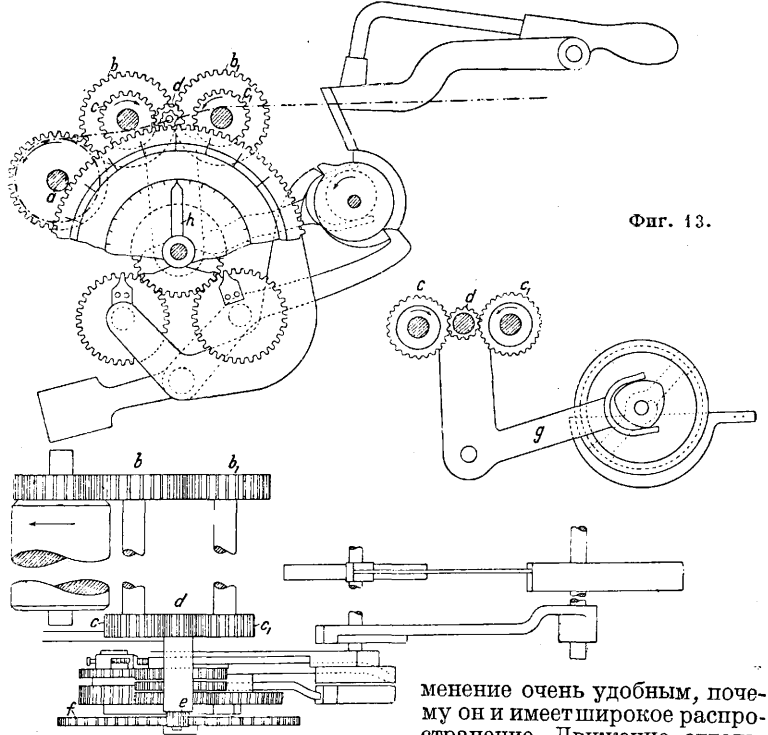
На фиг. 13 изображен т. н. дифференциальный счетчик системы Гиттона. На мерильном валике *a* имеется шестерня в 36 зубьев, передающая вращение шестерням *b* и *b*₁ по 35



Фиг. 12.

зубьев. Они сидят на двух валиках, способствующих более равномерному распределению основы. На противоположных концах этих валиков посажены шестерни *c* и *c*₁ по 30 зубьев. Между ними вставлена шестерня *d* в 15 зубьев на шпинделе в качающемся рыча-

ге *g*. На другом конце шпинделя имеется еще шестерня *e* в 7 зубьев, сцепляющаяся с циферблатным колесом *f* в 100 зубьев и 100 делений по кругу. При повороте *f* на 1 зуб через мерильный валик проходит длина в 1 дм. Далее особой передачей приводится во вращение стрелка *h*, для которой на циферблате сделан круг с 36 делениями, и еще несколько эксцентриков. В результате действия механизма после прохода длины основы в 1 кусок, которая устанавливается предварительно поворотом колеса *f*, шестерня *d* приводится рычагом *g* по очереди в сцепление с *c* и *c*₁; в этот же момент маркирный прибор наносит метки. Счетчик можно устанавливать с точностью до 1 дм.; установка проста, сменные шестерни отсутствуют; все это делает его при-

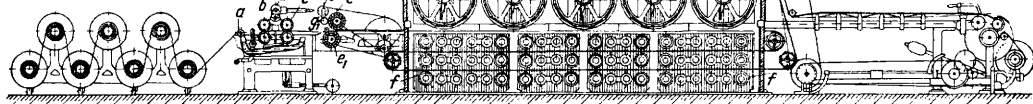


Фиг. 13.

менение очень удобным, почему он и имеет широкое распространение. Движение отдель-

ных частей машины производится от вала *e* (фиг. 10). От него, как мы видели, посредством зубчатой передачи вращается фрикционная передача; другая зубчатая передача приводит во вращение выпускной валик *f* (фиг. 12); последний в свою очередь с помощью конич. шестерен *n*, *n*₁, *m*, *m*₁ и *m*₂, *m*₃ (фиг. 2) вращает нижние отжимные валы. Остальные части — барабаны, мерильный валик, направляющие ролики и др. — приводит в движение проходящая через них основа. В некоторых конструкциях мерильный валик устанавливается между барабаном и ценами; в большинстве же случаев он выносится на передок машины. Нередко выпускной валик отсутствует, а на его место ставится мерильный валик *f* (фиг. 9), основа с него поступает прямо в ткацкий навой. Тогда вал для вращения отжимных валов идет от него, и передача подбирается т. о., чтобы их окружные скорости были одинаковы и отсутствовала бы вытяжка основы. Во всяком случае для правильного действия счетчика и меточного прибора не должно происходить скольжения нити по мерильному валику. С

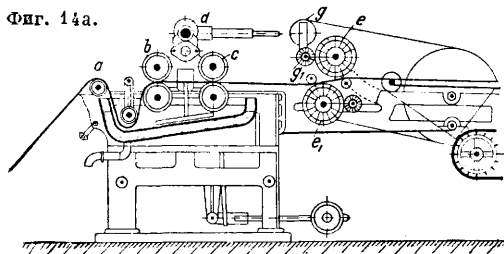
этой целью около него помещаются два валика, к-рые увеличивают угол обхвата его основой. Барабанам в более новых конструкциях часто сообщают также принужденное движение либо от моторного вала либо от передней части машины. Разница такого способа по сравнению с движением их самую основу заключается в следующем. Основа, приводя во вращение барабаны, испытывает б. или м. значительное напряжение, и в результате может получиться ее вытяжка, удлинение, что ухудшает ее свойства. Кроме того нити сплющиваются, что для ткачества является



также недостатком. Наконец тонкая пряжа будет с трудом выдерживать вызываемое напряжение, и число обрывов ее может увеличиться. С другой стороны, при принужденном движении основа может скользить по барабанам, и в этих местах шлихт может стираться. При таком устройстве является необходимость установить и поддерживать строгое соответствие в вытяжке основы во всех частях ее пути, для чего вводят добавочные конусы и дифференциальные приборы к барабанам и отжимным валикам, что усложняет как само устройство, так и наблюдение за ним; бывают случаи, когда принудительное движение барабанов дает отрицательные результаты, но правильно налаженное и при надлежащем уходе оно имеет безусловное преимущество.

Другой тип шлихтовальных машин—с камерной сушкой—отличается от барабанных в большинстве случаев только устройством сушильного аппарата; остальные части в обоих случаях почти одни и те же и по своему назначению и по устройству. Разница в действии сушильного аппарата следующая. При барабанной системе нити, непосредственно соприкасаясь с горячими поверхностями, высушиваются скорее, и производительность поэтому больше; но при этом проникновение

Фиг. 14а.



шлихта внутрь меньше и общее распределение его по поверхности менее равномерно. Быстрое высушивание может вызывать также и быстрое изменение в напряжении нитей, которое вообще в барабанной системе больше; это вредно отражается на свойствах пряжи. Наконец более высокая t° может отражаться и на структуре волокна, в особенности на шерсти, для которой $t^\circ 60 - 70^\circ$ считается уже предельной.

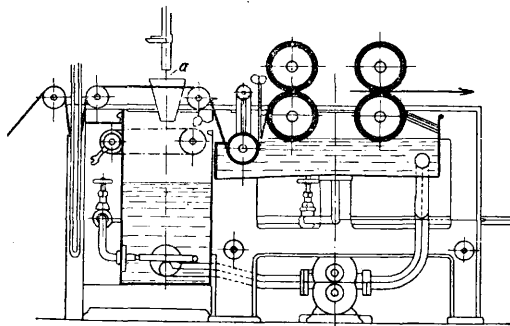
Шлихтовальная машина с воздушной сушкой применяется почти всегда в шерстяном производстве, часто в льняном,

при тонких номерах и крашеной основе в кл.-бум. производстве. На фиг. 14 и 14а представлена схема машины з-да Зуккер, имеющая очень большое распространение в фабричной практике. Со сновальных валиков пряжа валиком *a* направляется в корыто, в к-ром помещаются опускной валик (рифленный для лучшего проникновения шлихта) и две пары отжимных цилиндров *b* и *c*. Верхние валы кроме

Фиг. 14.

приспособление *d*; для подогревания клея введена паровая труба. Тот же з-д устраивает корыто и с запасным отделением подобно заводу Рюти (фиг. 15). Шлихт через воронку *a* наполняет запасное отделение и отсюда насосом перекачивается в рабочее, откуда его излишек все время переливается обратно, т. ч. происходит постоянная циркуляция, что имеет следствием более равномерную консистенцию его

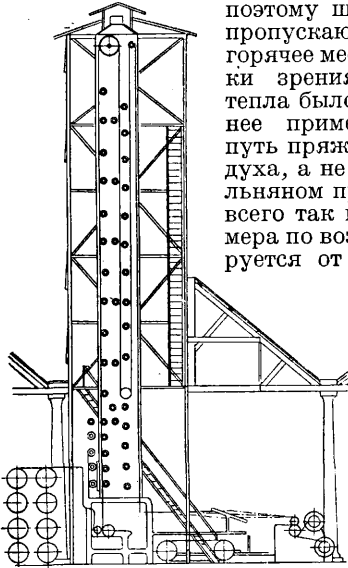
собственного веса имеют еще нагружающее приспособление *d*; для подогревания клея введена паровая труба. Тот же з-д устраивает корыто и с запасным отделением подобно заводу Рюти (фиг. 15). Шлихт через воронку *a* наполняет запасное отделение и отсюда насосом перекачивается в рабочее, откуда его излишек все время переливается обратно, т. ч. происходит постоянная циркуляция, что имеет следствием более равномерную консистенцию его



Фиг. 15.

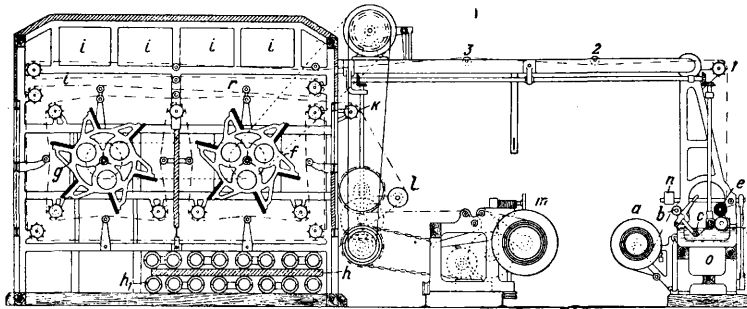
во всех местах. После корыта з-д обыкновенно ставит на пути основы вращающиеся щетки *e* и *e*₁ (фиг. 14 и 14а), которые приглатывают пряжу с обеих сторон, и валики *g* и *g*₁. После щеток основа идет в сушильный аппарат. Он представляет собою камеру, внизу которой располагаются батареи из ребристых паровых труб *f* (фиг. 14). Трубы размещены в три ряда и соединены в отдельные секции, чем достигается регулирование нагрева. В верхней части камеры имеются т. н. скелетные барабаны, свободно вращаемые проходящей через них пряжей, а внутри их принужденно вращаются ветряки, делая ок. 400 об/м. В самом веру расположен вентилятор, который гонит нагретый вниз воздух через всю камеру; снаружи воздух подводят через особые боковые отверстия. В то же время ветряки перемешивают воздух в камере, заставляя его циркулировать между нитями. Пряжа идет сначала между рядами горизонтальных труб, а затем обходит постепенно все скелетные барабаны и выходит из камеры (фиг. 14). Направляющие ролики вынесены из камеры для того, чтобы не быть горячими, иначе к ним может прилипать влажная пряжа. Такой

способ высушивания применяется чаще всего для шерстяной пряжи; шерсть более медленно, чем другие волокна, пропитывается водой, но также и высыхает более медленно, поэтому шерстяную пряжу пропускают сначала в самое горячее место камеры. С точки зрения использования тепла было бы целесообразнее применить встречный путь пряжи и горячего воздуха, а не параллельный; в льняном производстве чаще всего так и поступают. Камера по возможности изолируется от теплоизлучения; для наблюдения имеются в стенах окна. После камеры основа проходит направляющий ролик, цены, меточный прибор и через мерильный валик направляется на ткацкий навой.



Фиг. 16.

От мерильного валика с той же окружной скоростью приводятся в движение через моторный вал отжимные цилиндры. Форма камеры разными з-дами делается различной. Значительным недостатком машины с воздушной сушкой является громоздкость камеры, а отсюда большая занимаемая площадь. Поэтому иногда строят вертикальные камеры, в которых путь основы расположен в вертикальном направлении. На фиг. 16 дана схема камеры з-да Мазурель, Леклерк и К°. По такому же принципу сконструирована машина инж. Мирошниченко, которая испытывается в настоящее время на некоторых фабриках СССР. В суконном производстве как главную составную часть шлихта применяют часто клей. Для просушки таких основ строят т. н. клеильные машины. На фиг. 17

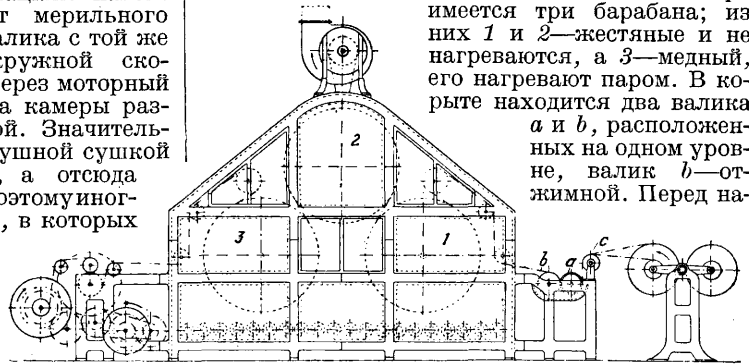


Фиг. 17.

приведена схема клеильной машины завода Шенгерр. Так как суконную пряжу снуют обыкновенно на ленточной машине, то получают сразу ткацкий навой. Навой *a* помещается около клеильного аппарата. Нити идут сначала через валик *b* в бак с клеем. Для поддержания его в жидком состоянии бак особым приспособлением подвешивается над баком *o*

с кипящей водой. В корыте основа проходит под опускным валиком *c* и между отжимными цилиндрами *d* и *e*, из к-рых последний прижимается грузом *n*. Затем основа посредством направляющих роликов *1, 2, 3* и ряда их в камере *r* проходит в последней зигзагообразный путь. После камеры она огибает валики *k, l* и наконец навивается на ткацкий навой *m*. Камера *r* перегородкой разделена на две части: в первой внизу имеются батареи из паровых труб *h*₁, нагревающих входящий через отверстие *h* воздух, а вентилятор *f* гонит его вверх, откуда он удаляется через отверстия *i*; во второй половине находится другой вентилятор *g*; он направляет снизу вверх холодный воздух, входящий также в боковые отверстия и уходящий вверх через *i*.

У неошлихтованного искусственного шелка во время ткачества б. или м. легко отлепляются составляющие его элементарные волокна, что служит причиной частых обрывов основы: поэтому при обработке искусственного шелка вводится процесс Ш. Благодаря новизне дела вполне целесообразная конструкция шлихтовальной машины для этого материала еще не выработана, хотя они выпущены уже многими з-дами. На фиг. 18 приведена схема машины з-да Рюти. Здесь в камере имеется три барабана; из них *1* и *2*—жестяные и не нагреваются, а *3*—медный, его нагревают паром. В корыте находится два валика *a* и *b*, расположенных на одном уровне, валик *b*—отжимной. Перед на-



Фиг. 18.

воем ставится направляющий валик *c* и ему сообщается кроме вращательного движения возвратно-поступательное для получения крестовой мотки. Воздушная сушка обходится дороже барабанной, но в последнее время в конструкции ее сделаны значительные усовершенствования, дающие ей возможность конкурировать с барабанной; к этому надо еще прибавить лучшее качество получаемой продукции. В хл.-бум. ткачестве применяют гл. обр. машины с барабанной сушкой (кроме тонких номеров и крашеной пряжи); в льняном применяют как барабанные, так и камерные машины, чаще всего последние; в шерстяном—почти исключительно камерные. Величина линейной скорости основы связана с природой волокна и с системой машины, с номером пряжи и плотностью основы. В среднем можно принять: для № 32 хл.-бум. пряжи при средней плотности основы—36 м/мин, № 24—32 м/мин, для льняной 12—25 м/мин для шерстяной 10—20 м/мин, для искусственного шелка 8—12 м/мин. Расход пара при Ш. очень

разнообразен в зависимости от его состояния, давления в паропроводе, режима работы барабанов или камеры, конденсационного устройства и т. п.; в среднем он колеблется в значительных пределах, составляя 1—3 кг на 1 кг ошлихтованной пряжи. Коэф. производительности шлихтовальных машин можно считать 0,75—0,80, смотря по скорости прохождения основы и ее качеству.

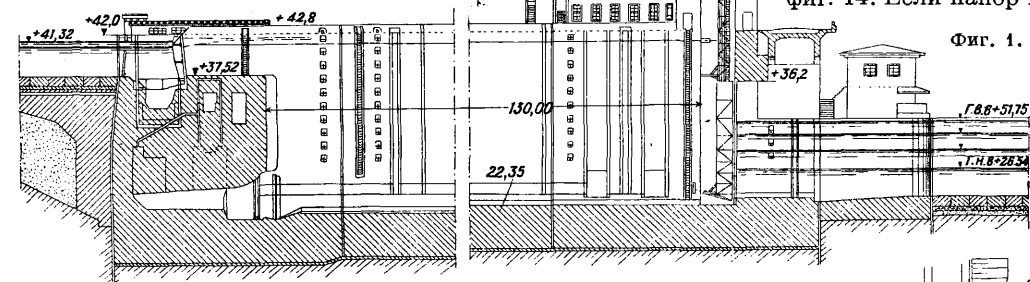
Лит.: Миколашеч К. и Маршин Х., Механика ткачества, вып. 1, Приготовительные работы ткачества, пер. с нем., М., 1928; Плешков И., Приготовительный отдел ткачества, М., 1914; Ганешин С., Технология волокнистых веществ, Подготовительные операции к ткачеству, П., 1915; Рабинович, Шлихтование основ, М.—Л., 1931; Kretschmer K., Die Schlichterei in ihrem ganzen Umfange, Wittenberg, 1927; Ruff E., Die Schlichterei, W.—Lpz., 1928; Schams J., Handbuch d. Schlichterei, 1908; Woodhouse T. a. Milne T., Jute a. Linen Weaving, L., 1914.

Н. Новиков.

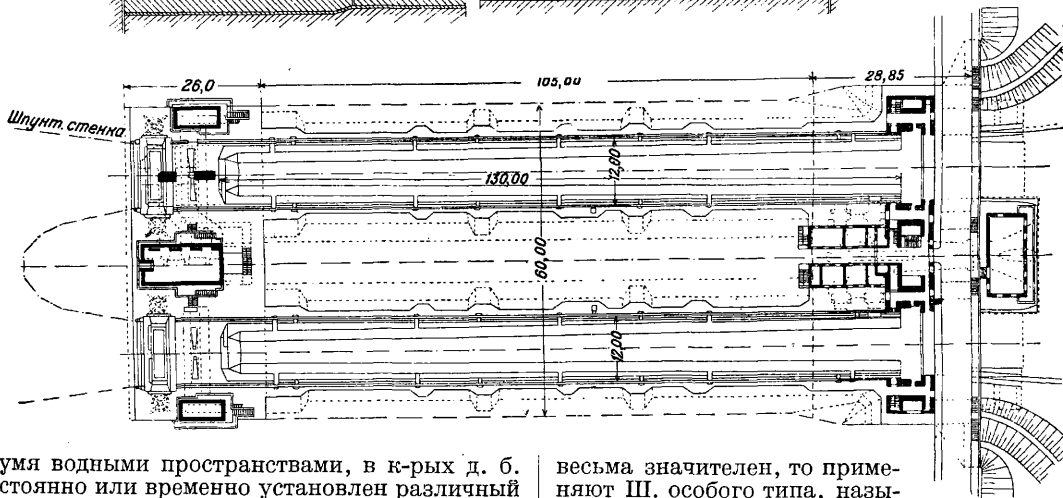
Шлюзы, гидротехнич. сооружения для предотвращения и образования сообщения между

Ш.—полушлюз—м. б. применяется и как самостоятельное сооружение на внутренних водных путях, гл. обр. в деривационных каналах для защиты камерных Ш. от затопления высокими водами или для ремонта Ш.; кроме того полушлюз применяют и в судоходных каналах на случай аварии особенно ответственных участков этих каналов, имеющих высокие насыпи или крупные искусственные сооружения; кроме того их применяют в этих каналах для защиты от угона воды ветром и для удаления откладывающихся в каналах наносов посредством промывания водой. Первые полушлюзы называют предохранительными, вторые промывными. В зависимости от помещения Ш. в реке или в канале их называют речными или канальными. Один из примеров расположения камерного Ш.—см. Гидроэлектрические станции, фиг. 14. Если напор на Ш.

Ш. в реке или в канале их называют речными или канальными. Один из примеров расположения камерного Ш.—см. Гидроэлектрические станции, фиг. 14. Если напор на Ш.



Фиг. 1.

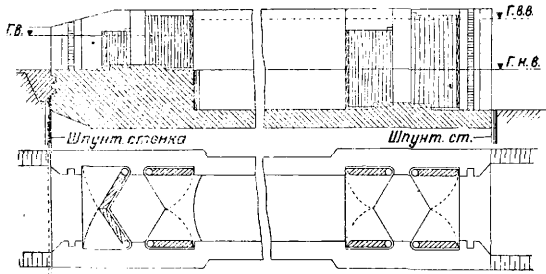


двумя водными пространствами, в к-рых д. б. постоянно или временно установлен различный уровень воды.

Ш. применяются гл. обр. для целей водного транспорта, а также и для мелиорации земель; первые называются камерными Ш., вторые Ш.-регуляторами. Ш., применяемые для водного транспорта, по их размерам и устройству значительно крупнее и сложнее применяемых для мелиорации земель. Ш., применяемые для внутреннего водного транспорта, употребляют для целей шлюзования рек при устройстве каналов и для связи различных водоемов между собой, напр. портовых гаваней с водным путем. Ш., применяемые для морского транспорта, употребляют для двух последних целей. Шлюз-регуляторы, применяемые для мелиорации, представляют собой водоподпорные сооружения, близкие по устройству к разборчатым плотинам (см.), закрываемые по преимуществу плоскими подъемными затворами реже сегментными. Одна из главнейших частей камерного

весьма значителен, то применяют Ш. особого типа, называемые ступенчатыми или многокамерными (см. Панамский канал, фиг. 6), головы к-рых между камерами принадлежат двум смежным камерам, либо применяют Ш. шахтные (фиг. 1), называемые так потому, что они имеют в нижней голове сплошную связь между стенами в виде поперечной стенки, называемой забральной. В нижней части ее устроено отверстие, служащее для прохода подвижного состава из нижнего бьефа в камеру или обратно. У нас многокамерные Ш. в числе 13 применены на Беломорско-Балтийском водном пути и при Днепровской гидростанции. Если через Ш. приходится пропускать исключительно большой грузооборот, преодолеть к-рый одним Ш. не оказывается возможным, то применяют несколько Ш. либо Ш. особого типа, вмещающие целый караван судов, а также Ш., состоящие из нескольких камер, располагаемых одна параллельно другой.

Если вследствие каких-либо причин напор на шлюзы может менять направление, когда горизонт нижнего бьефа поднимается выше горизонта верхнего вследствие прохода в нижнем бьефе высоких паводков или вследствие приливов, то применяют шлюзы с двусторонним напором; в таких Ш. устраивают в каждой голове вместо одних ворот двое (фиг. 2), из которых одни работают на напор в сторону одного



Фиг. 2.

бьефа, а другие на напор в сторону другого, либо применяют ворота особой конструкции, допускающие действие напора с обеих сторон; шиты, закрывающие водопроводные галереи Ш. этого типа, устраивают также работающими на напор с обеих сторон.

Если во всех шлюзах системы имеется одинаковая высота падения, то при проходе судов через эту систему в расчет принимается лишь расход воды в верховом Ш., точно так же как потери воды через шлюзные ворота учитываются лишь по отношению к верховому Ш., имея в виду, что эта вода протекает через все нижележащие Ш. и питает таковые. Ш. с большей высотой падения больше расходуют воды и разность этого расхода по отношению других Ш. должна быть восполнена в вышерасположенном участке водотока естественным путем или при помощи насосов. Ш. с меньшей высотой падения создают излишек воды в вышерасположенном участке водотока, причем этот излишек д. б. отведен в нижележащий участок водотока. При всем этом необходимо учесть также потери воды в самом водотоке вследствие испарения (см.) и просачивания (см.). Участки водотока, у которых уровень воды расположен ниже уровня подземных вод, питаются последними и могут иметь избыток воды, который д. б. устранен.

При расположении Ш. в общей шлюзовой системе необходимо соблюсти условие, чтобы одно наполнение Ш. понизило уровень воды в верхнем бьефе не более 3—5 см. Этим требованием определяется расстояние между двумя соседними шлюзовыми устройствами. Расход воды при шлюзовании зависит от числа пропускаемых в течение суток судов, от способа шлюзования и от устройства Ш. Если обозначить через V объем воды в Ш. между верхним и нижним бьефами, через D —водоизмещение одного судна, то расход воды выразится величиной $W = V \pm D$, причем знак $+$ соответствует подъему, а знак $-$ опусканию судна. При поочередном подъеме и спуске потребуются наполнять камеру Ш. лишь один раз для обеих операций, и расход воды будет равен $W = V$, полагая водоизмещения обоих судов равными. Для определения общего расхода воды Ш. принимают, что половина или одна треть всех пропускаемых через последние в ту и другую сто-

рону судов встретится у Ш. При пропуске через Ш. сверху вниз t судов, снизу вверх b судов и при числе встреч k расход воды выразится величиной

$$W = (V - D)(t - k) + (V + D)(b - k) + Vk = V(t + b - k) + D(b - t) \approx V(t + b - k).$$

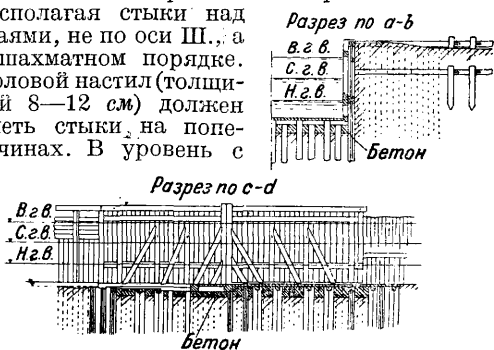
Расход воды Ш. может быть уменьшен также применением особых водосберегательных камер. К определенному вышеуказанным способом расходу воды следует прибавить еще потери, происходящие через шлюзные ворота вследствие неплотностей в них. Этот дополнительный расход м. б. принят равным 5 л/сек на 1 м высоты шлюзового падения.

Верховой участок канала д. б. по возможности так расположен, чтобы он питался водами, притекающими к нему с естественным падением. Наиболее целесообразно сооружать все Ш. одной системы с одной и той же высотой падения по причинам, рассмотренным выше. При расположении Ш. у плотин в местах поворота реки не следует Ш. сооружать у внутреннего берега, имея в виду передвижку большого количества песка здесь. С обоих концов Ш. устраивают предшлюзные гавани в виде расширенных участков канала на длину не менее наибольшей пропускной длины шлюза. В этих предшлюзных гаванях суда причаливаются в ожидании их пропуска через шлюз; причаливание д. б. такое, чтобы движение судов от места причала до шлюзной камеры происходило в прямолинейном направлении. Размеры камерного шлюза должны отвечать размерам наибольших пропускаемых через него судов с надбавками при канальных Ш. 0,2—1,5 м в ширину, 0,2—1,0 м в глубину, 3,0—10,0 м в длину, а при речных Ш. 0,2—1,5 м в ширину, 0,3—1,0 м в глубину и 4,0—10,0 м в длину. Меньшие величины надбавок являются обязательными, а большие величины являются желательными в целях ускорения хода шлюзования.

К о н с т р у к ц и я Ш. находится в тесной зависимости от материалов, из которых шлюз сооружается. В общем применение материалов и конструкций зависит от местных условий, от значения водного пути, интенсивности движения по нему судов, величины шлюза и от отпущенных на их постройку средств. Грунт, в котором предполагается соорудить шлюз, д. б. самым тщательным образом во всех отношениях исследован, чтобы иметь возможность выбрать подходящий материал, отдавая при этом предпочтение местным материалам. Материалами для постройки шлюза служат главным образом естественные и искусственные камни, цемент, песок, щебень, дерево и сталь.

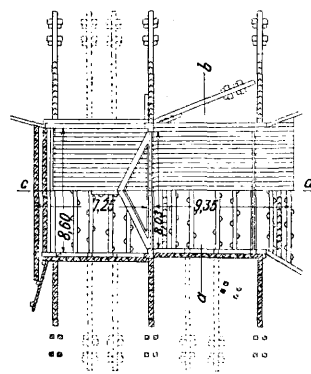
Д е р е в я н н ы е Ш. представляют собою первобытную форму Ш. Для укрепления подошвы Ш. применяют тот или иной тип *ростверка* (см.) в зависимости от местных условий. Против подмыва забивают поперечные *штунтовые стенки* (см.), располагаемые перед верхней и нижней головными частями Ш. и под шлюзным порогом (дремпелем). Деревянный настил ростверка служит вместе с тем дном шлюзной камеры. Все части ростверка д. б. настолько прочно соединены между собой, чтобы они могли сопротивляться взвешивающему давлению воды. При расположении ростверка на сваях последние забивают в следующих местах в меньшем расстоянии друг от друга: вблизи бо-

ковых стен, в головных частях Ш. и непосредственно позади дремпелей. На сваи насаживаются поперек оси Ш. основные балки (поперечины). При большой ширине Ш. поперечины стыкуют, располагая стыки над сваями, не по оси Ш., а в шахматном порядке. Половой настил (толщиной 8—12 см) должен иметь стыки на поперечинах. В уровне с



Фиг. 3а.

половым настилом в расстоянии 1,5 м друг от друга располагают продольные схватки толщиной 18—24 см, уложенные, как и доски полового настила, параллельно оси шлюза. При больших размерах продольных схваток и выпуске их сверх поверхности полового настила промежутки между схватками поверх пола заполняют каменной кладкой. При большом взвешивающем давлении полового настила крепят прижимными балками. Эти балки укладывают над поперечинами поверх пола, подводя



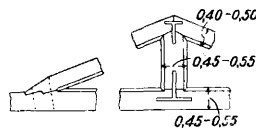
Фиг. 3б.

концы их под боковые стенки и стягивая с поперечинами. Промежутки между прижимными балками поверх пола часто заполняют каменной кладкой в уровень с поверхностью прижимных балок. Выравнивание пола каменной кладкой способствует сопротивлению настила взвешивающему давлению. В малых Ш. прижимные балки отсутствуют.

Шпунтовые стенки, защищающие Ш. от размыва грунта под ними, д. б. плотно соединены с ростверком. Эти поперечные (относительно оси Ш.) шпунтовые стенки удлиняют по обе стороны боковых стен Ш. в виде крыльев с более высоким расположением их верхнего края (фиг. 3а и 3б). Б. ч. поперечные шпунтовые стенки под дремпелями сооружают между двумя рядами свай (забивая сначала шпунтовую стенку, а затем указанные ряды свай) и сболчивают с основными поперечными балками для прочного соединения с ростверком. Все неплотности заполняются дубовыми клиньями. Свободно стоящие шпунтовые стенки скрепляются общей насадкой. Продольные шпунтовые стенки при свайном ростверке не являются необходимыми; потребность в них является при постройке Ш. в условиях сильного напора воды. При сильно пропускающем воду илстом или торфянистом грунте удаляют грунт под половым настилом на глубину 60 см, заменяя его глиной, тщательно и плотно утрамбованной и доведенной до нижней поверхности полового настила настоль-

ко, чтобы последний вплотную прилегал к глиняной постели (с заполнением глиной всех неплотностей в настиле). Глина д. б. однородного состава. Заполнение освобожденного пространства бетоном не достигает той же цели, а сухим щебнем и т. п. является вредным.

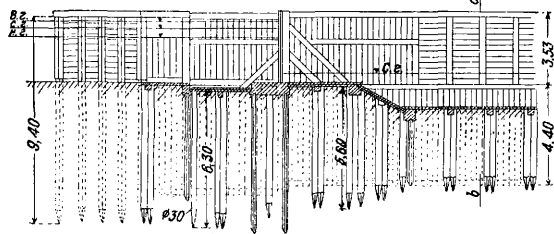
Особенно тщательно д. б. изготовлен дремпель (король), к-рый должен сопротивляться действию горизонтальных сил давления воды и образовать с затвором непроницаемое соединение. Дремпель состоит из нескольких дубовых брусьев, скрепленных между собою болтами и накладками (фиг. 4). Обычно дремпель лежит на половом настиле, возвышаясь над таковым в среднем на 40 см. При наличии прижимных балок располагают в воротных камерах на длину дремпеля поверх полового настила прижимные доски, пригоняя их вплотную одну к другой, и поверх их укладывают дремпель. Боковые стены Ш. конструируют по типу деревянных подпорных стенок. Стены эти должны иметь хорошие анкерные закрепления, чтобы они в полной мере могли сопротивляться действующим на них усилиям (горизонтальным давлениям земли и воды). В конструктивном отношении боковые стены д. б. так сделаны, чтобы они легко допускали смену деревянных частей, подверженных гниению (находящихся в переменных условиях в отношении их пребывания в воде). На фиг. 3а, 3б и 5 даны верхние головные части деревянных Ш.



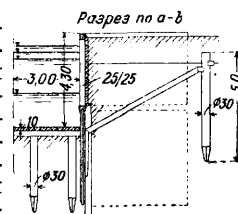
Фиг. 4.

Полумассивные Ш. имеют обыкновенно большие размеры и больший вес, чем деревянные, и сооружаются для большей высоты па-

дения, а потому все составные части этих Ш. делают более солидными, чем у деревянных Ш. Свайный ростверк под боковыми стенами имеет более солидную конструкцию. Чтобы придать этим стенам большую устойчивость, рекомендуется продольные схватки ростверка под стенами

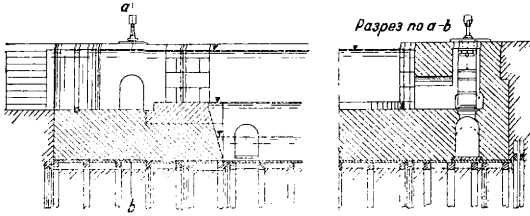


взять таких размеров, чтобы они возвышались над настилом ростверка на толщину одного или двух кирпичей; каменная кладка стен, начатая с настила, будет при этом иметь опору против бокового сдвига. При наличии прижимных балок такие подводят приблизительно на 60 см под боковые стены. Если дремпель деревянный, то он заходит на столько же за внутренние поверхности боковых стен. Однако обыкновенно дремпель делают из камня. Часто



Фиг. 5.

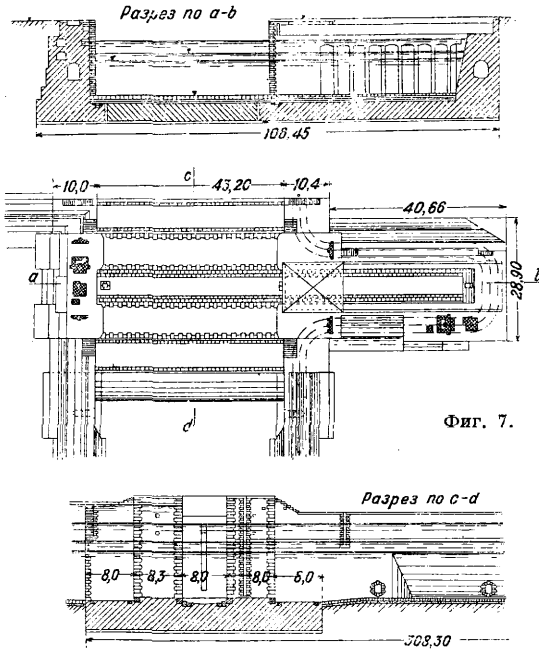
половой настил ростверка перекрывают в пределах дна Ш. обратным сводом, способствующим устойчивости боковых стен Ш. В послед-



Фиг. 6.

нем случае полумассивные Ш. приобретают характер массивных, причем конструкция стен первых почти ничем не отличается от таковой последних.

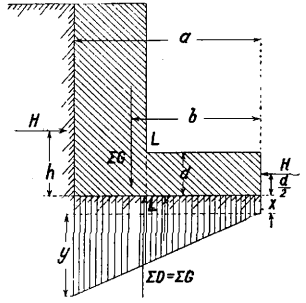
М а с с и в н ы е Ш. (фиг. 7) имеют боковые стены и дно каменные (бетонные и железобетонные) и притом разнообразной конструкции. Напряжения, возникающие в стенах и дне Ш., зависят от указанных выше внешних сил и кроме того от конструктивных особенностей и от способа выполнения работ. Стены м. б. возведены во взаимной связи с дном или свободно соприкасаются с последним; стены м. б.



Фиг. 7.

также построены независимо от дна. Во всех этих случаях в частях постройки будут возникать различные напряжения. Если между камерной стеной и дном шлюзной камеры имеется раздельный шов, то стена Ш. рассчитывается, как *подпорная стенка* (см.). Горизонтальный раздельный шов имеет место, когда камерные стены возводятся на готовой плите, служащей дном камеры и основанием для ее стен. Более целесообразными являются вертикальный и наклонный раздельные швы. Первый применяется при одновременном сооружении стенок и дна, а второй в тех случаях, когда сначала бетонируют и засыпают камерные стены, а дно делают после того, как стены дали основную осадку. Косой раздельный шов препятствует

подъему дна взвешивающим давлением при опорожненном Ш. При вертикальном раздельном шве дно Ш. должно быть настолько тяжелым, чтобы его вес в полной мере уравновешивал взвешивающее давление воды. По Франциусу при большой толщине камерного дна реакция грунта м. б. принята равномерно распределенной. При расчете рассматривают одну половину поперечной полосы Ш. в 1 м ширины. Давление земли на стену Ш. принимается горизонтальным. При опорожненной камере на поперечное сечение Ш. будут действовать вес сооружения, реакция грунта и взвешивающее давление воды. При песчаном и гравелистом грунтах взвешивающее давление будет соответствовать той величине, к-рая определяется из условия полной высоты уровня подземных вод над подошвой котлована. При плотной скале или глинистом грунте и плотном прилегании дна Ш. к таковым взвешивающее давление будет меньше. Взвешивающее давление заменяет собою реакцию грунта частично или полностью и учитывается лишь в размере, превышающем реакцию грунта. Действующие на поперечное сечение Ш. при опорожненной камере вертикальные силы—вес G сооружения и давление D грунта и воды на подошву Ш.—должны взаимно уравновешиваться. Горизонтальные силы, действующие на то же сечение Ш. (давление земли и подземных вод на стену Ш.), должны в свою очередь уравновешиваться некоторой силой H . Когда камера заполнена водой, то к перечисленным силам присоединяются еще: давление воды на внутреннюю поверхность камерной стены и вес воды, к-рые д. б. также учтены при расчете. В зависимости от степени наполнения водой шлюзной камеры сила H меняет свое положение, величину и знак. Когда на Ш. не действуют подземные воды и Ш. расположен на сжимаемом грунте, то при порожнем Ш. силу H принимают приложенной в середи-



Фиг. 8а.

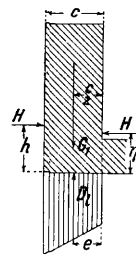
не среднего шва шлюзного дна (фиг. 8а). Давление на грунт x и $(x+y)$ определяется из силового ур-ия:

$$xa + \frac{ya}{2} = \Sigma G$$

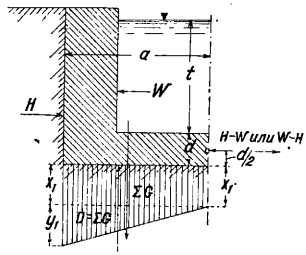
и моментного ур-ия:

$$\Sigma Gb - \frac{xa^2}{2} - \frac{ya^2}{3} - H \left(h - \frac{d}{2} \right) = 0.$$

Давление в среднем шве в m/m^2 : $\sigma = \frac{H}{a}$. Наи-



Фиг. 8б.



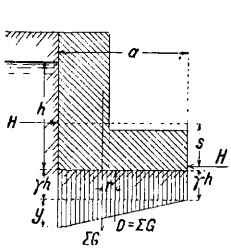
Фиг. 8в.

большее давление на грунт равно $(x+y) \text{ т/м}^2$, если все величины выражены в т и м . Распределение давления на шов LL выясняется из равенства (фиг. 8б):

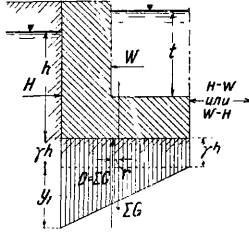
$$G_1 \cdot \frac{c}{2} = H(h-\eta) + D_{\text{в.с.}}$$

Если при тех же условиях, как в предыдущем примере, Ш. наполнен водой, то силу $(H-W)$ предполагают также приложенной в середине среднего шва шлюзного дна (фиг. 8в). Напряже-

удовлетворяют тем же условиям, какие предъявляются к этим плотинам. Одним из основных условий является защита от *фильтрации* (см.) воды, что достигается соответственным уплотнением грунта. Если последний допускает забивку шпунтовых стенок, то сооружают тако-



Фиг. 9а.

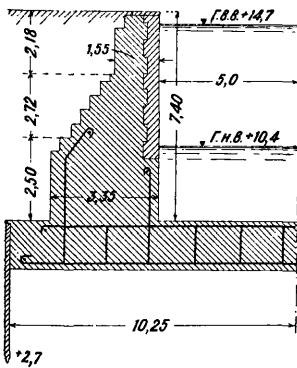


Фиг. 9б.

ния получаются растягивающие или сжимающие в зависимости от того, получается ли величина $(H-W)$ меньшей или большей нуля. В остальном расчет идентичен с предыдущим. Когда Ш. подвержен действию подземных вод при полной пропускной способности грунта, то при порожнем Ш. (фиг. 9а) давление на грунт в середине приравняют полному напору подземной воды. Величина y определяется из равенства

$$\frac{y + \gamma y h}{2} a = \Sigma G,$$

где все выражено в т и м . Наибольшее давление на грунт равно $(h+y) \text{ т/м}^2$. Величина s най-



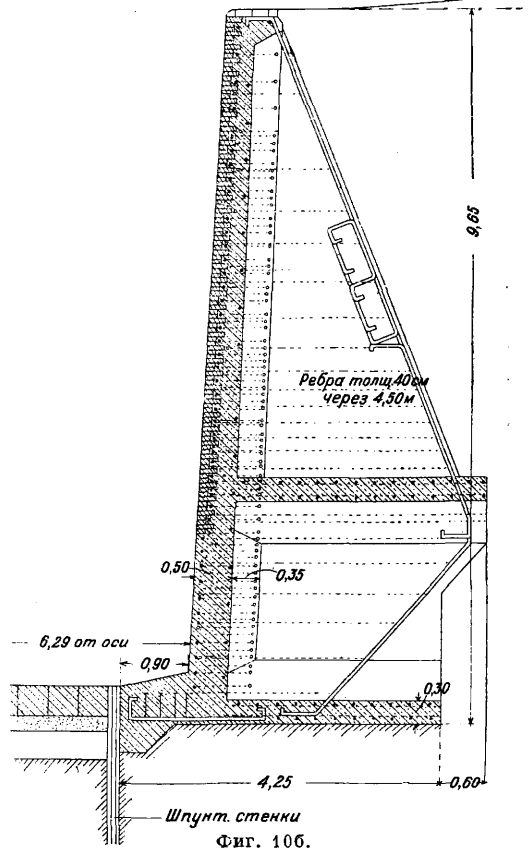
Фиг. 10а.

дется из выражения $s \cdot H = \Sigma G \cdot r$. В остальном расчет ведется, как выше. При тех же данных, как и в предыдущем примере, но при наполненном водою шлюзе (фиг. 9б), исходят из тех же предположений, как раньше; и здесь $(H-W) <$ или > 0 . Если $h > t$, то $(H-W) > 0$.

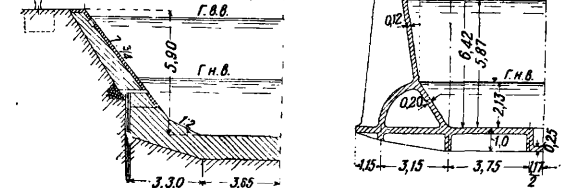
Когда внутри боковых стен Ш. устраивают продольные каналы, то при расчете стены сначала выявляют распределение усилий в горизонтальном сечении непосредственно над каналом. Найденные усилия распределяют на обе части стены по бокам канала и доводят линии давлений до горизонтального сечения, совпадающего с низом обводного канала. В дальнейшем усилия, действующие на швы, определяют, как в нераздельной кладке. Этот способ неточен, но достаточно надежен. На фиг. 10а, 10б, 10в и 10г изображены характерные конструкции поперечного сечения массивных Ш. Этими конструкциями не исчерпываются все возможности в отношении рационального проектирования шлюзных стен и дна.

Головные части всякого Ш. представляют собою по существу не что иное, как тип разборчатых *плотин* (см.), и потому эти части должны

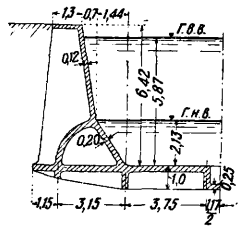
удовлетворять тем же условиям, какие предъявляются к этим плотинам. Одним из основных условий является защита от *фильтрации* (см.) воды, что достигается соответственным уплотнением грунта. Если последний допускает забивку шпунтовых стенок, то сооружают тако-



Фиг. 10б.



Фиг. 10в.

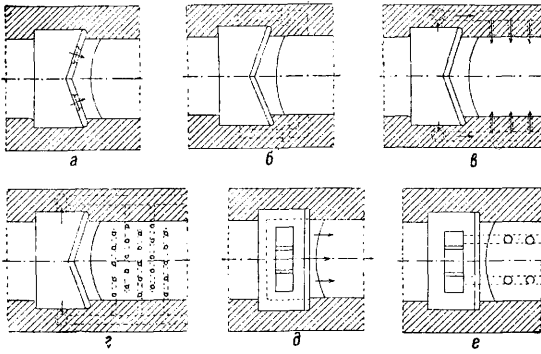


Фиг. 10г.

углубления канала без перегородки головных частей шлюза. В верхней головной части дремпель расположен значительно выше дна шлюзной камеры.

В головных частях Ш. предусматривают устройства для наполнения и опорожнения шлюзной камеры. Наиболее старым и простым устройством являются клинкеты (фиг. 11,а). От этого устройства в свое время отказались вследствие образования в камере сильных течений воды, представлявших затруднения при

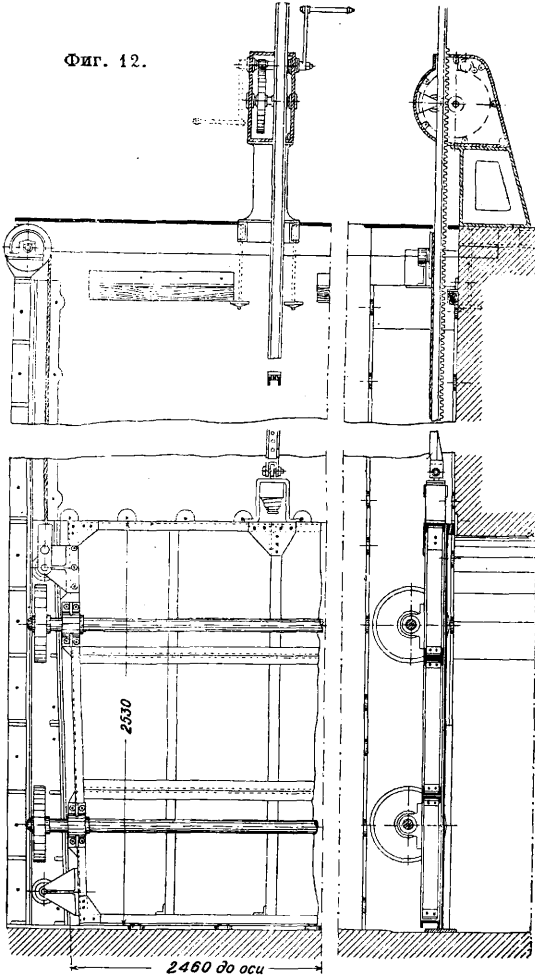
шлюзовании. Но все другие устройства с уменьшением скорости притекания воды оказались дорогими, вследствие чего теперь опять возвра-



Фиг. 11.

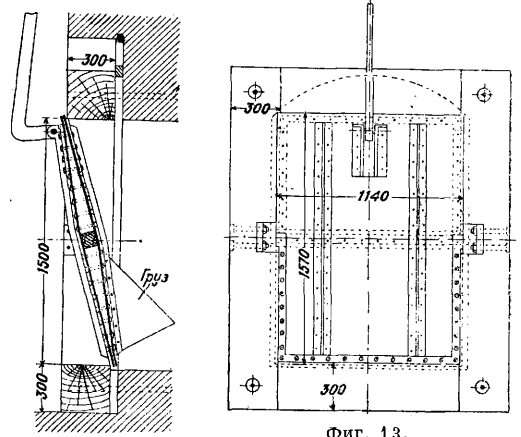
щаются к способу одностороннего наполнения и опорожнения шлюзной камеры; в виду этого клинкетты приобретают опять значение. Для закрытия отверстий в шлюзных воротах применяют обыкновенные задвижки, регистровые

Фиг. 12.



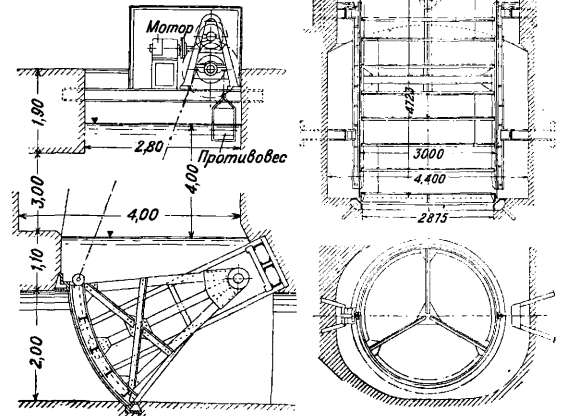
или кулисные задвижки и вращающиеся клапаны. При других устройствах, в отличие от первого, наполнение и опорожнение шлюзной камеры происходят через обводные каналы, по

к-рым вода пропускается сбоку шлюзных ворот или под ними. Простые обводные каналы (фиг. 11, б и в) оканчиваются непосредственно за шлюзными воротами и располагаются отверстиями друг против друга с целью погашения энергии изливающейся с двух противоположных сторон воды. В нек-рых других устройствах



Фиг. 13.

для уничтожения энергии воды применяют успокоители в виде бассейнов, расположенных под дном затворной камеры (фиг. 11, г, д и е). Наиболее спокойное наполнение и наименьшие продольные течения воды достигаются в тех устройствах, в к-рых вода притекает из отдельных выпусков, расположенных в стенах или в дне шлюзной камеры и соединенных с обводными каналами. Эти устройства однако обходятся дорого и применяются только в очень

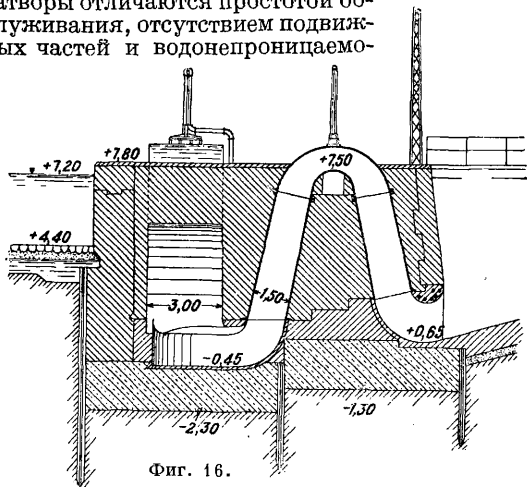


Фиг. 14.

Фиг. 15.

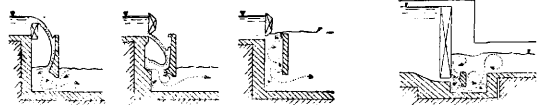
больших Ш., где приходится считаться с временем, необходимым для наполнения водою шлюзных камер большого объема. В качестве затворов обводных каналов, расположенных б. ч. в боковых стенах головных частей Ш., реже в их дне, применяют шитовые затворы, скользящие (при малых напорах) или катковые (при больших напорах, фиг. 12), клапанные затворы в виде вращающихся клапанов (фиг. 13), сегментные затворы (фиг. 14). Для подъема и опускания затворов обводных каналов служат различные механизмы (фиг. 12, 14, см. также *Панамский канал*, фиг. 9), приводимые в движение от руки или электромоторами.

Когда вода отводится через вертикальную шахту, то применяют цилиндрич. затворы (фиг. 15). При большой глубине воды обыкновенные цилиндрич. затворы становятся тяжелыми, почему в этих случаях применяют укороченные цилиндрич. затворы. При Ш. с водосберегательными камерами применяют многоступенчатые цилиндрич. затворы. Помимо открытых цилиндрич. затворов имеют применение также закрытые цилиндрич. затворы (см. *Панамский канал*, фиг. 10), занимающие мало места и устраняющие присасывание воздуха. На фиг. 16 изображен сифонный затвор. Эти затворы отличаются простотой обслуживания, отсутствием подвижных частей и водонепроницаемо-



Фиг. 16.

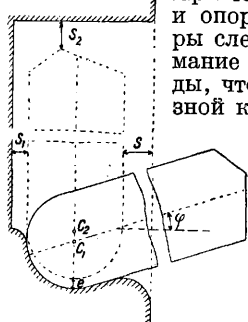
стью. Вершина сифона может лежать выше или же ниже горизонта подпруживаемой воды. В первом случае сифон приводится в действие высасыванием из него воздуха; во втором случае действие сифона прекращается нагнетанием



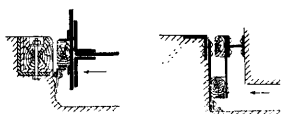
Фиг. 17а.

Фиг. 17б.

в него воздуха. Наполнение и опорожнение шлюзной камеры м. б. произведено также непосредственным опусканием или подъемом воротного затвора. Для указанной цели пригодны шитовые, сегментные и вальцовые затворы. При таком способе наполнения и опорожнения шлюзной камеры следует обратить особое внимание на погашение энергии воды, чтобы течения воды в шлюзной камере не повредили суда.



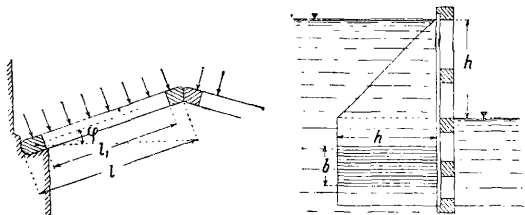
Фиг. 18.



Фиг. 19.

Ш. для наполнения, а на фиг. 17б — для опорожнения шлюзной камеры посредством манипуляции с воротным затвором. Размеры устройств для наполнения и опорожнения Ш. за-

висят от величины шлюзной камеры и от требуемого срока выполнения этих операций. При определении времени наполнения Ш. принимают, что горизонт воды в Ш. повышается на 2÷5 см в 1 ск. Время t , необходимое для наполнения шлюзной камеры при расположении

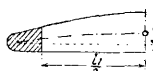


Фиг. 20.

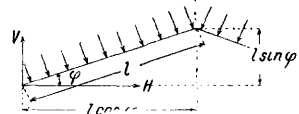
отверстий наполнительных каналов под водой, определяется из выражения

$$t = \frac{2Fh}{\mu f \sqrt{2gh}}$$

где F — площадь основания шлюзной камеры в m^2 , h — высота падения воды Ш. в m , f — площадь сечения отверстий в m^2 , μ — коэф. расхода: для остроночечных отверстий $\mu \approx 0,60$, для закругленных отверстий $\mu \approx 0,80 \div 0,90$. Для коротких обводных каналов применяется та же



Фиг. 21.



Фиг. 22.

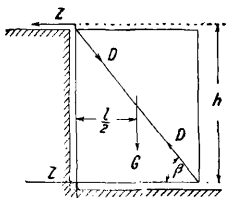
ф-ла, но $\mu = 0,4 \div 0,5$. Длинные обводные каналы рассчитываются, как обыкновенные каналы или *трубопроводы* (см.). Практич. отношение $\frac{F}{f} = 200 \div 250$. Если ц. т. отверстия наполнительного канала находится на высоте h_1 над уровнем воды в шлюзной камере, то время наполнения t_1 до этой точки определится из уравнения

$$t_1 = \frac{Fh_1}{\mu f \sqrt{2g(h-h_1)}}$$

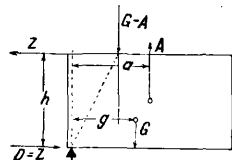
а остальное время найдется из выражения

$$t_2 = \frac{2F(h-h_1)}{\mu f \sqrt{2g(h-h_1)}}$$

Из этих ур-ий м. б. определена при заданном времени наполнения величина f . При наличии выпусков (выпускных каналов) из обводных каналов этим выпускам дают общее сечение 1,5 f



Фиг. 23.



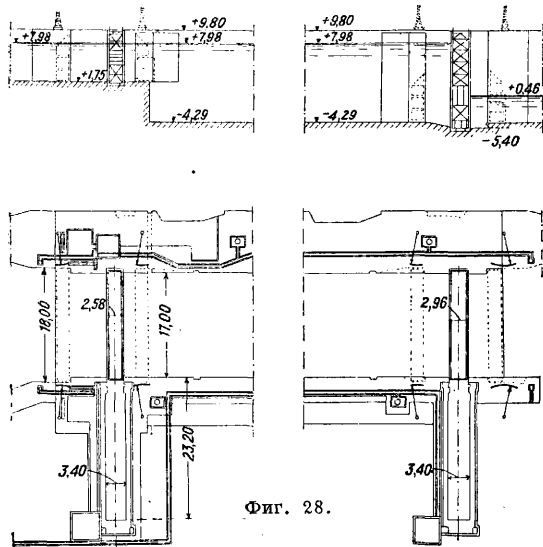
Фиг. 24.

при сечении f обводного канала. Воротные затворы следует открывать, когда разность уровней в верхнем бьефе и в камере Ш. будет равна 0,1—0,2 м, чтобы тем самым ускорить наполнение шлюзной камеры, имея в виду, что в конце этой операции наполнение происходит очень медленно по сравнению с притоком воды в шлюзную камеру в начале. Для вычисления

Отсюда:

$$H = \frac{pl}{\sin \varphi} \left(\cos^2 \varphi - \frac{1}{2} \right).$$

При $\varphi = 45^\circ$ величина $H = 0$. Из практич. соображений берут $\text{tg } \varphi$ в пределах $0,2 < \text{tg } \varphi < 0,4$; в среднем $\text{tg } \varphi = \frac{1}{3}$. Если створчатые шлюзные ворота открыты (фиг. 23), то $Z = \frac{Gl}{2h}$, вследствие



Фиг. 28.

чего верхнее анкерное закрепление д. б. расположено возможно высоко. Напряжение в тяже

$$D = \frac{G}{2 \sin \beta}.$$

Расчет ведут на наибольшее G , не учитывая потерю веса в воде. Учитывая взвешивающее давление A воды на ворота, получим выражение (фиг. 24):

$$Z = \frac{G \cdot g - A \cdot a}{h}.$$

При движении створчатых шлюзных ворот растягивающее усилие K (в кг) по Ландсбергу:

$$K = \frac{\cos \varphi}{4a} [l(3P_1 + 2P_2) + \mu(Gd + 2Zd_1)],$$

где l —ширина одного полотнища ворот в м, $P_1 = 75 Fv^2$ (гидравлическое давление в кг), $P_2 = 1000 F\Delta$ (гидростатич. давление в кг), Δ —разность уровней воды впереди и позади движущихся полотнищ шлюзных ворот, F —погруженная в воду площадь этого полотнища в м², v —скорость движения шлюзных ворот в расстоянии $\frac{l}{2}$ от оси вращения в м, G —собственный вес шлюзных ворот в кг, Z —действующая в воротных цапфах горизонтальная сила в кг, d —диам. нижней (пятовой) цапфы в м, d_1 —диам. верхней (шейной) цапфы в м, $\mu \approx 0,4$ (коэф. трения в цапфах), a —расстояние точки приложения усилия K от оси вращения в м, φ —угол, образуемый направлением усилия K с нормалью к поверхности шлюзных ворот. Створчатые шлюз-

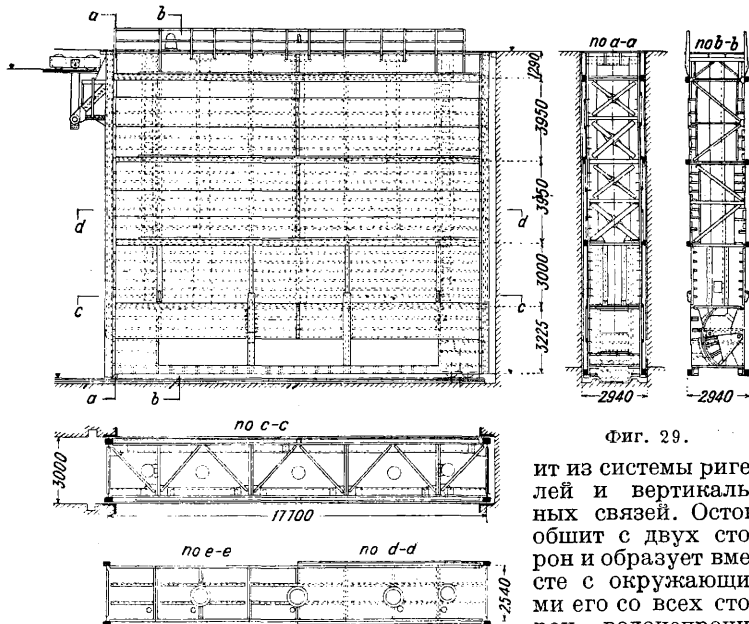
ные ворота д. б. спроектированы так, чтобы при полуоткрытых воротах было $\varphi = 0$. В отличие от рассматриваемых ригельных ворот имеются ворота, у к-рых давление воды передается не на ригели, а на стойки. Последние связываются двумя ригелями, которые передают давления в воротные ниши. На фиг. 25 показано одно крыло деревянных створчатых ворот. Одну из конструкций стальных створчатых ворот см. Панамский канал.

Откидные шлюзные ворота представляют собой щит, вращающийся на горизонтальной оси. На фиг. 26 изображен один из типов деревянных откидных шлюзных ворот, а на фиг. 27—откидные ворота из стали. Остов откидных шлюзных ворот состоит из двух или более горизонтальных ригелей, соединенных между собой вертикальными стойками. Эта система стержней остова обшивается с двух сторон деревом в деревянных воротах или листовой сталью в стальных воротах. Пространство между двумя обшивками деревянных откидных ворот заполнено частично камнем для получения надлежащего наклона (ок. $\frac{1}{10}$) ворот. В стальных откидных воротах устраивают воздушные ящики. Ворота приводятся в движение посредством подъемного механизма. При движении откидных шлюзных ворот наибольшая подъемная сила получится в начале закрытия их; эта сила

$$K = \frac{G}{2} + \frac{3}{4}P + \left(\frac{G}{2} + \frac{1}{4}P \right) \mu \frac{d}{2 \sin \alpha} + \frac{1}{l \sin \alpha \cos \beta},$$

где $P = 75 Fv^2$; остальные величины, как выше.

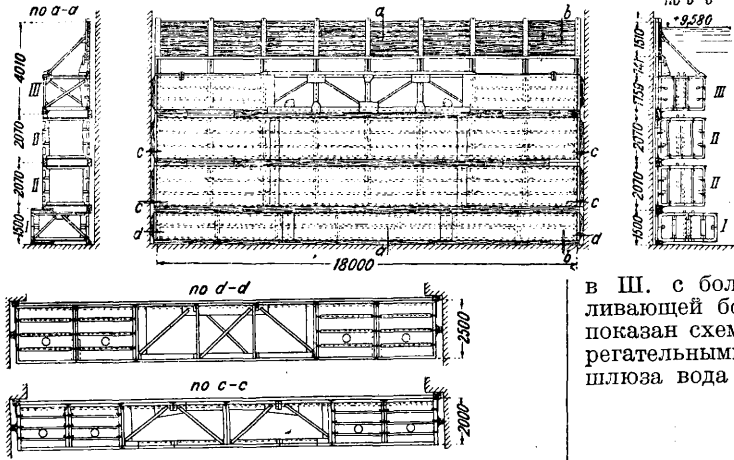
Раздвижные шлюзные ворота представляют собой щиткообразные щиты, передвигаемые для открывания по горизонтальным направляющим в глубокие ниши. Последние примыкают к головным частям Ш. с береговой стороны. Остов раздвижных шлюзных ворот состо-



Фиг. 29.

ит из системы ригелей и вертикальных связей. Остов обшит с двух сторон и образует вместе с окружающими его со всех сторон водонепроницаемыми оболочками щит, внутри которого (на всю длину ворот) расположены воздушные ящики. На фиг. 28 показано общее расположение раздвижных шлюзных ворот в головных частях Ш. и шандорных затворов (показаны пунктиром). Конструкция раздвижных ворот видна

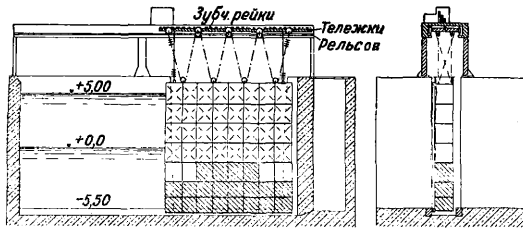
на фиг. 29. На фиг. 30 изображен пандорный затвор. Фиг. 31 показывает раздвижные шлюзные ворота, подвешенные на канатах и пере-



Фиг. 30.

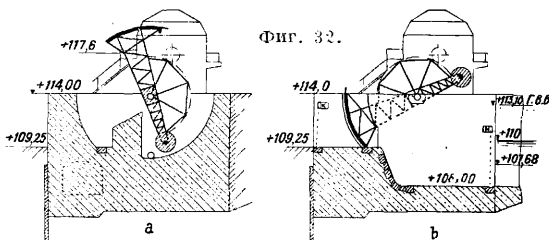
двигаемые посредством крановых тележек, перемещающихся по расположенному над воротами помосту.

Сегментные шлюзные ворота в отношении своей конструкции идентичны сегментным затворами разборчатых плотин. Сегментные шлюзные ворота должны быть приспособлены к



Фиг. 31.

открытию всего пролета для пропуска судов. На фиг. 32 представлены сегментные шлюзные ворота (а — разрез через воротную камеру при открытых воротах, б — разрез через шлюзную камеру при закрытых воротах).



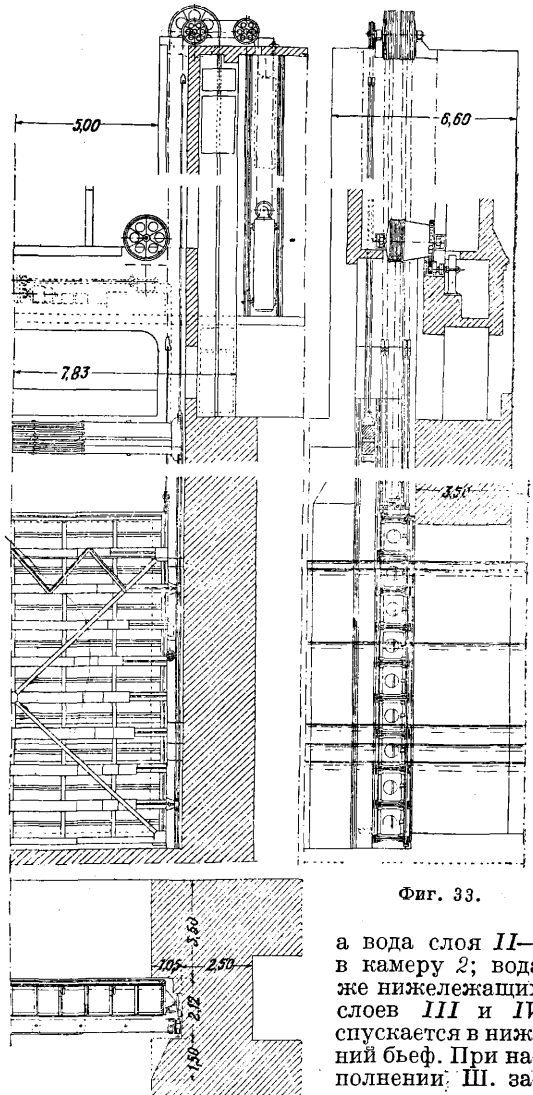
Фиг. 32.

Вальцовые шлюзные ворота по существу ничем не отличаются от вальцовых затворов разборчатых плотин. Подобно сегментным затворам они преимущественно применяются для шлюзования верхней головной части Ш.

Подъемные ворота употребляются гл. обр. в нижних головных частях шахтных Ш. В конструктивном отношении эти ворота сходны с простыми щитовыми затворами. Ворота передвигаются на роликах по рельсам, расположенным в стенных нишах. Подъем частично уравновешенных противовесами ворот совершается посредством проволочных канатов. От возмож-

ных повреждений судами ворота защищаются пловучими бревнами. При подеме ворот тиковые поднимают с собой и пловучие бревна, в виду чего освобождается весь пролет. На фиг. 33 показаны подъемные ворота, установленные в нижней головной части шахтного шлюза.

Приспособления для сохранения воды в Ш. представляют собою запасные камеры (резервуары), располагаемые сбоку Ш. и заполняемые шлюзной водой. Потребность в таких водосберегательных камерах особенно остро ощущается в Ш. с большой высотой падения, обуславливающей большой расход воды. На фиг. 34 показан схематически шлюз с двумя водосберегательными камерами. При опорожнении шлюза вода слоя I переливается в камеру I,



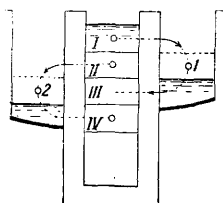
Фиг. 33.

а вода слоя II — в камеру 2; вода же нижележащих слоев III и IV спускается в нижний бьеф. При наполнении Ш. запас воды в водосберегательных камерах заполняет слой III и IV, а слой I и II получают воду из верхнего бьефа. При равных слоях I—IV в данном случае получается экономия воды на 50%. Эконо-

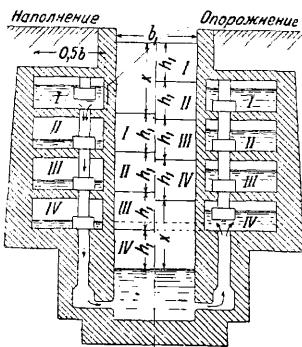
мия достигается за счет того, что при наполнении шлюза вода не переливается в камеру I, а сразу поступает в камеру II, что позволяет сэкономить 50% воды.

мня увеличивается с увеличением числа водосберегательных камер и увеличением поверхностной воды в последних. Фиг. 35 изображает схематически Ш. с четырьмя водосберегательными камерами. При равной длине шлюзной и водосберегательных камер и при $k = \frac{b}{b_1}$ будет

также $k = \frac{h_1}{h}$, где b —ширина водосберегательных камер, b_1 —ширина Ш., h —полезная высота воды в водосберегательных камерах, h_1 —высота слоя воды в



Фиг. 34.



Фиг. 35.

Ш. Толщина x слоя воды, потерянной при каждом шлюзовании, определится из выражения

$$x = \frac{(h+1)H+2snk}{k(n+1)+1}$$

где H —высота падения, s —разность уровней воды в шлюзной и водосберегательной камерах, при достижении к-рой наполнение и опорозные водосберегательной камеры прекращаются для сокращения времени шлюзования, n —число водосберегательных камер, причем $n=1 \div 3$ при падениях до $H=6$ м и $n=3 \div 5$; при больших падениях $k=0,5 \div 3,0$, $s=0,10 \div 0,15$ м; Франциус рекомендует работать с $s=0$ или при очень малом значении этой величины, например $s=5$ см. Отношение x к H выразится величиной

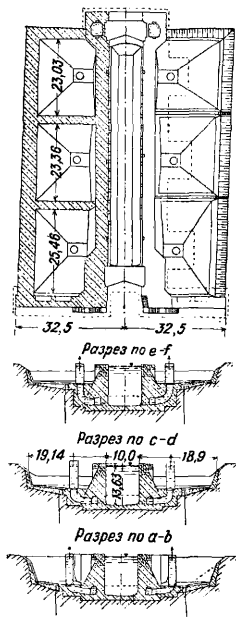
$$V = \frac{x}{H} = \frac{k+1 + \frac{2snk}{H}}{k(n+1)+1}$$

Экономия благодаря применению n водосберегательных камер получится равной

$$E = 1 - V = \frac{nk(1 - \frac{2s}{H})}{(n+1)k+1}$$

На фиг. 36 показан в плане и разрезах экономичный Ш. с водосберегательными камерами.

Шлюзы д. б. снабжены соответственным оборудованием, способствующим сокращению времени прохода судов через Ш. К такому оборудованию относятся: крановые тележки, брашпили, битенги, стационарные корабельные кресты, заделываемые в шлюзные стены в расстоянии 20 м друг от друга по отношению к вертикальным рядам и в расстоянии 2 м по отношению к горизонтальным линиям; пловучие корабельные кресты, передвигающиеся в стенных шахтах, кранцы, стремянки, заделываемые в стен-



Фиг. 36.

ных нишах, и пр. Установку и заделку всего оборудования следует так производить, чтобы не было внутри шлюзной камеры выступов, могущих препятствовать движению судов, а тем более причинить им повреждения. В предшлюзных гаванях при большом движении судов стены канала следует делать вертикальными. При откосах необходимо соорудить направляющие стенки или свайные кусты с пловучими бревнами между ними. Разнообразие конструкций этих направляющих стенок вызывалось местными условиями. Для защиты судов от ветра по обеим сторонам предшлюзных гаваней разводят деревянные насаждения.

Лит.: Брилинг С., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, ч. 2, 3 изд., М., 1931; Курс внутренних водных сообщений, т. 2, под ред. К. Акулова, М.—Л., 1928; Подарев Н., Гидротехнические сооружения, М., 1924; Brennecke L., Die Schiffschleusen, Handb. Ing. Wis., T. 3, B. 8; Engelhard Fr., Kanal- u. Schleusenbau, B., 1924; Brennecke-Lohmeyer, Der Grundbau, W., 1932; Franzius O., Der Grundbau, B., 1927; Franzius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927; Schoklitsch A., Der Wasserbau, B. 2, W., 1930; Engels H., Handb. des Wasserbaues, B. 1—2, 3 Aufl., Lpz., 1923; Freund A., Anwendung d. Elastizitätstheorie auf elastisch gestützte Körper, B., 1913; Brugsch L. u. Briske R., Einfluss d. Nachgiebigkeit des Baugrundes auf die Berechnung äusserlich stätisch unbestimmter Bauwerke, «B. u. E.», 1914; Franzius O., Ueber die Berechnung von Trockendocks, «Ztschr. f. Bauwesen», B., 1908, B. 58; Franzius O., Ueber die Grösse des Auftriebes unter Pfeilern u. Ufermauern, «Zentralblatt d. Bauverwaltung», B., 1912, B. 32; Krey H., Neuere Versuche für Schiffschleusen, ibid., 1914, B. 34; Mattern E., Standsicherheitsfragen für hohe Gefälle, ibid., 1919, B. 39; Fröhlich O., Berechnung von Fundamenten unter Berücksichtigung d. Elastizität des Baugrundes, «B. u. E.», 1913, B. 12; Schaper, Antrieb unter der Grundsohle von Bauwerken, die in Wasser gegründet sind, «Zentralblatt d. Bauverw.», B., 1916, B. 36; Burkhardt, Schleusen ohne Umläufe, «Die Bautechnik», B., 1927, B. 5; Oppermann A., Die Nassbaggerarbeiten für die Nordschleusenanlage in Bremerhaven, ibid., 1931, H. 38; Stecher, Schiffahrtsschleusen im Bergbaubiet, «Deutsches Bauwesen», B., 1925, H. 14; Dettmers, Grosse Hafenschleuse zu Harburg-Wilhelmsburg, «Bautechnik», B., 1932, Heft 34; Paxmann W., Allgemeine Gesichtspunkte für das Entwerfen von Binnenschiffschleusen, ibid., 1932, H. 26; Burckas E., Die Betonierungsanlagen für die Nordschleusen in Bremerhafen, ibidem, 1931, H. 32—34; Otto W., Die Untersuchung des Baugrundes u. die Wasserhaltung für den Bau d. Nordschleusenanlage in Bremerhafen, ibid., 1932, H. 27, 28; Mistol G., Die Leistungsfähigkeit von Fluss-u. Kanalschleusen, ibid., 1932, H. 16, 17; Prüssmann, Schleusen u. Nebenwerke, «Ztschr. f. Bauwesen», B., 1905, 7—9; Prüssmann, Sparbecken für Steile Schleusentreppen mit kurzen Haltungen, «Zentralbl. d. Bauverw.», B., 1906; Götttschke, Wasserhaltungsarbeiten für den Bau von Brückenwiderlagern u. Schleusen, «Bautechnik», B., 1926.

С. Брилинг.

ШЛЮПКИ судо́вые, гребные, мелкие моторные и паровые суда во флоте. Ш. коммерческого флота предназначены для спасения людей, различных судовых работ и сообщения с берегом. Ш. военного флота кроме упомянутого служат для обучения гребле и хождению под парусами и для десантных операций. Все судовые Ш. должны быть прочными, легкими, поместительными, удобными для обращения и мореходными. По назначению Ш. делятся на: а) спасательные, б) спасательные облегченные, в) рабочие, г) разьездные и д) военные. После гибели громадного парохода «Титаник» на Международной конференции по охране людей на море 1914 г. были выработаны правила под девизом «места на шлюпках для всех людей, находящихся на судне». Количество Ш. и их вместимость определяются по табл. 1.

Спасательные Ш. (СШ), принятые в СССР для судов заграничного плавания, удовлетворяют всем правилам Англ. департамента торговли (Board of Trade). Вместимость Ш. V определяется по ф-ле $L \cdot B \cdot H \cdot 0,6 = V$. Число

Табл. 1.— Число и кубатура Ш. для коммерческих судов.

Вместимость судна брутто, т	*1	*2	Вместимость судна брутто, т	*1	*2
до — 250	2	6	16 200—16 900	8	104
250— 500	2	7	16 900—17 300	10	111
500— 800	2	8,5	17 300—18 300	10	114
800— 1 100	2	9	18 300—19 000	10	117
1 100— 1 400	2	11	19 000—19 700	10	120
1 400— 1 700	3	17	19 700—20 400	10	123
1 700— 2 000	3	21	20 400—21 100	10	126
2 000— 2 300	4	23	21 100—21 800	10	129
2 300— 2 600	4	26	21 800—22 500	10	132
2 600— 2 900	4	29	22 500—23 000	12	140
2 900— 3 600	4	35	24 000—25 500	12	144
3 600— 4 300	4	42	25 500—27 000	12	148
4 300— 5 000	4	43	27 000—28 500	14	152
5 000— 5 700	4	49	28 500—30 000	11	156
5 700— 6 400	4	52	30 000—31 500	14	160
6 400— 7 100	4	55	31 500—33 000	14	164
7 100— 7 800	4	58	33 000—34 500	14	168
7 800— 8 500	4	61	34 500—36 000	14	172
8 500— 9 200	6	67	36 000—37 500	14	180
9 200— 9 900	6	70	37 500—39 000	14	188
9 900—10 600	6	73	39 000—40 500	14	196
10 600—11 300	6	77	40 500—42 000	14	204
11 300—12 000	6	79	42 000—43 500	14	212
12 000—12 700	6	82	43 500—45 000	14	220
12 700—13 400	6	85	45 000—46 500	13	228
13 400—14 100	8	92	46 500—48 000	16	236
14 100—14 800	8	95	48 000—50 000	16	244
14 800—15 500	8	98	более 50 000	*3	*3
15 500—16 200	8	101			

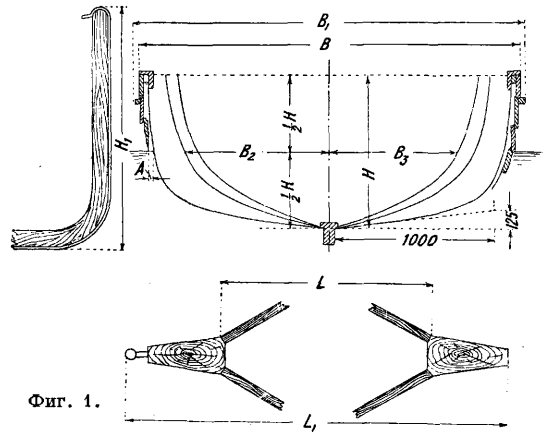
*1 Минимальное число Ш. на судне. *2 Минимальная кубатура Ш в м³. *3 Соответственно числу людей по 0,283 м³ на человека.

пассажиров получатся от деления V на $0,283 \text{ м}^3$. Соотношение линейных величин Ш. L , B и H строго определено правилами обмера. Правила обмера спасательных Ш. класса I A указаны на фиг. 1. Длина L берется от и до конца обшивки вверху шпунта обоих штевней или от наружной кромки шпунта форштевня до наружного края транца. Ширина B берется в самом широком месте Ш. до наружного края обшивки. Ширина B у Ш. менее 7 м длины д. б. не менее $\frac{L+2,135}{4}$. Ширина B у Ш. в 7 м длины д. б. не менее 2,29 м. Ширина B у Ш. более 7 м длины д. б. не менее $\frac{L+1,83}{4}$. Высота H берется посредине длины L от внутренней стороны обшивки у киля до верхнего края привального бруса. Высота Ш. H д. б. не менее $0,36 \cdot \frac{L+1,83}{4}$ и не более $0,42 \cdot \frac{L+1,83}{4}$.

Габаритные размеры L_1 , B_1 , H_1 представляют наибольшие размеры, занимаемые шлюпкой в законченном виде вместе с наружными поковками. Размеры B_2 , B_3 , характеризующие полноту ватерлиний, берутся без обшивки на четверти длины Ш. в нос и корму по ватерлинии, проходящей на $\frac{1}{2} H$, и д. б. не менее $0,77\% B$. Размер A представляет величину развала борта в самом широком месте Ш. от ватерлинии, проходящей на $\frac{1}{2} H$, и д. б. не более $2\% B$. Подъем днища принимается 125 мм на 1 м ($\frac{1}{8}$). Средняя седловатость Ш. представляет разницу между высотой H и полусуммой высот в конечных точках L и д. б. не менее $4\% L$. В настоящее время стан-

дартизованы девять типов спасательных Ш.; основные данные приведены в табл. 2.

Из приведенных в стандарте спасательные Ш. длиной 5 м очень малы, а 8,5 м и более чересчур громоздки и потому на судах Совторгфлота не применяются. Спасательные Ш. делятся на следующие типы: 1) Ш. только с внутренним запасом пловучести, класса I A (класс Board of Trade). У них под бортовыми сиденьями ставятся воздушные ящики с кубатурой не менее



0,1 вместимости Ш.; 2) Ш. с внутренним и наружным запасом пловучести; 3) понтонные Ш. со складными бортами; два последних типа применяются мало, а в СССР они совсем не применяются; 4) спасательные облегченные Ш. (СОШ) для судов внутреннего плавания; отличаются от класса I A более легкой постройкой. Число людей определяется из кубатуры Ш., деленной на $0,2265 \text{ м}^3$. Стандартизованы следующие типы облегченных спасательных и рабочих Ш., приведенные в табл. 3.

Табл. 2.— Стандартные спасательные шлюпки.

Основные данные	Обозначение Ш.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Регистровые									
Длина L , м	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00
Ширина B , м	1,78	1,90	2,00	2,16	2,29	2,40	2,60	2,80	3,00
Высота H , м	0,70	0,74	0,80	0,85	0,90	1,00	1,05	1,10	1,15
Габаритные									
Длина L_1 , м	5,22	5,72	6,24	6,74	7,26	7,78	8,29	8,80	9,30
Ширина B_1 , м	1,81	1,94	2,04	2,19	2,32	2,44	2,64	2,95	3,15
Высота H_1 , м	1,07	1,13	1,22	1,30	1,38	1,52	1,59	1,63	1,76
Кубатура, м ³ , $V=0,6 \times L \times B \times H$	3,74	4,64	7,59	7,13	8,64	10,80	13,10	15,70	18,63
Количество людей $\frac{V}{0,283}$	13	16	20	25	30	38	46	55	66
Приблизительный вес Ш., кг	630	700	880	1 020	1 200	1 280	1 330	1 650	2 300
Вес снаряжения, кг	210	220	230	260	300	350	400	470	550
Вес людей, кг	975	1 200	1 500	1 875	2 250	2 550	3 450	4 125	4 950
Общий вес, кг	1 745	2 120	2 610	3 155	3 750	4 580	5 400	6 245	7 800

СОШ допускаются в случае возможности размещения их на судах не выше 4,6 м от уровня воды и при облегченном состоянии судна. Изготовление Ш. № 10 и 11 для морских судов не рекомендуется, как очень малых. На фиг. 2 дана спасательная Ш., имеющая следующие главные размеры: $L=7,92 \text{ м}$, $B=2,36 \text{ м}$, $H=0,99 \text{ м}$ и кубатура $V=11,1 \text{ м}^3$, запасы пловучести $1,28 \text{ м}^3$, в том числе в боковых воздушных ящиках $0,70 \text{ м}^3$, в носовом и кормовом воздушных ящиках $0,30 \text{ м}^3$, в пробковом поясе $0,28 \text{ м}^3$.

Рабочие Ш. (РШ) делают транцевые для удобства работы на них; бортовые си-

Табл. 3.—Стандартные облегченные шлюпки.

Основные данные	Обозначение Ш.								
	10*	11*1	12*2	13*2	14*2	15*3	16*3	17*3	18*3
Регистровые									
Длина L , м	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	4,50	5,00	5,50	6,00
Ширина B , м	1,55	1,65	1,75	1,85	1,95	1,65	1,75	1,85	1,95
Высота H , м	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,63	0,69	0,72	0,75
Габаритные									
Длина L_1 , м	4,10	4,60	5,20	5,70	6,20	4,60	5,10	5,60	6,10
Ширина B_1 , м	1,61	1,71	1,81	1,91	2,01	1,71	1,81	1,91	2,01
Высота H_1 , м	0,99	1,02	1,06	1,10	1,14	1,02	1,06	1,10	1,14
Кубатура, м ³	2,31	2,94	3,62	4,40	5,26	2,94	3,62	4,40	5,26
Количество людей $\frac{V}{0,2265}$	10	13	16	19	23	8	10	12	16
Привязант. вес шлюпки, кг	270	310	420	510	610	300	370	450	540
Вес снабжения, кг	150	160	170	180	190	140	140	150	150
Вес людей, кг	750	975	1 200	1 425	1 725	600	750	900	1 200
Общий вес, кг	1 170	1 475	1 790	2 115	2 525	1 040	1 260	1 500	1 890

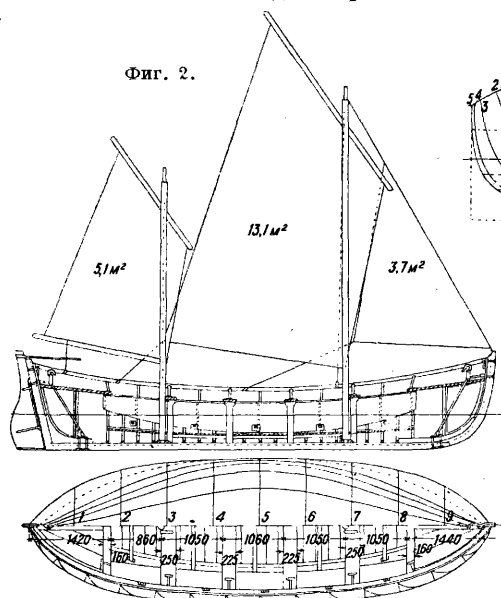
*1 Спасательные гранцевые. *2 Спасательные вельботные. *3 Рабочие гранцевые.

Табл. 4.—Стандартные спасательные моторные Ш. без радио.

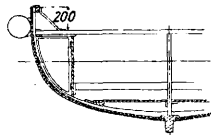
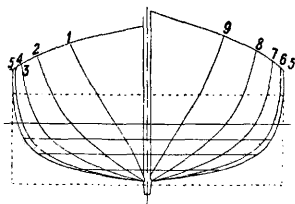
Основные данные	Обозначение Ш.				Основные данные	Обозначение Ш.			
	19	20	21	22		19	20	21	22
Регистровые					Вес, кг				
Длина L , м	8	8,5	9	9,5	снабжения	650	655	660	670
Ширина B , м	2,6	2,6	2,7	2,8	людей	2 850	2 925	3 450	3 750
Высота H , м	1,16	1,16	1,22	1,22	общий	5 600	6 200	7 100	7 700
Габаритные					Характеристика мотора:				
Длина L_1 , м	8,25	8,75	9,25	9,75*	Мощность, HP	16—18	20—25	30	35
Ширина B_1 , м	2,75	2,75	2,85	2,95	Система	Четырехтактные			
Высота H_1 , м	1,75	1,75	1,88	1,9*	Число об/м.	~900			
Количество людей	31	39	46	50	Топливо	Пуск на бензине.			
Вес, кг					Работа на керосине				
корпуса шлюпки	1 700	1 800	1 900	2 000	Скорость, узлы	~7			
мотора и принадлежностей	600	700	910	1 100	Продолжительность полного хода, ч.	15			
топлива и баков	100	120	150	180					

* Без руля.

дня имеются только на корме, воздушными ящиками они обыкновенно не снабжаются. На РШ количество людей определяется не по



Фиг. 2.



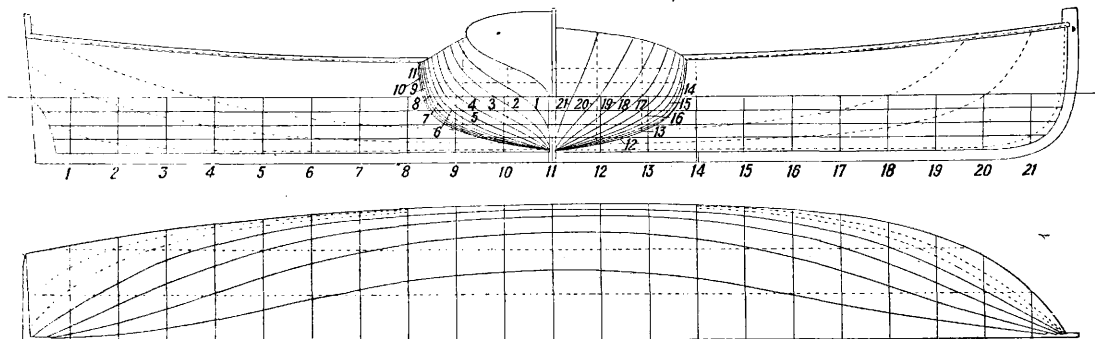
объему Ш., а по числу мест на банках. Военные Ш. (ВШ) для развозов делаются более легкими, часто с острой кормой (вельботы). СШ, кроме облегченных, снабжаются парусами.

Ш. моторные. Паровые Ш. в коммерческом флоте в настоящее время не применяются. Моторные спасательные Ш. в СССР стандартизованы; основные данные стандартных Ш. приведены в табл. 4. Моторные развозные Ш. пока в СССР не регламентированы и почти не применяются на судах Совторгфлота. За границей типы моторных судовых Ш. очень разнообразны. Размеры колеблются в широких пределах 2,8—7 м. Моторные Ш. большей длины обыкновенно делаются спасательными.

В военном флоте применяются следующие типы гребных парусных Ш.: 1) Баркасы—большие, тяжелые, широкие Ш. для перевозок грузов, людей и для десанта, снабжаются иногда пушкой. 2) Катера—более легкие, служат гл. обр. для развозов, посылок и обучения краснофлотцев. 3) Вельботы—с острой кормой и распашными веслами, служат для развозов. Спасательные вельботы снабжаются воздушными ящиками. 4) Ялы—малые гребные Ш. флота—для перевозок, мелкой работы и т. п. 5) Складные Ш. или парусники—самые малые Ш. военного флота. На фиг. 3А изображен теоретич. чертеж, 3Б—практич. мидель, 3В—практич. бок и полуширота, 3Г—общий чертеж и чертеж парусности военного баркаса

класса 0 герм. флота. Главные размеры этого баркаса указаны в табл. 5. Основные размеры Ш. специального назначения приведены в табл. 6. Военные паровые Ш. постепенно изгоняются

к к-рой крепятся доски обшивки. Шпангоуты 5—ребра Ш., связывающие доски обшивки между собой и с килем; верхняя часть шпангоутов крепится к планширю 6, снаружи



Фиг. 3А.

из употребления. В Германии на военных моторных шлюпках ставятся исключительно бескомпрессорные дизели, работающие на нефти. Всякие другие двигатели внутреннего сгорания (бензиновые, керосиновые и комбиниро-

к-рого набивается тонкий брусок—буртик 7. Несколько выше ватерлинии шпангоуты скрепляются привальным брусом 8, идущим по борту изнутри Ш. от носа в корму; в правильный брус врезают скамейки для гребцов—

Табл. 5.—Гребные военные Ш. германского флота.

Основные данные	Баркас *1	Катер с выдвижным килем *1	Катер с выдвижным килем *2	Катер для миноносцев с выдвижным килем	Гиг *3	Вельбот	Ял для миноносцев
Длина L, м	14,00	10,00	8,50	7,50	10,00	6,50	3,84
Ширина B, м	3,60	2,50	2,10	2,04	1,90	1,90	1,288
Высота борта H, м	1,19	0,92	0,82	0,77	0,77	0,80	0,474
Площадь парусов, м ² :							
Грот	46,55	22,76	16,19	19,20	17,58	12,56	7,15
Визань	—	14,24	10,08	—	—	—	—
Фок	34,44	—	—	4,98	18,80	3,04	—
Кливер	9,48	5,31	—	—	4,80	—	—
Общая	90,47	42,31	30,17	24,14	39,40	15,60	7,15
Вес порожнего корпуса, кг	3 560	1 320	1 120	923	630	650	126
Вес инвентаря, кг	1 100	600	683	306	400	270	18
Грузоподъемность, кг	8 250	3 760	2 625	2 100	1 200	1 500	300
Число людей	110	50	35	28	16	20	3—4

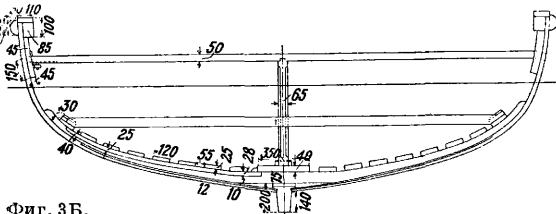
*1 Класс 0. *2 Класс II. *3 Класс I.

ванные) исключены. На фиг. 4А и 4Б изображены теоретич. чертежи, на 4В и 4Г—практич. чертежи моторного катера герм. флота класса А, снабженного бескомпрессорным двигателем

банки 9, прикрепляемые к соответственным шпангоутам железными угольниками—кницами 10—и поддерживаемые у широких Ш. снизу пиллерами или стойками 11.

Табл. 6.—Основные данные Ш. специального назначения.

Тип	Длина, м	Ширина, м	Высота борта, м	Площ. парусов, м ²	Волокнистые мещины, т	Полный вес Ш., кг
Баркасы:						
20-весельные	11,6	3,4	1,2	75,8	11,9	3 500
16-весельные	10,4	2,8	0,9	58,4	11,0	2 650
Катера:						
14-весельные	9,8	2,5	0,8	50,8	4,8	1 350
12-весельные	9,1	2,5	0,7	47,4	4,2	1 000
Вельботы:						
6-весельные	8,5	1,7	0,7	16,7	3,1	500
Ялы:						
6-весельные	6,1	1,8	0,7	20,6	2,4	550
4-весельные	5,2	1,5	0,6	10,0	1,0	350
2-весельные	3,6	1,2	0,5	7,0	0,5	150



Фиг. 3Б.

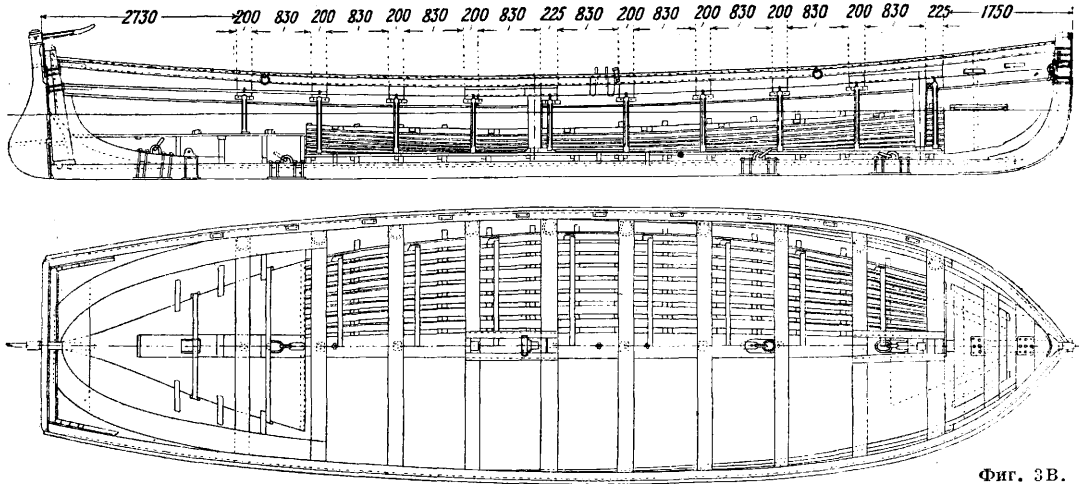
дизеля мощностью 100 HP. Основные данные этого катера вместе с данными катеров трех других классов приведены в табл. 7.

Ш. состоит из следующих основных частей (фиг. 5А и 5Б). Киль 1—основание шлюпки—продольный брус, идущий посредине Ш. внизу; с ним скрепляются все части набора. Форштевень 2—основной брус, завершающий Ш. в носу, плавно переходящий в киль. Ахтерштевень 3—то же в корме; переход к килю в большинстве Ш. под углом. Иногда ахтерштевень снабжается поперечной доской—транцем 4,

Кильсон 12—продольный брус, накрывающий сверху средние части шпангоутов и передающий набору сосредоточенные усилия опирающихся на него мачты и стоек; для укрепле-

ния нижнего конца мачты на него надевают специальные гнезда—степсы 13. В корме Ш.

гоутам, а доски наборной и диагональной обшивки также и между собой; лучший способ



Фиг. 3В.

устанавливают кормовое сидение 14, снабженное спинкой—заспинной доской 15; сзади

крепления обшивки—на медных расклепанных гвоздях. Металлические детали, идущие на постройку Ш., носят название дельных вещей. К ним относятся: водорез—оковка форштевня; пятка ахтерштевня; подкильная полоса киля; рым фалинь—кольцо, за которое привязывают причальный конец—фалинь (конец троса окружностью 60—100 мм); рулевые навесы для подвешивания руля; ключины с гнездами; наметка 21—откидная дужка, крепящая мачту в банке; кофельнагели 22—штыри, втыкаемые в отверстия на мачтовой банке для завязывания фалов (веревки, поднимающих парус); утки 23 и крепительные планки—для задерживания шкотов (веревки для управления парусами); брештук—угольник для скрепления штевней с бортами—

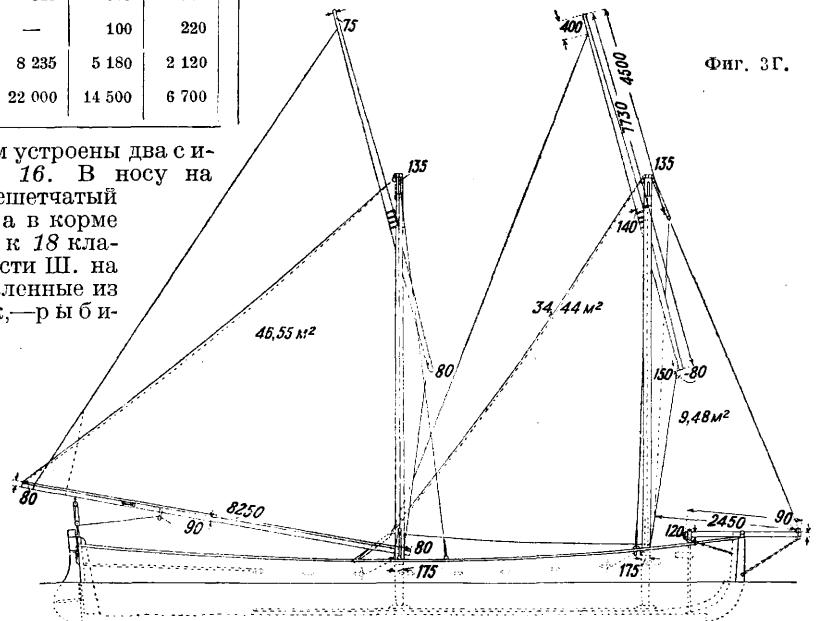
Табл. 7.—Военные моторные Ш. германского флота.

Основные данные	К л а с с			
	A	C	I	III
Длина L, м	15,20	13,00	10,00	7,60
Ширина B, м	2,82	2,64	2,56	1,86
Высота борта H, м	1,55	1,28	1,24	0,895
Скорость в узлах	11	10	8,8	6,8
Мощность мотора, HP	100	60	30	7
Вес в кг				
корпуса	5 605	3 800	2 639	825
инвентаря	580	405	405	270
мотора	4 215	2 845	1 404	530
моторного инвентаря	165	200	116	90
горючего	510	460	150	35
команды	525	525	375	150
Запасное водозамещение	—	—	100	220
Полный вес, кг	11 600	8 235	5 180	2 120
Цена (1928 г.) в зол. руб.	26 500	22 000	14 500	6 700

кормового сидения по бортам устроены два сидения для рулевого 16. В носу на привальном бруске кладут решетчатый щит—носовой люк 17, а в корме такой же кормовой люк 18 кладут на днище. В средней части Ш. на днище кладут щиты, изготовленные из длинных продольных планок,—рыбины 19 (слань, тельгис), к которым прибивают поперечные бруски—упорки 20 для ног гребцов. Для выпуска воды из Ш., поднятой на шлюп-балке, в днище делают отверстие «пробку», закрываемое какой-либо водонепроницаемой крышкой.

Все основные брусья набора скрепляются между собой железными, обязательно оцинкованными, болтами. В том случае, если приходится их составлять из нескольких кусков, стыки брусев соединяют замками. Обшивка вгладь (см. Суда гребные) крепится только к шпан-

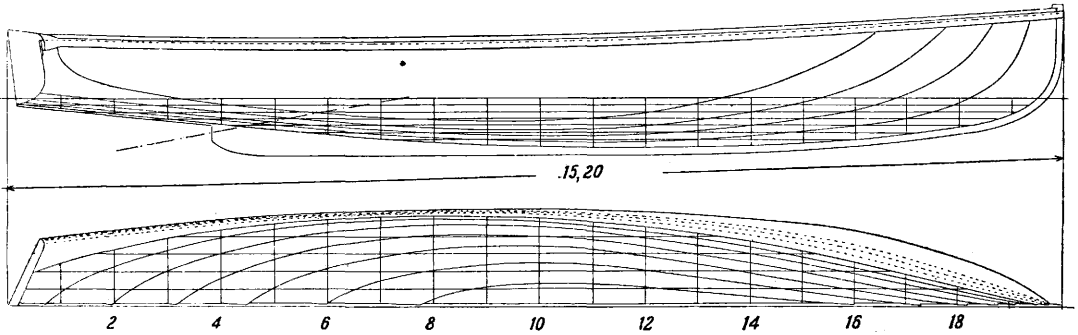
и угольники (кницы) 10 на банках делаются металлические или деревянные; вантпутенсы 24—планки или дужки для привя-



Фиг. 3Г.

звания в а н т [веревка для укрепления т о п а (верхушки) мачты к бортам]; с т е п с 13—для укрепления ш п о р а (низа) мачты на кильсоне; на военных Ш. степс делают деревянный с оковкой; г а л с о в ы й г а к—крючок для закрепления нижнего переднего угла паруса к

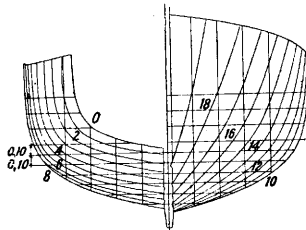
прокладкой прокрашенной парусины между слоями. Диагональную обшивку делают из тика, красного дерева и дуба. На баркасах и рабочих катерах обшивку делают вгладь, благодаря чему Ш. получаются тяжелее, но менее повреждаются при боковых ударах, т. к. не



Фиг. 4А.

форштевню и мачте; подъемные гаки или рымы—крюки или петли, служащие для подъема Ш. на судно и спуска ее на воду; румпел—рычаг для поворачивания руля.

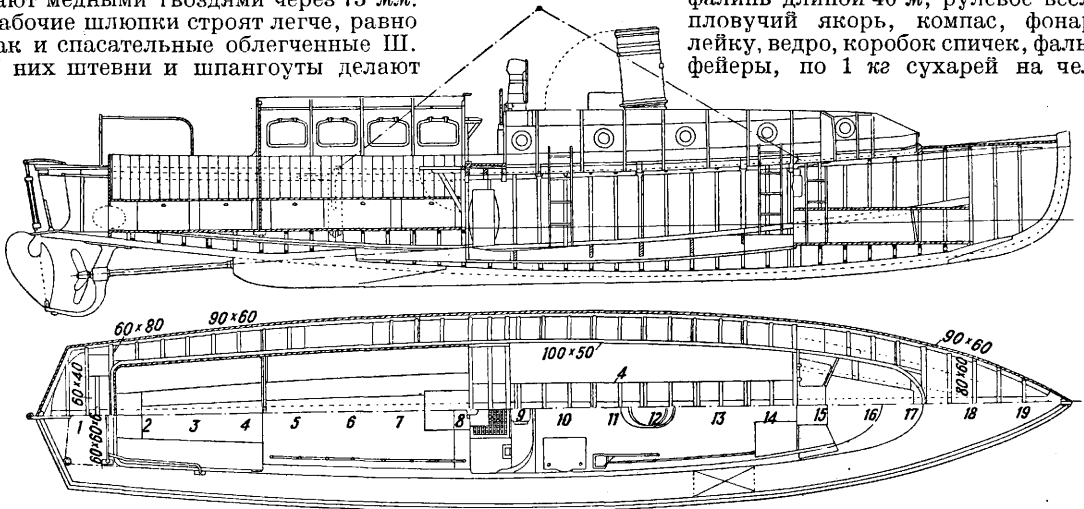
П о с т р о й к а Ш. Употребительным материалом служит дерево. Основной набор делается из твердых пород, чаще из дуба. На обшивку идет лиственница, сосна и на дорогах заграничных Ш.—тик и красное дерево. В Германии обшивку военных Ш. делают из дуба. Спасательные Ш. строят особенно прочно: кильсон ставят на ребро и через 0,6 м скрепляют с килем сквозными болтами; шпангоуты ставят через 150 мм; обшивку проклеивают медными гвоздями через 75 мм. Рабочие шлюпки строят легче, равно как и спасательные облегченные Ш. У них штевни и шпангоуты делают



Фиг. 4Б.

имеют выступающих кромок наборной обшивки. Для придания Ш. поперечной крепости поперечные банки прочно скрепляют с бортами кницями на болтах. Штевни скрепляют при помощи книц с килем и кильсоном внизу; наверху их скрепляют брештуками с привальными брусьями. Форштевень оковывают водорезом. Для передвижения Ш. самым простым способом является гребля; весла применяют как распашные, так и вальковые (см. *Суда гребные*). Распашные весла применяются на спасательных Ш. и вельботах военного флота, на всех остальных Ш. чаще всего ставят вальковые весла. На спасательных Ш. число действующих весел чаще 4, остальные запасные. Военные Ш. обозначаются по типу их и количеству весел, например 20-весельный баркас. Кроме весел все СШ и ВШ имеют паруса. Площадь парусов указана в табл. 5.

Все Ш. кроме весел и парусов должны иметь следующее снабжение: 1) СШ—отпорный крюк, фалинь длиной 40 м, рулевое весло, пловучий якорь, компас, фонарь, лейку, ведро, коробок спичек, фальшфейеры, по 1 кг сухарей на чело-



Фиг. 4В.

из дуба, остальные части—из сосны. На военных Ш. закладку делают дубовую, обшивку—из сосны, банки—из дуба или ясеня. Для легкой обшивку на Ш. делают часто наборной (клинкерной, или кромка на кромку). На дорогах Ш. обшивка диагональная: в 2 слоя досок с

века, все в водонепроницаемых коробках и ящиках с герметическими крышками, анкер или цистерну с пресной водой из расчета по 1 л на человека, по 2 топора; 2) СОШ—отпорный крюк, фалинь и лейку. Снабжение ВШ зависит от типа шлюпок.

Все судовые Ш. спускаются на воду и поднимаются на судно шлюпталями и на шлюпбалках, грузовых стрелах и кранах (см. Судовые устройства). На самих шлюпках для этого ставятся подъемные гаки или рымы. СШ спуска-

меняются различные типы открывающихся одновременно механич. гаков. Герм. нормали (HNA) рекомендуют 2 типа, применяющиеся у нас с удовлетворительными результатами, но требующие тщательных изготовлений и установок. На судне Ш. ставятся на шлюпблоки, или ростворы, и крепятся к палубе цепями и тросами (по-походному) с откидными крюками—глаголь-гаками для быстрой отдачи. СШ по правилам должны кроме того висеть на шлюпталях, чтобы в любой момент быть спущенными на воду. По постановке на блоки Ш. накрываются деревянными или брезентовыми чехлами.

Лит.: Шедлинг Ф., Постройка шлюпок, ч. 1, Гребные и парусные шлюпки, ч. 2, Моторные шлюпки, Л., 1930; Гельмерсен П., Морская практика, Л., 1924; Марков Е., Шлюпочное дело, М., 1932; Влоксидге В., Ship Boats, 1920; «Hütte», Bootsbau. Praktischer Schiffbau, bearb. v. A. Brix, 7 Aufl., B., 1929; Johnson F. O., Hilfsbuch f. d. Schiffbau, 5 Aufl., B. 1, B., 1928; Instructions as to the Survey of Life Saving Appliances, L., 1926; Schiffbau-Kalender, B., 1929. Ф. Шедлинг.

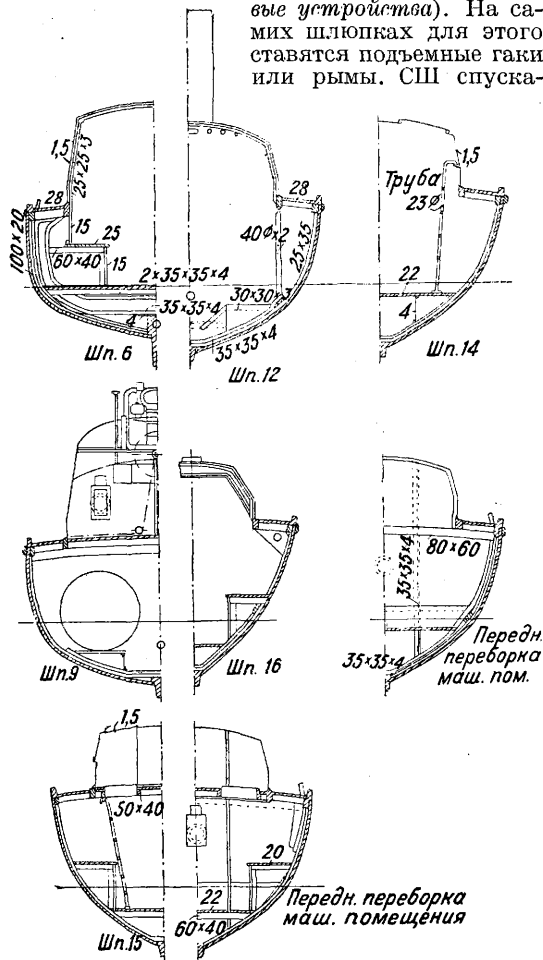
ШМАЛЬТА, синяя краска, получаемая путем сплавления кобальтовых руд (т. н. цаффера, сафлора, шпейса) с поташом и кварцевым песком. Образующееся при сплавлении стекло—кремнистая соль калия и кобальта $K_2CO_3SiO_4$. Для ускорения работы стекло выливают тонкой струей в холодную воду, измельчают на мокрых мельницах и затем отмучивают. Ш. нерастворима в щелочах и холодных к-тах; постоянна к свету, атмосферным влияниям и нагреванию. Раньше употреблялась в больших количествах как масляная, известковая и водяная краска. В настоящее время в значительной степени вытеснена с одной стороны, **ультрамарином** (см.), а с другой,—более огнеупорной кобальтовой синью (см. **Кобальтовые краски**). Употребляется гл. обр. для получения голубых и синих тонов в живописи по фарфору.

ШНЕКИ, см. *Конвейер*.

ШОКОЛАД, продукт, приготовленный главным образом из какао-массы и сахара. Какао-масса есть продукт перемола обжаренных или хорошо высушенных освобожденных от оболочек (шелухи) бобов какао (см.). Вкус Ш. весьма разнообразен и зависит не только от качества тех или иных сортов бобов какао, применяемых для изготовления какао-массы, но гл. обр. от процентного содержания какао-массы и ассортимента и количества добавок: масла какао, молока, кофе, миндаля и других маслосодержащих ядер, а также ароматич. веществ, пряностей и пр. Поэтому Ш. по входящим в него составным частям подразделяют на: А) шоколад натуральный, содержащий кроме сахара только составные части бобов какао (какао-масса и какао-масло), напр.: а) Ш. обыкновенный, б) Ш. десертный, в) Ш. в порошке.

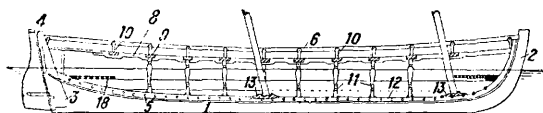
Б) Ш. с добавлениями, содержащий кроме сахара и составных частей бобов какао также и указанные выше добавки, благодаря к-рым и получает соответственные названия: а) Ш. молочный, б) Ш. миньон, в) Ш. ореховый, г) Ш. кофейный и т. д. Сорта Ш. по количеству содержащегося в них

масла какао подразделяются на Ш. густой и Ш. жидкий или десертный. Последний содержит больший % масла какао.



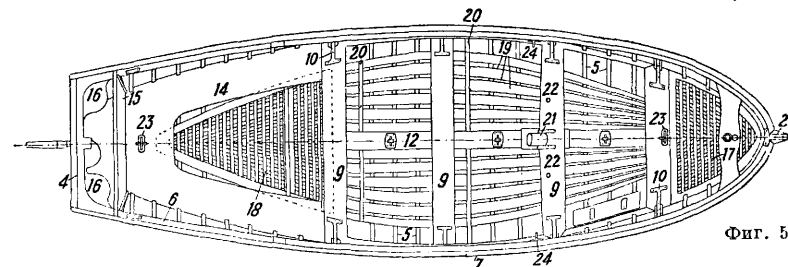
Фиг. 4Г.

ются с полным комплектом пассажиров и снабжения. Каждый подъемный гак должен поэтому выдерживать по правилам 1,25 полного ве-



Фиг. 5А.

са всей Ш. без каких-либо видимых деформаций. При спуске Ш. на волнении важно отдать

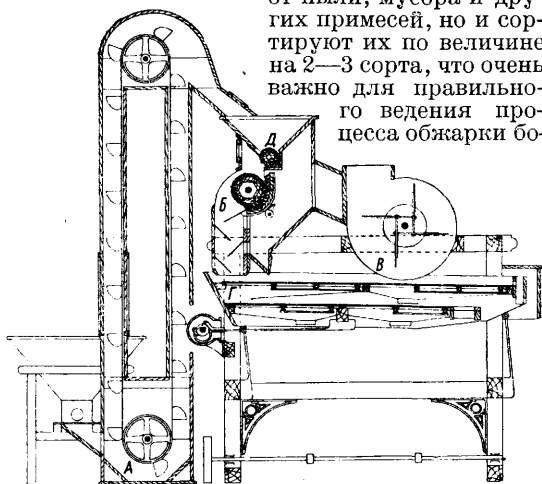


Фиг. 5Б.

шлюпталю одновременно, в противном случае Ш. может повиснуть на одном гаке и все пассажиры вылетят за борт. Во избежание этого при-

Производство Ш. состоит из следующих основных процессов: 1) очистка и сортировка бобов какао; 2) обжарка бобов какао; 3) дробление бобов какао, очистка их от шелухи и отделение зародышей; 4) смешивание разных сортов крупки какао; 5) размалывание крупки какао для получения какао-массы; 6) смешивание и предварительная обработка какао-массы с сахаром и другими материалами; 7) обработка шоколадной массы на вальцовках; 8) обработка десертных сортов Ш. на кони-машинах; 9) подготовка шоколадной массы для формовки, деление и формовка Ш.; 10) охлаждение отформованного Ш.; 11) упаковка.

Обычно бобы какао поступают на ф-ки с большим содержанием посторонних примесей (песок, земля, камешки, гвозди, обрывки веревок и пр.). Для очистки бобов какао от этих примесей применяют специальные машины, к-рые строят с цилиндрич. или плоскими ситами. Последние не только хорошо очищают бобы

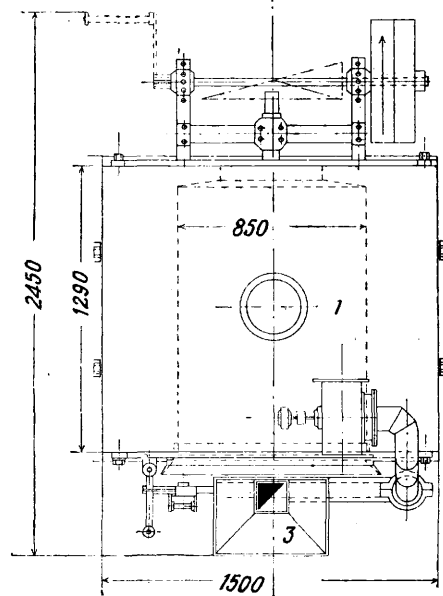
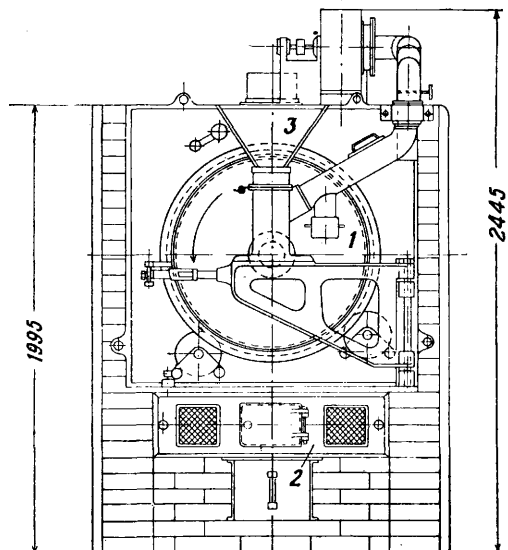


Фиг. 1.

бобов какао. На фиг. 1 представлена очистительно-сортировочная машина для бобов какао (Бауэрмейстер, Германия), состоящая из элеватора *A*, подающего бобы в верхнюю часть машины, щеточного аппарата *B*, состоящего из цилиндрич. и дугообразных щеток, расстояние между к-рыми может меняться, эксгаустера *B*, всасывающего и удаляющего из машины пыль и легкие посторонние предметы, плоских металлич. трясущихся сит *Г*, разделяющих бобы по их величине, двух или трех бесконечных полотен, на которые попадают бобы, смотря по своей величине, а также камешки, склеенные и дефективные бобы, к-рые и выбираются вручную, и магнита *Д*, служащего для улавливания железных предметов. Очистительные машины с цилиндрич. ситами отделяют от бобов какао мусор, пыль и разные посторонние предметы, но не сортируют бобы по величине.

Очищенные и отсортированные бобы какао подвергаются затем обжарке, благодаря чему наружная оболочка бобов какао (шелуха какао) подсыхает и делается более хрупкой, что в значительной мере облегчает отделение ее от семени; бобы какао теряют часть влаги, становятся хрупкими, легче раздробляются и расширяются; развивается характерный аромат какао; терпкий вкус бобов какао становится более нежным и приятным. Обжаривание бобов

какао должно происходить при t° , не превышающей $130-135^\circ$, причем во время хода процесса обжарки бобы должны энергично перемешиваться. По окончании обжарки они д. б. немедленно удалены из обжарочного аппарата и быстро охлаждены до 30° . Обжарочные аппараты по своей форме обычно строят цилиндрические и шаровые. К первым принадлежат обжарочные аппараты сист. Лемана (фиг. 2,



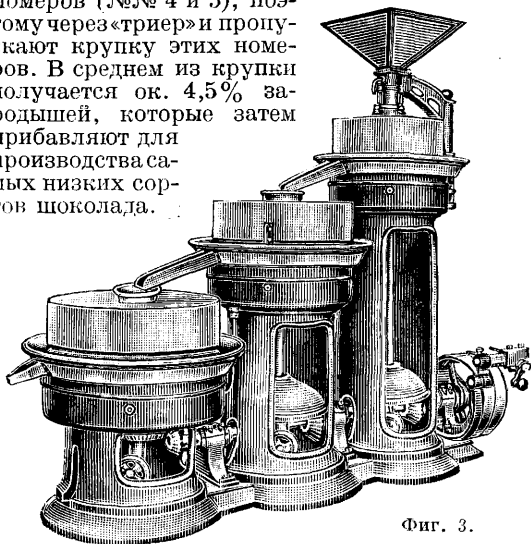
Фиг. 2.

где 1—цилиндр для обжарки, 2—печь, 3—подача бобов какао), в к-рых продукты горения топлива не соприкасаются с бобами какао. Ко вторым—аппарат Сирокко, где продукты горения топлива соприкасаются с бобами какао. Он имеет значительные преимущества перед другими обжарочными аппаратами, дает возможность хорошо регулировать t° обжарки и состоит из следующих главнейших частей: 1) коксовой печи, 2) железного шара, куда за-

сыпаются бобы какао и через к-рый просасываются эксгаустером продукты горения кокса, 3) приемника с сетчатым дном, в к-рый сыпаются обжаренные бобы для охлаждения, и 4) эксгаустером, просасывающих воздух через аппарат и приемник.

После обжарки бобы какао д. б. освобождены от шелухи (какао-веллы). Для этой цели применяют дробильно-очистительные машины с цилиндрич. и плоскими ситами. Они раздробляют бобы какао, а затем отделяют какао-крупку от шелухи. Машины с плоскими ситами считаются более совершенными и более производительными. Они после дробления и провеивания бобов какао разделяют крупку по ее величине на 5—8 номеров, а также и шелуху какао обычно на столько же номеров. Разделение крупки по номерам производится посредством сотрясающихся сит с отверстиями разных диаметров. В среднем получается ~87% крупки какао разных номеров, к-рые выходят с одной стороны машины, и ~13% шелухи разных номеров, выходящих с другой стороны машины.

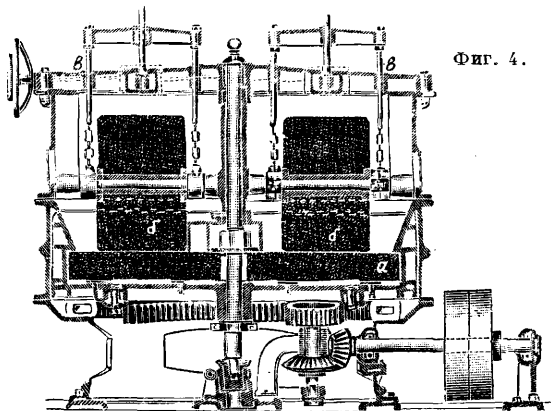
В виду того что находящийся между семядолями в притупленной части боба зародыш (росток) мало питателен и трудно поддается разработке, к тому же отрицательно влияя на вкус и аромат какао-порошка и Ш., то для лучших сортов этих изделий необходимо из крупки этот зародыш отделять и удалять. Для этой цели применяют специальные машины «триер». Обычно зародыш отходит в крупку средних номеров (№№ 4 и 5), поэтому через «триер» и пропускают крупку этих номеров. В среднем из крупки получается ок. 4,5% зародышей, которые затем прибавляют для производства самых низких сортов шоколада.



Фиг. 3.

Смешивание разных сортов крупки какао для получения лучших сортов Ш. производится на каждой ф-ке по особому методу, установленном обычно опытным путем. При этом стараются применить гл. обр. дешевые африканские сорта бобов какао акра, С. Томэ и др. и для улучшения аромата и вкуса Ш. добавляют небольшой % дорогих сортов—ариба, тринидад, каракас, маракайбо и др. Полученная с дробильной машины какао-крупка после смешения поступает для перемола на какао-мельницы (м у л е н ы), к-рые состоят из 1—2—3, иногда даже 4 пар мельничных поставов, расположенных ступенями. На фабриках применяют б. ч. мельницы с тремя парами жерновов (фиг. 3). Темп-ра какао-массы поддерживается при перемоле обычно в пределах 60—70°. Вме-

сто такого рода мельниц за последнее время строят и применяют вальцовые машины, в которых валы полые и изготовлены из специальной раковистой стали. Какао-крупка, прежде чем попасть на эти машины, пропускается через форбрехер, к-рый сильно размельчает крупку. Эти вальцовые машины, занимая значительно меньшую площадь, чем ступенчатые мельницы, отличаются большей производительностью, своей универсальностью (на них можно разрабатывать и Ш.) и возможностью



Фиг. 4.

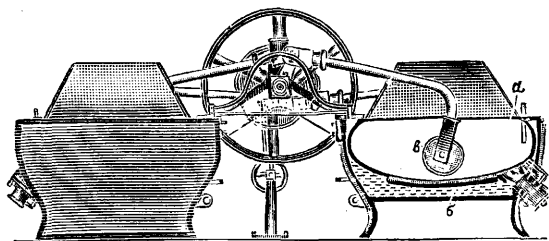
охлаждения валов водою, благодаря чему исключается перегрев какао-массы.

Приготовление шоколадной массы производится обычно на меланжерах (бегунах), на которых кроме смешивания составных частей Ш. производится и частичная их разработка. Меланжер (фиг. 4) представляет собою круглую чугунную чашу \varnothing 1—2 м с вращающимися гранитным дном *a* и гранитными бегунами *b*. Последние снабжены подъемными приспособлениями *c*, позволяющими изменять расстояние между ними и дном меланжера. Под дном меланжера расположены батареи, обогреваемые паром. В среднем содержание какао-массы и какао-масла в густом Ш. колеблется от 25 до 35%, а в жидком или десертном—от 40 до 50%. Чем % этот в Ш. выше, тем достоинство его повышается. С меланжеров шоколадная масса поступает на вальцовки, где подвергается дальнейшему измельчению и растиранию. Вальцовки применяются гл. обр. с гранитными или стальными валами. Последние во избежание нагревания валов во время работы строят внутри полыми и охлаждают циркулирующей в них холодной водою. В сравнении с гранитными вальцовками стальные вальцовки более производительны и более рациональны. Вальцовки эти строят с 3, 4 и более валами, но чаще всего встречаются трехвальцовки и изредка комбинации, состоящие из 2—3 вальцовок, или вальцовки с меланжером и др. Расстояния между валами можно регулировать, благодаря чему изменяется и степень помола. В зависимости от сорта шоколадная масса пропускается через вальцовку 2, 3 и более раз, и этим, собственно говоря, заканчивается процесс подготовки массы для обыкновенного густого Ш. (санте, ваниль, народный и т. п.). Затем масса направляется в подогревательные камеры, или температурные машины, после чего поступает на формовку.

Для производства жидкого, а также и лучших сортов десертного Ш. полученная с вальцовки шоколадная масса после добавки ка-

као-масла разрабатывается на конш-машинах (фиг. 5). После тщательной разработки на этих машинах шоколадная масса становится более однородной, гомогенной, получает маслянистую консистенцию и приятный нежный вкус. Темп-ра шоколадной массы в конш-машинах не должна превышать 50—60°. Конш-машина представляет собою вид корыта *a*, обогреваемого водяной баней *б*, в к-ром двигается вперед и назад гранитный вал *в*, растирающий и перемешивающий шоколадную массу. В виду того что обычный тип конш-машин занимает много места и разработка на них продолжается в зависимости от сорта Ш. непрерывно от 1 до 4 и более суток, за последнее время нек-рыми машиностроительными з-дами выпущены конш-машины новых конструкций, к-рые занимают меньше места и в к-рых по уверениям конструкторов сокращается продолжительность разработки Ш.

После конш-машин шоколадная масса проходит через температурную машину, придающую ей требуемую t° 27—35° в зависимости от t° окружающего воздуха и толщины шоколадных плиток, а затем через дозирочную машину.



Фиг. 5.

Эти машины строят двух видов: для дозирочки жидкого и для дозирочки густого Ш. Первая дозирует и автоматически наливает Ш. в автоматически подающиеся по бесконечному полотну металлические формы, а вторая автоматически выбрасывает требующего веса порции густого Ш., к-рые обычно уже вручную накладываются в формы. Формы как с густым, так и с жидким Ш. поступают на трясостолы, благодаря чему Ш. утраивается, уплотняется и лучше заполняет все углубления форм, а захваченные пузырьки воздуха удаляются. С трясостолов формы с Ш. направляются в холодильную камеру с t° 6—10°, что придает Ш. красивый гляцевый вид, и Ш. легко выколачивается из форм. Для лучшего сохранения шоколадных плиток их обычно предварительно завертывают в оловянную или алюминиевую фольгу, а затем этикетуют. Вместо фольги можно применять пергаментную или парафинированную бумагу.

Порошок какао готовится у нас двух видов: обыкновенный и голландский (т. н. легко растворимый). Первый готовится из какао-массы удалением из нее горячим прессованием 25—30% какао-масла. Полученный при этом какао-жмых остуживается, раздробляется на мелкие куски, размалывается на дезинтеграторе, после чего просеивается обычно на п л а н з и х т е р е сквозь шелковые сита для получения тонкого порошка. На нек-рых заграничных ф-ках вместо планзихтеров в последнее время применяют в и н д з и х т е р ы, благодаря к-рым получают более тонкий какао-порошок. Голландское какао отличается от обыкновенного тем, что при разведении его в воде или

молоке порошок дольше держится во взвешенном состоянии, не образуя осадка, хотя количество растворимых веществ в нем не увеличилось. Готовится голландское какао сл. обр.: освобожденная от шелухи и других примесей какао-крупка замачивается раствором углекислой щелочи (поташом, содою или углекислым аммонием) с таким расчетом, чтобы на 100 кг крупки приходилось не более 2 кг щелочи. Смоченная так. обр. крупка выдерживается 2—3 суток при t° 45—50°, а затем высушивается или слегка поджаривается и размалывается на мельницах. Полученная какао-масса обрабатывается дальше, как и для обыкновенного порошка какао. Многие гигиенисты относятся отрицательно к применению щелочи при производстве какао-порошка, поэтому на нек-рых ф-ках для той же цели, т. е. для лучшей суспензии, обрабатывают какао-крупку паром.

Лит.: Рапорт А., Производство шоколада и какао, М., 1926; Товароведение, под ред. П. Петрова и Ф. Церенгинова, т. 4, М.—Л., 1929; K r e u t z A., Kakao u. Schokolade, Lpz., 1919; G o r d i a n, Abhandlungen über Kakao u. Schokolade, Hamburg, 1924; Z i p p e r e r P., Die Schokoladenfabrikation, 4 Aufl., B., 1924; L e c o q R., Cacao, poudres de cacao et farines composées alimentaires avec et sans cacao, P., 1925. А. Шур.

ШООПИРОВАНИЕ, см. *Металлизация*.

ШОССЕЙНЫЕ ДОРОГИ, см. *Дорожное дело*.

ШОТЛАНДКА, пестрая ткань в большую клетку. Ш. вырабатывается гл. обр. из крашеной в разные цвета шерстяной пряжи, крученой или некрученой; кроме того материалом для нее может служить цветная хл.-бум. и шелковая пряжа; в бумажной Ш. могут быть просновки из искусственного шелка. Ш. вырабатывается в виде плательной ткани, теплых платков и шелковой ткани для платков и галстуков, иногда как подкладочная ткань. В зависимости от назначения ткани и материала количество цветов в рисунке и размер клетки различны. Вырабатывают Ш. на многоочелюстных станках, б. ч. саржевым переплетением.

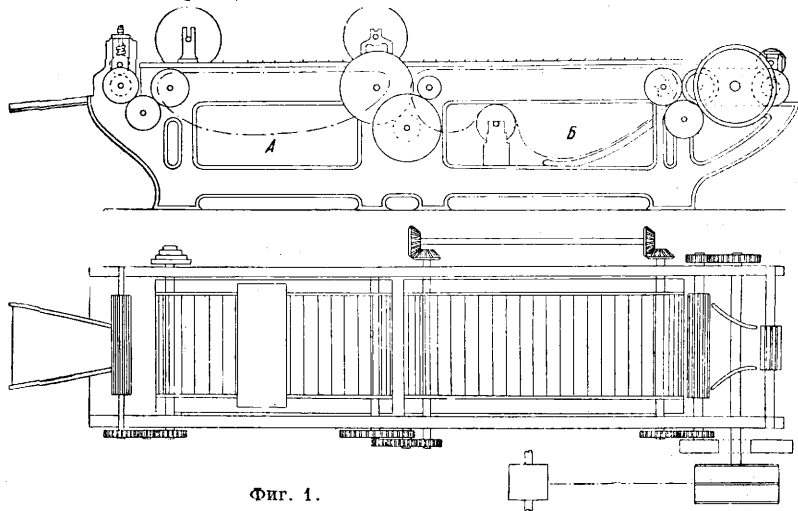
ШПАГАТ, род пряжи, изготовляемой из волокон растительного происхождения, состоящей из одной или двух скрученных между собой нитей. В зависимости от методов изготовления, а также от вида принятого в переработке сырья Ш. подразделяется на две основные группы: а) Ш. сноповязальный, для вязки снопов на сноповязалках, б) Ш. увязочный, применяемый в с. х-ве (для зашивки мешков, сушки табака), рыбном хозяйстве, ж.-д. транспорте, торговой системе и др. Сноповязальный Ш. в зависимости от перерабатываемого сырья бывает из русской, манильской и сизальской пенки. Манильской и сизальской сноповязки изготовляются однониточными, а из длиноволосяй и коротковолосяй пенки встречается как двуниточный, так и однониточный сноповяз, получивший в последнее время в СССР особое распространение. Производство сноповязального Ш. в СССР начало получать развитие только после революции и, начиная с 1926/27 г., по данным Наркомлегпрома представляется сл. обр.: 1926/27—75 т, 1927/28—127 т, 1928/29—1 148 т, 1930—8 170 т, 1931—5 529 т, 1932—7 569 т, 1933—8 700 т при потребности в сноповязе к концу первой пятилетки в 27 000 т, а к концу второй пятилетки в 45 000 т. Для удовлетворения этой потребности намечены реконструкция и расширение действующих ф-к, а также постройка новых. Увязочный Ш. изготовляется исключительно двуниточным из коротковолосяй пенки, льняных очесов и скручивается в сторону, противоположную их первоначальному скручи-

ванию. В отличие от сноповязального Ш. увязочный Ш. подвергают процессу шлихтования и полирования. В зависимости от потребной толщины и разрывного сопротивления увязочный Ш. изготавливается из различных номеров пряжи.

Манильский и сизальский сноповязальные Ш. Широкому распространению сноповязалок содействовал правильный выбор сырья для производства сноповязального Ш., использование которого обеспечивало правильную работу сноповязалок при низкой его продажной стоимости. После значительных изысканий в Америке было установлено, что одним из наиболее дешевых видов сырья, удовлетворяющих поставленной задаче, является волокно многолетних экзотич. растений (*Musa textilis*), произрастающих на Филиппинских о-вах, и растения *Agave*, произрастающего в Африке, Америке и на Яве; из первого получают манильскую, из второго — сизальскую пеньку. Сизальская пенька благодаря более высоким свойствам пряжести и более низкой цене вытесняет манильскую пеньку, к-рая в силу более высоких противогнилостных свойств и грубости волокна применяется в большей своей части для канатных изделий. Использование сизальской пеньки при производстве сноповязального Ш. в Америке и Э. Европе основывалось кроме низкой цены на ее высоких свойствах пряжести, дающих возможность повысить скорость прядения до 40 м/мин при доведении коэф-та крутки a до 1,75—1,8; этому также способствовали весьма низкие проценты угаров сизальской пеньки, получаемые повидимому благодаря процессу эмульгирования ее во время подготовки сырья к прядению. Расход сырья на 1 т продукции при этом удается довести до 0,90—0,93 %. Расход манильской и сизальской пеньки разных марок на основе практики в СССР был следующий: манила NGK—0,95; африканская сизаль Doboа—0,90, Bambur—0,90; Tayadi—0,90, Ambomi SII—0,90, Comba—0,90, Kadifu—0,90, Menta—0,90, Buniri—0,91, Sad—0,91; мексиканская сизаль Heneken—0,93. Сизальский или манильский сноповяз изготавливается однониточным по методу длинного прядения (см.) в зависимости от качества перерабатываемого сырья в пределах № 0,55—0,75 (англ.), что соответствует 330—450 м в 1 кг. Разрывное сопротивление Ш. в зависимости от принятого в переработку сырья и номера изготавливаемого Ш. колеблется в пределах 30—50 кг. Для придания Ш. товарного вида его перематывают с катушек в крейцшпупли высотой в 175 мм при максимальном диам. в 195 мм и при весе клубка 3—3,2 кг. Упаковка сизальского Ш. производится путем укладки 6 или 8 крейцшпупли в мешок с крестообразной перевязкой веревкой.

Фабричная обработка сизальской пеньки в сноповязальном Ш. производится на специальных машинах, причем процесс прядения ее, как и при прядении европ. лубяных волокон, разбивается на две основные части: а) подготовка

пеньки к прядению (подготовительный процесс), б) прядение. Подготовительный процесс проводится на специальном наборе (системе) машин, состоящем из двух или трех (в зависимости от качества сизальской пеньки) горизонтально-чесальных машин сист. Гуда (фиг. 1) и трех ленточных машин. Машина Гуда состоит из двух гребенных полей А и Б, расположенных одно позади другого и работающих при различных скоростях, в результате чего волокна, проходящие с первого на второе гребенное поле,



Фиг. 1.

подвергаются прочесу. Волокна горстями укладываются на перемещающееся полотно питательного стола и поступают к питательным цилиндрам, к-рые передают волокна первому гребенному полю. Пронизанные иглами первого гребенного поля волокна перемещением последнего передаются второму гребенному полю и иглами гребней направляются к вытяжному, затем к выпускным цилиндрам. Подвергнутые первому прочесу волокна из первой машины Гуда выходят в виде ленты и собираются в специально установленный перед выпускным цилиндром таз (форму). Для второго пропуска полученных лент при дублировании их в 6—8 лент используются горизонтально-чесальные машины с более тонкой гарнитурой и без питательного стола, вместо к-рого устанавливаются перед питательным цилиндром специальные кронштейны (журавли); через них переберсывают ленты с первой чесальной машины.

Для механизации процесса эмульгирования сизальской пеньки над первыми гребенными полями первой и второй чесальных машин устанавливаются баки с эмульсией, равномерно подающие эмульсию на проходящие волокна. Основные данные чесальных машин для обработки сизальской и нашей пеньки даны в табл. 1. Производительность горизонтально-чесальной машины в зависимости от принятой вытяжки и степени загрузки 2 000—2 500 кг за 7-час. рабочий день. Полученные после пропуска через машины Гуда ленты для дальнейшего процесса выравнивания волокон по длине и прочесу пропускаются через ленточную машину (фиг. 2), к-рая по своей конструкции напоминает обыкновенные червячные ленточные машины в пенeko- и льнопрядении. Значительная длина штапеля волокон в ленте, полученной с машины Гуда, а также с первых ленточных машин, заставляет ленточные машины строить с большей

Табл. 1.—Горизонтально-чесальные машины системы Гуда.

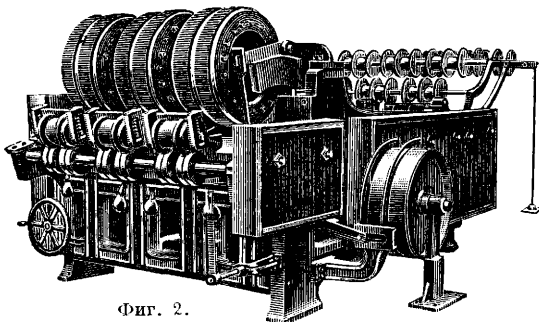
Показатели	№ 1	№ 2
Число головок на машине . . .	1	1
» дент в головке . . .	1	1
Диам. вытяжного цилиндра, мм . . .	6	6
» питательного цилиндра, мм . . .	6	6
Расстояние между гребнями, мм . . .	115	115
Ширина кондуктора, мм . . .	7	7
» поля игл, мм . . .	22	22
Длина игл первой цепи, мм . . .	5,25	5,25
» » второй » » . . .	6,25	6,25
Диам. игл, мм . . .	9	8
Число игл на 1 мм. первой цепи . . .	1,25	7/8
» » 1 » второй » . . .	7/8	5/8
Растяжение . . .	7—13	7—13

разводкой (ричем) по сравнению с ленточными машинами для тонкого пенькового и льняного прядения. В табл. 2 даны основные данные ленточных машин для прядения сизальской пеньки.

Табл. 2.—Спецификации ленточных машин.

Показатели	№ 1	№ 2	№ 3
Головки в машине . . .	1	2	2
Ленты на » . . .	4	8	12
Выпуски в » . . .	2	4	6
Диам. вытяжного цилиндра, мм . . .	8	6	5
Диам. в нажимном кож. барабане, мм . . .	30	24	20
Ширина кож. барабана, мм . . .	170	120	82
Диам. питат. цилиндра, мм . . .	4,5	4	4
Расст. между цилиндрами, мм . . .	65	60	54
Диам. червяков, мм . . .	3,5	3	2,5
Шаг червяка, мм . . .	1,5	1,15	1
Ширина кондукторов, мм . . .	6	4,5	2,75
» поля игл, мм . . .	7	5,5	4
Полная длина игл, мм . . .	4,25	2,75	2
№ игл . . .	4	6	8
Число игл на 1 мм. . .	2	2,5	3
Растяжение . . .	7—13	7—13	7—13

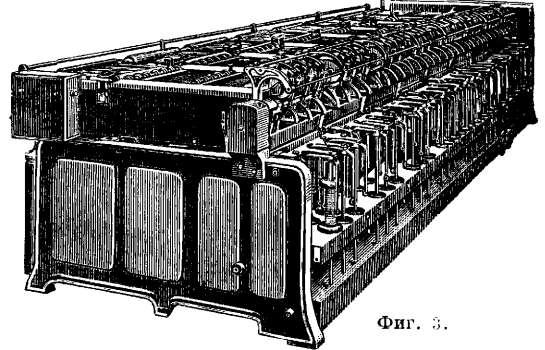
Прядение сизальского сноповяза м. б. произведено на трех видах прядильного оборудования: а) прядильные автоматы, б) механич. гильспининги, в) электрогильспининги. Машины аналогичны по конструкции таким же машинам



Фиг. 2.

для прядения других льняных волокон, но отличаются от них, как и ленточные машины, большим ричем и характером гарнитуры. При высоком № пряжи для сноповязального Ш. нецелесообразно использование прядильных автоматов вследствие большого расхода рабочей силы. Число прядильных автоматных веретен на одну работницу 6. Более производительным оборудованием необходимо считать механич. гильспининги (фиг. 3) при их обслуживании двумя работницами (размер рогулек 10"×6", число

об/м. 650, число веретен на машине 48). Наиболее производительным оборудованием для изготовления сизальского сноповяза необходимо считать электрогильспининги с размером катушек 10"×8" (число оборотов рогулек равно 2 080 в мин., число рогулек 48), с механич.



Фиг. 3.

съемом катушек. Практика изготовления на электроспинингах пряжи № 0,55 показывает, что расход рабочей силы на 1 т изделия 100—120 чв-ч. при расходе электроэнергии 200—250 кВт на 1 т продукции. Производительность веретена на веретено-час 4—5 кг. Планы прядения сизальского сноповяза из пряжи № 0,55 (англ.) представлены в табл. 3.

Табл. 3.—План прядения сноповяза.

Машины	Вытяжка	Дублир.
Горизонт.-чесальные		
№ 1	12	—
№ 2	10,6	6
Ленточные		
№ 1	8,5	8
№ 2	9,2	6
№ 3	8	4
Гильспининг	11,4	—

Сноповяз из русской пеньки. Резкое увеличение вырабатываемых в СССР сноповязок поставило вопрос об изготовлении сноповяза из отечественных видов сырья, причем была использована длинная трепаная пенька при переработке ее по методу длинного прядения. Прядение этой пеньки с достаточным успехом проводится на машинах для прядения сизальской пеньки. Значительная потребность в сноповязе, к-рая оказалась гораздо выше сырьевых ресурсов СССР в длинноволосяной пеньке, учитывая потребность в ней для производства канатов, заставила проработать вопрос об использовании низкосортной пеньки (короткой) для производства сноповяза. Проведенные Тимирязевской с.-х. академией и НИТИ опыты показали возможность использования в сноповязалках (при соответствующей отрегулировке их) однониточного сноповяза, изготовленного по способу короткого прядения из низких сортов пеньки, пеньковых очесов и конопляного луба. Типовым сноповязальным Ш. в СССР признан сноповяз, изготовленный по короткому способу, соответствующий следующим основным техническим требованиям:

№ шпагата англ.	0,60	Высота клубка, мм	175
Число м в 1 кг . . .	360	Допуск. отклон. в размерах клубка, %	5
Допуск. отклон. в номере	0,01	Крепость, кг	24
Толщина Ш., мм . . .	3	% неравнокости по крепости	15
Допуск. отклон. в толщине, мм . . .	1		
Диам. клубка, мм . . .	190		

Прядение снопозавального Ш. по короткому прядению проводится путем пропуска волокна через грубую (брекер) и тонкую (финишер) карду, а затем путем пропуска через три ленточные машины. Полученные с 3-й ленточной машины ленты передаются на механич. гильспининг с

Табл. 4. — Спецификация карды.

Показатели	Диам. валик-ка по чуточку, ДМ.	Планки на валике	Ряды игл в плане	№ игл	Рабоч. длин-на иглы, ДМ.	Число игл на 1 ДМ. ²
Тонкая карда *1						
Барaban	60	189	7	12	9/32	6,25
Питат. валик	25 ⁷ / ₈	6	9	10	13/32	3,06
Чиститель пита-теля	8	36	4	12	5/13	3,06
Валики:						
1-й сьемный	8	36	5	12	1/4	4
1-й рабочий	7	30	5	12	9/16	4
2-й сьемный	8	36	6	13	1/4	6,25
2-й рабочий	7	30	6	13	1/2	6,25
3-й сьемный	8	36	7	13	1/4	9
3-й рабочий	7	30	7	13	7/16	9
4-й сьемный	8	36	7	14	1/4	9
4-й рабочий	7	30	7	14	7/16	9
5-й сьемный	8	36	8	15	1/4	12,25
5-й рабочий	7	30	8	15	3/8	12,25
6-й сьемный	8	36	9	16	1/4	16
6-й рабочий	7	30	9	16	3/8	16
1-й сьемный	14	51	10	16	3/8	16
2-й сьемный	14	54	12	17	3/8	20,25
Грубая карда *2						
Барaban	18	150	5	10	3/8	2,6
Питатель	18 ¹ / ₂	69	5	9	1/2	4
1-й чиститель	14	60	5	10	3/8	4 ¹ / ₂
1-й рабочий	14	60	6	10	7/16	4 ¹ / ₂
2-й чиститель	14	60	5	10	3/8	4 ¹ / ₂
2-й рабочий	14	60	6	10	7/16	4 ¹ / ₂
Сьемный	18	69	6	12	1/2	5 ¹ / ₂

*1 Сьемный механизм—быстрые пойки; лент каждого вальсна 3; диам. и ширина прив. шкива 24×5 дм.; мощность 5 лр; скорость шкива 150 об/м.; питание посредством столка. *2 Длина машины 16 фт. 6 дм., ширина 10 фт. 3 дм.; ∅ и ширина шкива машины 24×6.

обыкновенной или подвесной рогулькой. Подготовительное оборудование для прядения короткого пенькового волокна по конструкции напоминает машины для прядения очесов льна (см. *Льнопрядение*). В табл. 4 и 5 приведены основные данные о кардах и ленточных машинах для прядения пенькового снопозава.

Табл. 5.—Спецификация ленточных машин.

Показатели	№ 1	№ 2	№ 3
Головки в машине	6	5	6
Скобки на гребне	4	6	8
Выпуски	6	10	12
Рич, дм.	13—14	12—13	11—12
Диам. приемн. цилиндра, дм.	1 ³ / ₄	1 ³ / ₄	1 ³ / ₄
Диам. вытяжн. цилиндра, дм.	2 ³ / ₄	2 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄
Ширина скобы, дм.	5	3 ³ / ₄	3
Ширина ленты, дм.	3 ¹ / ₂	2 ¹ / ₂	2
Ход винта	Двухходовой червяк		
Шаг винта, дм.	3 ⁴ / ₄	5 ⁸ / ₈	9 ¹ / ₁₆
Число игл на 1 дм.	4	5	5
Число рядов игл	2	2	2
Иглы	13	14	15
Полная длина игл, дм.	1 ³ / ₈	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₈
Пределы вытяжек	4—8	4—9	5—10
Нажимные валики	Кожаные		

Механич. гильспининги с обыкновенной рогулькой для производства снопозава в СССР вытеснены механич. гильспинингом с подвесной

рогулькой, конструкция к-рого дает возможность довести число оборотов до 1 000 об/м. вместо 600—650 для обыкновенного гильспининга с катушкой 10"×6", при этом подвесная рогулька дает возможность осуществить механич. сьем катушек. Производительность веретена в час при коэф-те крутки 2,6 равна 2 кг пряжи № 0,66. Расход на 1 т продукции составляет 140—150 чв-ч. Характеристика обыкновенного и быстрого гильспинингов дана в табл. 6.

Табл. 6. — Характеристика гильспининга.

Показатели	Тихоходный *1	Быстроходный *2
Головки в машине	8	10
Веретена	64	60
Скобки на гребне	8	6
Выпуски	8	6
Рич, дм.	11—12	11—12
Диам. приемн. цил., дм.	1 ³ / ₄	2
Диам. вытяжн. цил., дм.	2 ¹ / ₄	2
Ширина скобы, дм.	2 ¹ / ₂	1 ³ / ₄
Ширина ленты, дм.	3 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄
Ход винта	Двухходов. червяк	
Шаг винта, дм.	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
Число игл на 1 дм.	6	9
Число рядов игл	2	2
Иглы	16	18
Полная длина иглы, дм.	1 ¹ / ₈	1 ¹ / ₁₆
Пределы вытяжек	5—9	5—9
Нажимные валики	Кожаные	
Пределы падения гребней	86—161	125—228
Длина машины, мм	9 000	9 500
Ширина машины, мм	2 700	2 700
Потребн. мощность, kW	5,5	20

*1 750 об/м., 64 веретена. *2 60 веретен.

Прядение короткой пеньки из англ. пряжи № 0,60 производится по следующему плану:

Грубая карда, вытяжка	9
Тонкая карда:	
Вытяжка в карде	13
Вытяжка в ролинге	1,5
Дублировка	9
Вес 250 м ленты в кг	10,45
Ленточные машины:	
1-я { Вытяжка	4,25
{ Дублировка	4
2-я { Вытяжка	5
{ Дублировка	3
3-я { Вытяжка	5,5
{ Дублировка	4,0
Гильспининг:	
Вытяжка	6,25
Крутка на 1 дм.	2,2

Для производства снопозава по короткому прядению применяются все виды низких сортов пеньки, пеньковая пакля, пеньковый луб, лен, брак и вытруска из-под кард. В зависимости от принятой смеси находится производительность прядильного оборудования, а также уд. расход сырья на 1 т продукции. Наиболее ходовые смеси (в %) для производства снопозава с указанием уд. расходов сырья приведены в табл. 7.

Перемотка снопозава из русской пеньки производится также на крестомотальной машине в клубки размером 175×190 мм. Узвзочный Ш., как указывалось выше, изготавливается путем скручивания двух нитей, изготовленных из пенькового или льняного волокна. Основные технич. условия пенькового узвзочного Ш. содержит ОСТ 1669. Стандарт на пеньковый узвзочный Ш. наряду с крепостью устанавливает длину Ш. в гм в 1 кг для каждого номера Ш.; число узлов в Ш. не должно превышать одного узла на 50 м. Полировка Ш. должна полностью

Табл. 7.—Смеси сырья для сноповяза по короткому прядению.

Компоненты смеси	а	б	в	г	д
Пенька 3-го сорта . . .	35	35	—	—	35
» отх. брак . . .	30	30	7,5	10,5	30
Посконь стланая . . .	10			7,0	
Пеньк. очесы № 4 . . .	12,5		30	21,0	
Шаклы трепаная . . .			10	4,5	
Луб-пенька . . .			26	28,5	35
Лен-брак . . .			11	25,0	
Турбин. отходы пеньк. луба . . .			8,5		
Выгрузка из-под кард. Луб пеньковый № 8 . .	12,5	35			
Уд. расходы . . .	1,4	1,67	1,72	1,7	2,0

загладить торчащие волокна на поверхности Ш., и Ш. не должен иметь заметных промежутков между отдельными нитями. Размотка Ш. в зависимости от нужд покупателей производится в мотки или клубки различной разновидности. Увязочный Ш., изготовленный из льняного сырья, не имеет утвержденного стандарта и изготовляется в части ассортимента аналогично пеньковому, но с несколько меньшим разрывным сопротивлением. Для производства увязочного шпагата в предусмотренном стандартом ассортименте требуются следующие номера (англ.) пряжи:

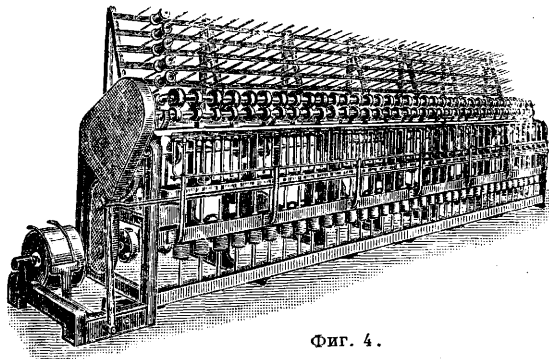
№ шпагата . . .	1,3	3	4	6	8	11	15
№ пряжи	0,45	1,03	1,37	2,05	2,74	3,75	5,12

Изготовление увязочного шпагата в процессе производства подразделяется на следующие основные части: а) подготовка сырья к прядению

(подготовительный процесс), б) прядение пряжи, в) крутильный процесс, г) полировочный процесс, д) перемоточно-клубочный процесс. Подготовку сырья к прядению производят так же и на тех же производственных механизмах (мялки, карды, ленточные машины), что и при производстве пенькового сноповяза из коротковолосяной пеньки. В зависимости от требуемого номера пряжи для увязочного Ш. прядение ее производится на различных видах прядильного оборудования. При изготовлении пряжи до 2-го номера (англ.) прядение производится на гильспинингах, при повышении номера прядение переводят на гильватеры и сухие ватеры. При прядении на ватерах требуется, как и в льнопрядении, предварительное изготовление ровницы на банкаброшах. Гильспининги для прядения пеньковой пряжи аналогичны обыкновенным гильспинингам для прядения пенькового сноповяза, но отличаются от последних размером рогулек (для номеров от 0,5 до 0,75—10"×6" и 9"×4,5"). Гильватеры для прядения пряжи № 1—1,5 представляют род гильспинингов, у которых вращение веретен передается от ременной передачи вместо шестеренной, каковая имеется на обыкновенных гильспинингах. Такая система передачи дает возможность резко повышать число оборотов веретен гильватера (1 500) по сравнению с механич. гильспинингом (900).

Для прядения пряжи № 2,2—5,5 употребляются ватеры с обыкновенными и подвесными рогулками при размере катушек 7"×3,5" и 5,25"×2,75". Основные данные размеров гильспининга, обыкновенных ватеров, ватеров с подвесной рогулкой, с указанием числа оборотов и номеров перерабатываемой пряжи приведены в табл. 8.

Пряжа для пенькового Ш. подвергается процессу скручивания вдвое нити, к-рый производится на специальных крутильных ватерах.



Фиг. 4.

Крутильный ватер (фиг. 4) отличается от крутильных ватеров, применяемых в льнопрядении, размером рогулек и для больших рогулек—системой торможения катушек. При больших размерах рогулек торможение катушек производится не с помощью грузиков, а с помощью

Табл. 8.—Виды оборудования для прядения пряжи увязочного шпагата.

№ пряжи N	Тип оборудования	Размер катушки, дм.	Число об/м. рогулек	Крутка пряжи на 1 дм.	Кэф. использа.	
0,5—0,75	Механич. гильспининги:	обыкновенные . . .	10×5	600	} 2,75 √N	0,85
			9×1,5	750		
	Гильватер	10×6	1 100	} 2,1 √N	0,90	
		9×1,5	1 600—1 700			0,80
1—1,5	Ватеры:	обыкновенный . . .	5×3	1 600	} 2,1 √N	0,85
с подв. рогулками . . .			7×3,5	2 300—2 500		
обыкновенный . . .			4,5×2,75	2 000		
с подв. рогулками . . .			5,25×2,75	3 000		

специально установленных тормозных приспособлений. Данные о крутильных ватерах обыкновенных и с подвесной рогулкой приведены в табл. 9 с указанием линейного выпуска с учетом коэффициента использования ватера.



Фиг. 5.

Скрученный шпагат подвергается процессу шлихтования и полировки на специальном оборудовании, называемом полировочной машиной. На фиг. 5 представлена полировочная машина, состоящая из шпулярника, на котором устанавливаются катуш-

Табл. 9.—Крутильные ватеры для увязочного шпагата.

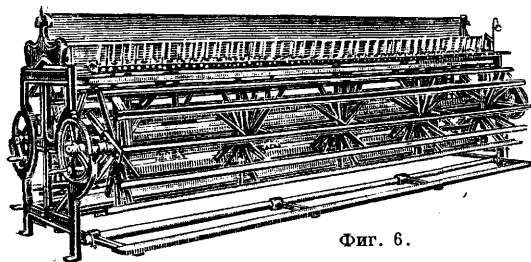
№ Ш. по стандарту	Кручение на 1 дм.	Обыкновенные ватеры			Ватеры с подвесными рогульками		
		Размер катушек, дм.	Число об/м. рогулек	Линейный выпуск, м/мин	Размер катушек, дм.	Число об/м. рогулек	Линейный выпуск, м/мин
1,3	2,5	10×5	700	5,35	10×6	1 750	15
3	3,52	10×5	700	3,8	10×6	1 750	10,7
4	4,35	8×4	1 000	4,4	8×4	2 000	9,9
6	5	8×4	1 000	3,8	8×4	2 000	8,7
8	6,15	6×4	1 450	4,5	8×4	2 000	7,1
11	7,1	6×4	1 450	3,95	7×3,5	2 300	7,0
15	8,65	5×3,5	1 800	4,0	7×3,5	2 300	5,8

ки с крутильных ватеров и вращающихся барабанов (от одного до трех на машине в зависимости от конструкции); через них пропускается

Табл. 10.—Характеристика полировочных машин для увязочного шпагата.

№ шпагата по стандарту	Кол-во барабанов	Диам. барабана в англ. дм.	Число шпинделей на мотальной станке	Число об/м. барабана	Кпп	Выпуск шпагата	
						м/мин	% в смену
1,3	2	40	28	2	0,9	160	520
3,0	2	40	28	3	0,9	252	355
4,0	2	36	32	4	0,9	330	345
6,0	2	36	32	4,8	0,9	397	278
8,0	2	36	48	5,25	0,9	650	340
11,0	2	36	48	6	0,9	742	283
15,0	2	30	32	10	0,9	690	195

пар. Между барабанами и шпулярником расположены корыта, в которых помещается



Фиг. 6.

вода, шлихта и очистительные и полировочные валики. Неполированный шпагат с установленных на шпулярнике катушек (число катушек на шпулярнике зависит от конструк-

нов перемещается по ним по направлению к другому краю барабанов. Для приемки отполированного и просушенного Ш. установлен с числом катушек, равным числу катушек на шпулярнике. Для равномерной укладки Ш. на катушки на мотальном станке имеется специальныйводитель, через крючки к-рого пропускается Ш. Скорость прохождения шпагата на полировочных барабанах принимается такой, чтобы обеспечить хорошую просушку увязочного шпагата. Данные о полировочных машинах приведены в табл. 10.

Перемотка увязочного Ш. в мотки производится на обыкновенных мотовилах (фиг. 6), а перемотка в клубки производится на клубочных машинах. Разновеска увязочного Ш. принимается по стандарту. В зависимости от номера изготавливаемой пряжи для увязочного Ш. принимается смесь сырья. Чем выше номер изготавливаемой пряжи, тем качество входящих в смесь сырья компонентов должно повышаться. Смеси сырья для различных номеров пряжи даны в табл. 11.

Испытание увязочного шпагата производится согласно общесоюзному стандарту (ОСТ) на разрыв и равномерность по номеру.

Лит.: Герцог Р., Пенька и лубяные волокна, пер. с нем., Москва, 1931; Крашенинников Ф., Прядение пеньки и производство крученных изделий, Москва, 1929.

ШПАЛЫ, рельсовые опоры ж.-д. пути, которые укладываются поперек пути, перпендикулярно к его продольной оси. Благодаря тому что Ш. подводится под оба рельса колеи, получается прочная, жесткая связь между рельсами (фиг. 1). Ш., именуемые также поперечинами, делают из различных материалов: дерева, металла и железобетона. В настоящее

Табл. 11.—Характерные смеси для пеньковой пряжи (в %).

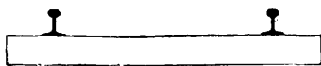
№ Ш. по стандарту	№ пряжи англ.	Пенька шпагатная				Пеньковая пакля	Отходы производства	Черная рвань	Нитки путаные	Увои
		1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт	Брак					
1,3	0,45	—	—	—	35	—	30	20	15	—
3	1,03	—	—	—	50	—	35	—	20	10
4	1,57	—	—	50	—	30	—	—	10	10
6	2,05	—	—	60	—	40	—	—	—	—
8	2,74	—	50	20	—	30	—	—	—	—
11	3,75	—	30	70	—	—	—	—	—	—
15	5,12	80	20	—	—	—	—	—	—	—

время особенно широкое, повсеместное распространение получили шпалы из дерева. Деревянные Ш. для ж.-д. представляют собой отрезки ствола дерева (только) с двумя параллельно спиленными или отесанными гранями; эти грани называются постелями (верхняя и нижняя постель Ш.). В зависимости от способа изготовления Ш. подразделяются на: 1) пластинные (получаемые из половины шпальной тольки, распиленной вдоль), 2) брусьевые (из целых толек—путем опилки или отески их с двух или четырех противоположных сторон). В зависимости от размеров, длины и поперечного сечения Ш. делятся на семь типов: 0; 1; III; IV:

время особенно широкое, повсеместное распространение получили шпалы из дерева.

Деревянные Ш. для ж.-д. представляют собой отрезки ствола дерева (только) с двумя параллельно спиленными или отесанными гранями; эти грани называются постелями (верхняя и нижняя постель Ш.). В зависимости от способа изготовления Ш. подразделяются на: 1) пластинные (получаемые из половины шпальной тольки, распиленной вдоль), 2) брусьевые (из целых толек—путем опилки или отески их с двух или четырех противоположных сторон). В зависимости от размеров, длины и поперечного сечения Ш. делятся на семь типов: 0; 1; III; IV:

II; V и VI. Ш. типов 0, I, III и V изготавливаются как брусковые, типов II, IV и VI — как пластинные (фиг. 2). Деревянные Ш. делают из дуба, сосны, бука, ели, кедра, лиственницы, пихты и других древесных пород. Из указанных пород древесина дуба обладает наибольшей твердостью и наибольшей долговечностью даже не в пропитанном антисептиками состоянии. Тем не менее применение дубовых Ш. ограничено как у нас, так и за границей тем, что дубовых лесов сравнительно мало. Недостатком дубовых Ш. является их способность растрескиваться, а также их кривизна. Особенно широкое распространение как у нас, так и за границей имеют сосновые Ш. Древесина сосны хотя и не обладает такой твердостью, как дуб, но зато отличается прямой формой, не обладает способностью растрескиваться, значительно дешевле дуба и прекрасно принимает пропитывающие вещества. Древесина бука в непропитанном состоянии очень недолговечна. Средняя продолжительность службы у нас непропитанных Ш. дубовых 8—10 лет, сосновых 4—5 лет, еловых 3—4 г., буковых 3 г. Выходят Ш. из строя по двум причинам: от гниения и от механического износа. Основной причиной гниения являются грибы. В дубовой Ш., пораженной грибом *Daedalea quercina*, появляются трещины



Фиг. 1.



Фиг. 2.

вдоль сердцевинных путей. Этот гриб вызывает сильное и быстрое разрушение. Грибы, вызывающие окрашивание древесины — синева (к-рая появляется в заболони в виде сплошного кольца или в виде отдельных пятен), причиняют вред очень значительный. На технические качества древесины, как крепость, синева влияния почти не оказывает. Грибы м. б. убиты различными ядовитыми веществами и не только такими сильными, как сулема, но и такими, как напр. дубильные вещества (таннин); поэтому такие лиственные породы, в древесине которых содержатся дубильные вещества, способны оказывать сопротивление развитию грибов. Смола хвойных деревьев также препятствует развитию грибов. Нек-рые специалисты полагают, что такое благоприятное влияние смолы объясняется не ее токсич. воздействием (ядовитостью), а механическим: смола препятствует проникновению гриба в древесину.

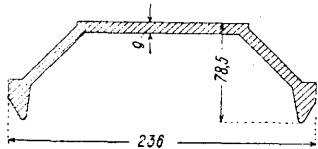
Для предохранения Ш. от гниения обычно применяют пропитку их различными антисептиками. Для получения наилучших результатов пропитки необходимо выбрать антисептик, определить необходимое количество антисептика и выработать метод его применения. Все антисептики можно разделить на две группы:

1) антисептики минерального происхождения (нейтральные соли кислот соляной, серной, фтористоводородной и др.), а именно сулема ($HgCl_2$), фтористый натр (NaF), медный купорос ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), хлористый цинк ($ZnCl_2$); 2) антисептики органические (различные масла, приготовленные из смол, получаемых из сухой перегонки каменного угля, дерева и др.), а именно: креозот (креозотовое масло каменного угля, бурых углей или древесной смолы), гудрон, асфальт и др. В последнее время употребляют комбинированные антисептики (смеси нек-рых солей с органич. препаратами), напр. смесь фтористого натрия в количестве ок. 90% с различными органич. веществами, к-рые содействуют более прочному удержанию фтористого натрия в древесине; другим примером может служить смесь креозота (25%) с сырой нефтью (75%). В последнее время стали применять эмульсии — смеси воды с какой-нибудь нерастворимой в ней жидкостью, находящейся в мелкодробленном состоянии. Капельки эмульгированного масла д. б. таких размеров, чтобы проходить в поры древесины пропитываемой шпалы. Размеры капелек не превосходят 1 μ . В качестве примера дается состав эмульсии — к р е о з о н а ф т : 2% каменноугольного креозотового масла, 2% нафтенных к-т, 0,5% аммиака (25%-ного), 95,5% воды. Перечисленные антисептики можно характеризовать т. о.: сулема очень ядовита и опасна для рабочих; теперь не употребляется. Медный купорос вредно действует на металл. части, обладает слабыми антисептич. свойствами. Хлористый цинк обладает слабыми антисептич. свойствами. Фтористый натрий — прекрасный антисептик, особенно в виде комбинированных антисептиков. В виду наличия богатых месторождений фтористых материалов в Туркестане и Забайкальской обл. этот антисептик должен получить у нас большое распространение. Креозот — наилучший антисептик для консервирования дерева. Воду из древесины не выщелачивается и не действует вредно на металл. части. Комбинированные антисептики дают прекрасные результаты (4,5 кг смеси фтористого натрия достаточно на 1 м³ дерева). Прекрасные результаты дают и эмульсии (см. *Дерево, К о н с е р в а ц и я*).

При выборе антисептика наилучшим решением можно считать такое, при котором срок службы Ш., зависящий от степени ее загнивания, был бы одинаков со сроком, зависящим от механич. износа, т. е., другими словами, следовало бы выбрать такой антисептик, который сделал бы Ш. способной прослужить как-раз столько лет, через сколько она будет изъята из пути вследствие механич. износа. Так, у нас до реконструкции нашего пути при очень быстром механич. износе Ш. (примерно ок. 10 лет) выбор пал на дешевый антисептик — хлористый цинк, при пропитке к-рым срок службы Ш. в зависимости от гниения также доходил лет до 8 или 10. В настоящее время, когда по плану реконструкции нашего пути предложено предохранять Ш. от указанного выше быстрого механич. износа путем увеличения площади подкладок под рельсом и другими способами, вводится пропитка креозотом. Срок службы сосновой Ш., пропитанной креозотом, равен 15 ÷ 20 лет, пропитанной хлористым цинком — ок. 10 лет и не пропитанной — ок. 5 лет.

Наиболее распространен способ пропитки путем нагнетания антисептика под давлением. Пропитка происходит в пропиточных цилинд-

драх из железа или стали, рассчитанных на давление в 8 atm. Размеры цилиндров рассчитаны на помещение в них 6 или 4 вагонетки; на вагонетку помещается 40 Ш. Самый процесс пропитки происходит или по способу полного поглощения или по способу ограниченного поглощения. Способ полного поглощения заключается в том, что после загрузки цилиндра вагонетками со Ш. крышка цилиндра герметически закрывается и в цилиндре держится вакуум не менее 15 мин. для постепенного высасывания воздуха из древесины. После этого цилиндр наполняют антисептич. раствором. Затем происходит нагнетание раствора под давлением ок. 8 atm в течение не менее 30 мин. В виду неэкономичности способа полного поглощения в настоящее время получил широкое распространение (как в Европе, так и в Америке) способ Рюпинга—с способ ограниченного поглощения, при котором тонким слоем антисептика обмазываются лишь стенки клеток древесины и не заполняются пустоты в древесине, что имеет место при полном поглощении. Процесс пропитки: сначала в герметически закрытый цилиндр со Ш. нагнетают воздух под давлением до 4 atm; такое давление поддерживается ок. 10 мин.; затем цилиндр наполняют нагретым раствором (креозотом до 95°); после этого раствор (креозот) нагнетают в Ш. под давлением 5—8 atm в течение 30 мин., далее креозот удаляют, и в цилиндре производится разрежение до 65 см рт. ст. Вакуум поддер-



Фиг. 3.



Фиг. 4.

живают в течение 15 мин. К концу третьей операции воздух находится в сжатом состоянии и количество раствора в Ш. 14—18 кг. Во время четвертой операции сжатый воздух выталкивает часть раствора (креозота) обратно и при этом смазывает раствором стенки клеток. Остается в Ш. раствора ок. 7 кг. Помимо предохранения Ш. от гниения необходимо предохранить ее от механич. износа. Сюда относятся все мероприятия, к-рые направлены к тому, чтобы защитить Ш. от повреждения ее в тех местах, где она соприкасается с рельсом, или в тех местах, куда забиваются костыли (или шурупы), а именно укладка подкладок, увеличение размеров этих подкладок, более прочное соединение подкладок со Ш., просверливание дыр перед забивкой костылей, применение всякого рода втулок.

С технич. точки зрения древесная Ш. бесспорно является наилучшей, что объясняется гл. обр. тем, что она отличается большой упругостью, благодаря к-рой путь не дает жестких ударов, присущих например пути на металлич. Ш.; затем деревянная Ш. отличается устойчивостью (благодаря глубокому положению опорной поверхности), удобной подбивкой и дешевой. В СССР металлич. Ш. совсем не употребляется. На фиг. 3 дана металлич. Ш., употребляемая в Германии, и на фиг. 4—Ш. конструкции Шейбе (Германия). Ш. эта полая, с нижним продольным прорезом и клинообразной нижней поверхностью. Внутренность ее заполняется щебнем. Благодаря нижнему прорезу поперечина эластична, смягчает удары

подвижного состава. Несмотря однако на все достоинства указанной Ш. даже по мнению изобретателя Шейбе она никогда не вытеснит деревянной Ш. Срок службы металлич. Ш. 20—25 лет. Кроме указанных за границей имеют некоторое распространение железобетонные Ш. В СССР железобетонные Ш. уложены лишь в виде опыта. Ш. состоит из металлич. каркаса, втопленного в бетон. Поперечное сечение обычно имеет форму трапеции. Иногда сечение меняется по длине Ш. К достоинствам железобетонных Ш. надо отнести: возможность придать ей любую форму и большую устойчивость благодаря ее большому весу (150 кг), к недостаткам—возможность растрескивания под влиянием динамич. ударов колес подвижного состава. Длина Ш. разных типов—2,50 и 2,10 м; размеры поперечного сечения шпартуки (в см) устанавливаются согласно фиг. 2. Древесина Ш. должна быть здоровая. Ш., изготовляемые из тонкомерных тюлек (диаметром 23 ÷ 31 см), как правило д. б. с неотесанными и неопиленными боковыми сторонами. При изготовлении Ш. из тюлек более указанного диаметра допускается опиловка или отеска боковых сторон, причем в этом случае у чистообрезных Ш. (прямоугольной формы) д. б. сохранены размеры нижней постели и толщины, а у Ш., заготовленных с обшивками, кроме того и размер верхней постели. Распиловка д. б. правильная, отеска—гладкая и ровная, постели д. б. параллельны. Ш. должны быть очищены от коры и луба и оторцованы. Сучки д. б. обрезаны или обрублены в уровень с поверхностью Ш. Не допускается заделка пороков с помощью вкладки и пробок, а также зачистка гнили.

Шпалы д. б. рассортированы по породам и по типам и для хранения д. б. выложены на сухих возвышенных местах, очищенных от щепы, строительного мусора и травы летом, а зимой—очищенных от снега до земли. Ш. должны быть сложены в клетки или штабели на подкладках из окоренной здоровой древесины толщиной не менее 15 см, с прокладками между рядами и с промежутками в рядах между отдельными Ш. не менее 5 см. Промежутки между штабелями д. б. не менее 1 м с разрывом в 4 м через каждые 5 штабелей. Учет Ш. производится поштучно.

Н. Матюшин.

ШПАРУТКА, прибор ткацкого станка для сохранения ширины берда у опушки готовой ткани (см. *Ткацкие станки*).

ШПАЦИЯ, см. *Набор топографский*.

ШПИТЕЛЬ, минерал, относится к изоморфной группе минералов, имеющих общую ф-лу $R''O \cdot R_2''O_3$, где $R'' = Mg, Fe'', Mn, Zn, Al, Fe''', Cr$. Собственно Ш. имеет формулу $MgO \cdot Al_2O_3$ с содержанием $MgO—28,2\%$ и $Al_2O_3—71,8\%$. Очень часто магний в большей или меньшей мере замещается двухвалентным железом, а алюминий—трехвалентным железом или хромом (в последнем случае получается хромшпинель). Ш. кристаллизуется в кубической системе и обычно образует октаэдры красного, розового, бурого, зеленого, синего или черного цветов. Черта белая, прозрачность различная; твердость 7,5—8; удельный вес 3,5—4; спайность несовершенная; излом раковистый; перед паяльной трубкой не плавится и не изменяется. Красная Ш. при прокаливании бледнеет и становится бесцветной, а затем снова делается красной, не принимая, в отличие от рубина, промежуточной зеленой окраски. При сплавлении с бурой и фосфорной

солью Ш. дает реакцию на железо и хром. При прокаливании порошка Ш. с раствором азотнокислого кобальта получается синее окрашивание. Не растворяется в к-тах, разлагается при сплавлении с бисульфатом калия $KHSO_4$. Кристаллы Ш., обычно вросшие или наростшие подиночке, достигают в нек-рых случаях размеров в 20—30 см и весом в несколько кг. В зависимости от химич. состава различают: магнезиальную Ш. (рубин-шпинель), железомagneзиальную—темнозеленую, коричневую или черную (плеонаст), магнезиальнохромовую—желто-коричневую или зеленовато-коричневую (пикотит), цинковую Ш. (автомолит) и др.

Ш. применяются гл. обр. в ювелирном деле как драгоценные камни; в отделку идет *благородная шпинель* (см.) с красным, розовым или фиолетовым оттенками. Различают: тенорозовую рубин-бале, являющуюся драгоценным камнем 1-го класса, светлокрасную—бале-шпинель, гиацинтовую—оранжево-красную, уксусную—красновато-желтую и т. д. Кроме ювелирного дела Ш. применяются также в качестве абразивного материала; сложные горные породы, носящие групповое название и а ж д а к о в, иногда содержат большую примесь Ш.

Месторождения Ш. известны в Ост-Индии, Бирме, на Борнео, Цейлоне, в горной Бухаре, на Памире, в Афганистане, на Урале и в Якутии. Шпинелевые наждаки известны в штате Нью Йорк и других местах.

Лит.: Ферсман А., Драгоценные и цветные камни России, т. 1, П., 1920, т. 2, Л., 1925; Федоровский Н., Курс минералогии, 4 изд., М.—Л., 1932; Dana F., Textbook of Mineralogy, N. Y., 1932. Н. Федоровский.

ШПОНКИ, см. Клям.

ШПОНОЧНЫЕ СТАНКИ, см. Долбление и Фрезеровальные станки.

ШПУЛЬНАЯ МАШИНА, у т о ч н о - ш п у л ь н а я, машина, применяемая для перемотки утка. В тех случаях, когда уток поступает из прядильной фабрики в ткацкую в мотках или на початках, не соответствующих по форме и размеру оборудованию, имеющемуся на ткацкой ф-ке, его перематывают на Ш. м. При этом применяют *шпули* (см.) картонные, деревянные или жестяные или же наматывают уток без шпули. Початок уточной пряжи, наматанный на шпулю, имеет утолщенную в середине и скошенную к верхнему концу шпули форму. С такого початка нить во время работы (в ткачестве) сходит с наружной стороны початка. При другом способе наматки (ш л а у х ш п у л я) уток наматывается на голое веретено и в ткачестве сходит с внутренней стороны шпули, причем початок удерживается в челноке, упираясь наружной стороной о рубчатые стенки челнока. Этим способом наматывают низкие номера хл.-бум., шерстяной, джутовой и льняной пряжи. Этот способ наматки применяется реже, чем обычная наматка на шпулю.

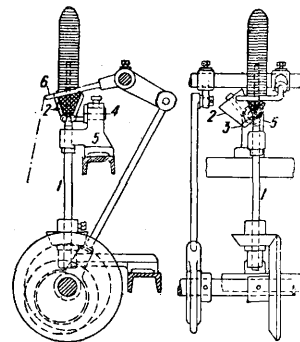
До изобретения Ш. м. для перемотки утка применяли колеса для перемотки, к-рые и теперь еще находят применение в кустарном производстве, а также для перемотки не полностью сработанных шпуль. Шпули при этом надевают на горизонтальные веретена, наматка нити регулируется движением руки, другая рука приводит в движение веретено, вращая соединенное с ним колесо с рукояткой. Веретена на Ш. м. приводятся в движение благодаря трению о конические ролики; веретена для натяжения пряжи д. б. снабжены пружиной или на них должен действовать груз.

Расположение нити при наматке на початке производится нитеводителем. На фиг. 1 изображен чертеж веретена. Нитеводитель 1 при переменном движении вверх и вниз располагает нить по спирали разного наклона (конусная наматка). При медленном движении нитеводителя получается отлогая конусная наматка, при быстром движении пряжа наматывается на шпулю крутой конич. спиралью. При такой наматке более обеспечен правильный сход нити с початка при ткачестве. Обычно движение нитеводителя устанавливается так, что при подъеме он движется быстро, а при опускании медленно. По мере наматывания початка 2 шпуля поднимается вместе с веретеном 3 до тех пор, пока четырехгранная часть веретена не выступит из блока 4; наматка при этом прекращается, веретено берут с машины и снимают с него початок. Для получения початков разной длины применяют веретена разных размеров. Натяжение нити во все время наматки одинаково, т. к. окружная скорость початка постоянна согласно ф-ле:

$$n = \frac{60v}{\pi d},$$

где n —число об./м., v —скорость движения пряжи в м/сек, d —диам. початка. С увеличением движения уменьшается число оборотов.

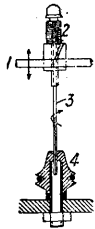
Наматка утка на ш л а у х ш п у л и. Особенность Ш. м. этого типа состоит в том, что пряжа наматывается на голое веретено (фиг. 2): 1—веретено с рубчиком на верхнем



Фиг. 2.

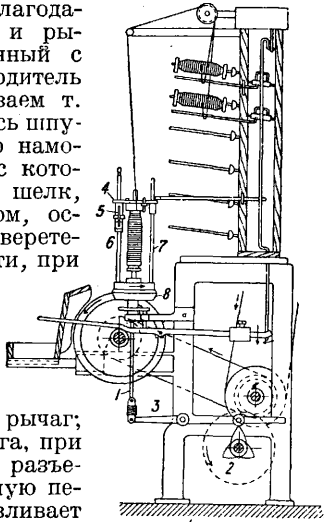
конце, 2—конусный ролик, укрепленный на стойке 3, цапфа к-рой 4 м. б. поворачиваема в головке 5, 6—нитеводитель. Благодаря такому устройству ролик 2 м. б. установлен при любом наклоне к оси веретена. Степень крепости наматки зависит от большего или меньшего угла между стороной ролика и осью веретена. Скорость движения нитки при наматке должна находиться в соответствии со скоростью передвижения нитеводителя; слишком быстрое движение его вверх и вниз оказывает вредное влияние на качество нити, поэтому в некоторых системах машин нитеводитель делают неподвижным, а веретено движущимся вверх и вниз. Строят также Ш. м., на которых веретена (непередвигающиеся) расположены горизонтально и каждое снабжено отдельной шестеренной передачей, помещенной в металлич. коробке, заполненной маслом. Число оборотов веретена 2 500—4 000 в мин. Скорость наматки нити 125—200 м/мин.

Ш. м. для перемотки шелка отличаются от других систем по своему устройству. При наматке шелка одновременно наматывается на шпулю несколько нитей, к-рые не д. б. между собой перекручены и при ткачестве должны ложиться параллельно. В виду того что при сходе со шпули во время ткачества при каждом обороте вокруг оси шпули параллельно лежа-



Фиг. 1.

шие нити перекручиваются, то им дают предварительное кручение в противоположную сторону, равное по числу оборотов тому, которое получается при сходе со шпули. Веретено 1 (фиг. 3) с насаженной на него шпулей движется вверх и вниз благодаря эксцентрики 2 и рычагу 3. Соединенный с планкой 4 нитеводитель 5 м. б. устанавливаем т. о., чтобы получались шпули, б. или м. туго намотанные. Шпули, с которых сматывается шелк, снабжены прибором, останавливающим веретено при обрыве нити, при этом стержень 6 с глазом опускается и поворачивает стержень 7, причем с него соскакивает вследствие действия груза 8 рычаг; другой конец рычага, при этом поднимаясь, разъединяет фрикционную передачу и останавливает веретено 1.



Фиг. 3.

Лит.: Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 2, T. 2, V., 1927.

ШПУЛЯ, вспомогательная принадлежность для прядильных и ткацких машин, бывает в виде трубочки или катушки. Соответственно своему назначению Ш. бывают разной формы и изготавливаются из различных материалов: дерева, картона, жести и др.; Ш. должны обладать достаточной прочностью, чтобы противостоять усилию, затрачиваемому при насадке Ш. на веретено или шпрынку (пружина в ткацком челноке); а также при смене ее в челноке главн. обр. на автоматич. станках. Форма Ш. определяет форму початка; Ш. бывают конические, цилиндрические, с конич. основанием или без него в виде катушек разной формы (см. *Катушечное челночное производство* и *Певка точная*). Ш. применяют как при прядении основы, так и при прядении и перемотке утка.

Ш. из картона для основы — короткие, занимают только нижнюю часть цельного початка; Ш. у т о ч н ы е как конические, так и цилиндрические выпускают с обоих концов цельного початка. Такая форма Ш. облегчает надевание утка на шпрынку, и нить с початка сходит без задержки. Уток на Ш. наматывают во всех случаях, когда он не м. б. помещен в челнок без Ш. Напр. хл.-бум. уток низкого качества наматывают на голое веретено без Ш., но взамен ее нижнюю внутреннюю часть початка подклеивают. Намотка без Ш. применяется также при выработке утка низ-

ких номеров пряжи: хл.-бум., шерстяной, джутовый и других; в этом случае нить сматывается не снаружи початка, а изнутри, и початок удерживается в челноке наружной стороной. На деревянных Ш. протягивают желобок, чтобы початок не соскакивал с него при сходе нити; жестяные Ш. делают иногда с ребрами. Уточные Ш. независимо от материала, из которого они сделаны, д. б. наибольшего возможного размера, чтобы початок мог поместиться в челноке; низкие номера пряжи лучше наматывать на большие Ш., тонкую пряжу — на маленькие, т. к. с больших Ш. она сходит плохо.

ШПУНТОВЫЕ СТЕНКИ, см. *Дополнительный том*.

ШРАПНЕЛЬ, см. *Снаряды*.

ШРИФТЫ, см. *Набор типографский*.

ШТАМПОВАНИЕ, см. *Штамповка*.

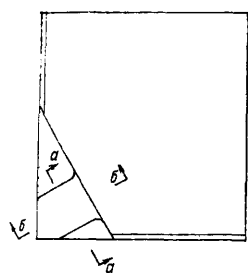
ШТАМПОВКА, штампование, процесс деформации материалов при помощи штампов. Ш. бывает: а) в горячем состоянии 1) для формования полуфабриката из заготовки круглого или квадратного сечения или 2) из листа — горячая листовая Ш., напр. для *котельных работ* (см.); б) в холодном состоянии и 1) для изготовления из листа фасонной детали с наклепом для придания жесткости изделию или 2) для доведения изделия, полученного горячей Ш., до точных размеров, что называется *чеканкой* (см.). Материалом для Ш. могут служить железо, сталь углеродистая и легированная, сплавы алюминия, меди, *пластические массы* (см.) и т. д. Размеры штампованных изделий м. б. самые разнообразные, начиная от мелких и очень точных до очень крупных — несколько сот кг в одной штуке. Оборудование для Ш. очень мощное — *молоты* (см.) и

Отдельные операции Ш. и название ручьев в штампах.

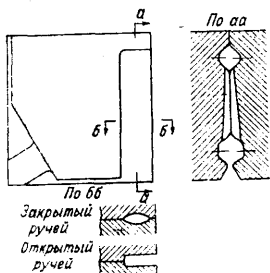
Назначение ручья	Название ручья	
	русское	американское
1. Вытяжка толстых частей заготовки (на фиг. 1 и 2 показаны обжимочные ручьи)	Вытяжной (разгоночный, обжимочный)	Fuller darning impression to draw out
2. Распределение массы металла между отдельными частями штамповки (на фиг. 3 показан перекаточный ручей)	Распределительный (заготовочный, формовочный, перекаточный)	Roller preparing imp. to distribute met.
3. Загибка конца полосы (если надо) (см. фиг. 13, А—Е, б—загибочный ручей)	Загибочный	Edger breakdown forming imp. for piece of uniform thickness
4. Изгиб полосы (волной — напр. колец. вал, фиг. 4)	Гибочный	Snaker to bend or to snake
5. Разрезка части полосы, расщепление на части (вилка) конца или части полосы	Разрезающий (разводящий)	Splitting die or impression
6. Придание предварительной формы (фиг. 5 — штамп для шатуна)	Черновой (предварительный)	Blocker, roughing imp., blocking imp.
7. Окончательная оштамповка	Чистовой (отделочный)	Finishing imp.
8. Отрезка штамповки от державки (tag) или от полосы (на фиг. 6 показан отрезной ручей а; б — расположение ножа совместно с обжимом последовательно; в — расположение ножа совместно с обжимом рядом)	Нож	Cut off

Ш. из картона для основы — короткие, занимают только нижнюю часть цельного початка; Ш. у т о ч н ы е как конические, так и цилиндрические выпускают с обоих концов цельного початка. Такая форма Ш. облегчает надевание утка на шпрынку, и нить с початка сходит без задержки. Уток на Ш. наматывают во всех случаях, когда он не м. б. помещен в челнок без Ш. Напр. хл.-бум. уток низкого качества наматывают на голое веретено без Ш., но взамен ее нижнюю внутреннюю часть початка подклеивают. Намотка без Ш. применяется также при выработке утка низ-

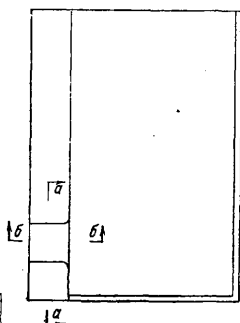
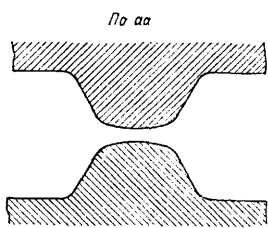
прессы (см.) разных типов. Главнейший инструмент — штампы и обрезные матрицы (см. *Обрезка*); изготовление штампов — необходимая операция в штамповочном цехе. Необходимость Ш. вызвана потребностью изготавливать детали в порядке массового производства: с одного штампа (без переточки ручьев) снимают 5—10 тыс. штук, причем разница в весе первых и последних менее 5%, тогда как в прежнее время, когда Ш. производилась из прокатанной



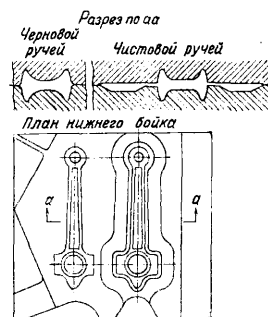
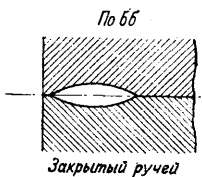
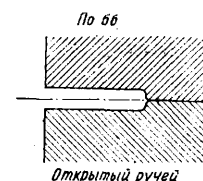
Фиг. 1.



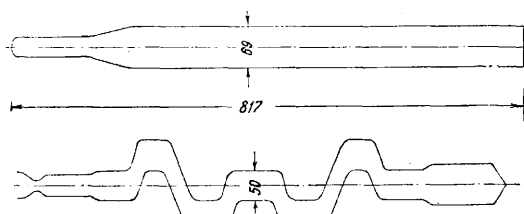
Фиг. 3.



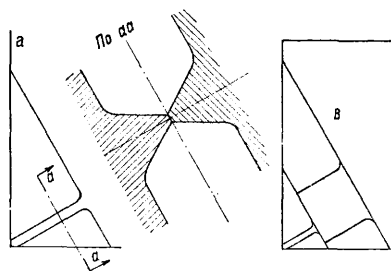
Фиг. 2.



Фиг. 5.

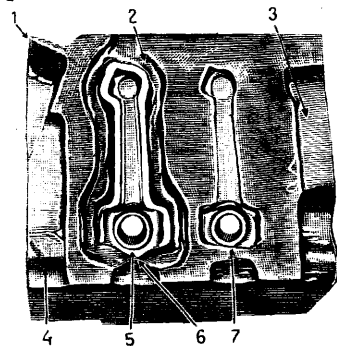


Фиг. 4.



Фиг. 6.

или прокованной заготовки в штампе, имевшем окончательные размеры изделия, штамп выдерживал не более 100—150 шт., после чего разница в весе между первой и последней штукой достигала более 10—15%, а по размерам изделие становилось непригодным. Качество металла Ш. было невысокое. В настоящее время заготовка подготавливается для Ш. в так наз. подготовительных ручьях. Ш. развивалась гл. обр. на основании практики США, а другие страны, в том

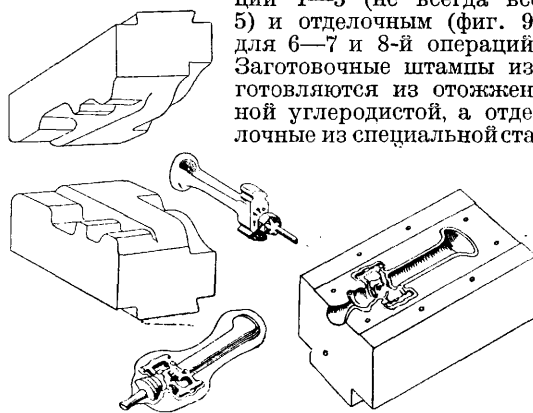


Фиг. 7.

числе и СССР, заимствовали эти приемы; в таблице приведены последовательные операции Ш. и русское и америк. название ручьев в штампах.

В Англии в прежнее время при изготовлении штампов каждый ручей нарезался в одном бойке; при трех ручьях необходимы были три молота (батарея), на к-рых работала одна бригада или даже один человек (молоты с автоматич. подъемом бойка). Низкий коэф. использования механизмов в данном случае, в особенности при большом производстве, вызывал в США стремление нарезать все ручьи в одном штампе

(фиг. 7) (работа одним молотом), отчего штамп получился более тяжелым и применяемый молот более мощным (тяжелый боек). Работа таким молотом имеет свои неудобства: операции в ручьях 1—5 требуют значительно слабее удара, чем в ручьях 6—7, поэтому английские штамповщики ввели работу двумя молотами: заготовочным (фиг. 8), легким для операций 1—5 (не всегда все 5) и отделочным (фиг. 9) для 6—7 и 8-й операций. Заготовочные штампы изготавливаются из отожженной углеродистой, а отделочные из специальной ста-

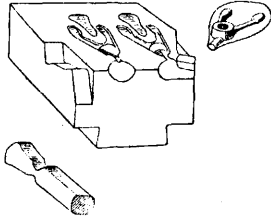


Фиг. 8.

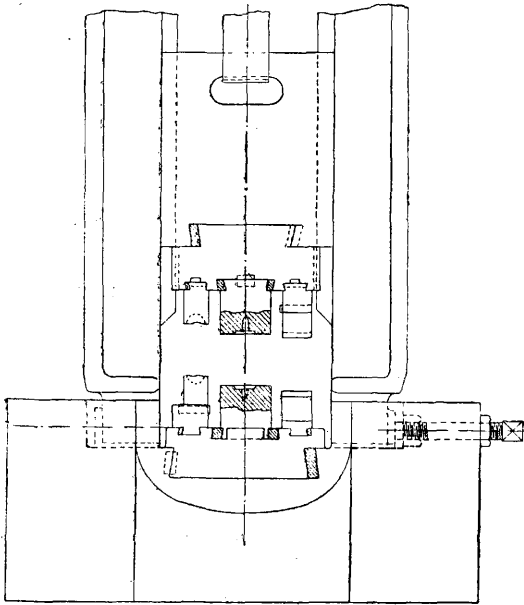
ли. В Америке для удешевления изготовления штампов отделочный (чистовой) штамп делается вставным, что является измененным английским сборным штампом [фиг. 10—молот с установлен-

ными сборными штампами, фиг. 11—установка в нижней подставке (больстер, молота сборного штампа), применяемым только для не крупных штамповок серийного заказа, а вставной ручей, наоборот, применяется для очень крупных штамповок, например коленчатых валов автомобиля.

Как видно из таблицы, современный процесс Ш. (в зависимости от сложности изделия) заключается: в подготовке с распределением объемов металла между полостями штампа (ручей 1, фиг. 12), загибке (или разделении на части) конца заготовки для правильного течения волокна (вытянутые кристаллиты) металла в гибочном ручье



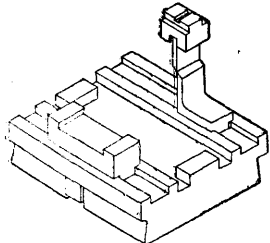
Фиг. 9.



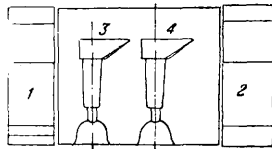
Фиг. 10.

2 и наонец в черновой Ш. 3 (без заусенца) и чистой 4 (с заусенцем); после отрезки заусенца Ш. с точки зрения кузнечного дела готова.

Одной из операций Ш., очень важной для обеспечения устойчивости штампов, является вы-



Фиг. 11.

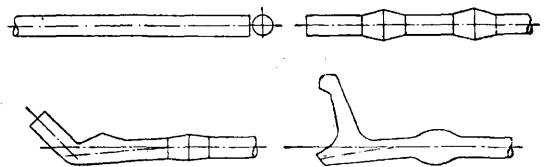


Фиг. 12

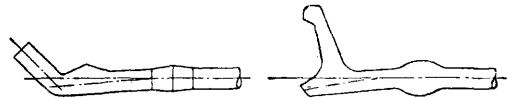
тяжка толстых частей заготовки. Вместо этого можно тонкую заготовку высадить (см. Ковально-осадочные работы) в тех местах, где надо получить утолщение *a, б* (фиг. 13, *A, B, C, D, E*,—штампованная ось из тонкой высадочной полосы без разрезки; фиг. 14—высадка полосы для образования Т-образного хвоста оси при штамповке без разрезки); приготовив т. о. заготовку для чернового ручья, возможно Ш.

получить в 2—3 удара; штамп в этом случае представляет только два ручья—черновой и чистой. Благодаря комбинации высадки и гибочной операции Ш. обеспечивает наибольшую прочность поковки, т. к. в этом случае все вытянутые волокна кристаллитов не перерезаются, а изгибаются. Условия Ш. требуют наибольшей вязкости металла. Эти условия для стали и других металлов создаются нагревом: чем выше нагрев, тем большей вязкостью обладает металл. Однако пределом для нагрева является опасность получения жидкой фазы: например наличие нерастворимого свинца в латуни препятствует нагреву металла выше 326° ($t_{пл. Pb}$), так как образовавшийся жидкий Pb будет причиной разрушения штампуемой латуни; то же можно сказать о включениях FeS при $t^\circ 1\ 000^\circ$ (красноломкость) или даже появлении жидкой фазы в стали; (напр. стали с содержанием С

в 0,4% при $1\ 300^\circ$). Это явление, часто встречаемое при Ш., называется пережогом. Пережог чаще всего наблюдается на заусенцах (рваные края). Обрезанные заусенцы, несущие следы пережога, указывают, что материал Ш. около такого заусенца был перегрет и требует исправления термообработкой и правильно выбранной конструкцией печи. Штамповка горячего материала требует для изготовления штампов устойчивых сортов стали, в особенности для чистовых ручьев, размеры которых должны сохраняться после многих сотен и тысяч штамповок. Главнейшей примесью в таких сталях являются хром и вольфрам, а также ванадий; углерода должно быть 0,3—0,4%.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

Чем выше температура штамповки, тем проще м. б. состав стали для штампов; при холодной штамповке применяют сталь с содержанием 0,6—0,7% С (под молоты) и до 1% С (под прессы). Выбор приема деформации (штамповка, высадка, свободная ковка, отливка) см. Кузнечное производство.

Лит.: Губкин С., Элементы теории горячей штамповки, М.—Л., 1933; Кербер, Эйсбейн, Бернгейф, Пластическая деформация металлов. Сборник, М.—Л., 1933; Грачев К., Ковочное производство, 3 изд., М.—Л., 1934; Дин И., Штампы под молота, М.—Л., 1932; Францевич И., Деформации сталей, Сборник, М.—Л., 1933; Гинзбург К. и Розенблюм Г., Штампы для горячей штамповки и методы их конструирования, пер. с англ., М.—Л., 1932; «Heat Treating a Forging», Pittsburg, Pa., начиная с 1914; «Drop Forging», Birmingham, начиная с 1920; см. также Ковально-осадочные работы, Кузнечное производство.

Холодная Ш.—см. Дополнительный том. ШТАМПЫ, см. Штамповка.

ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ, раздвижной измерительный инструмент (шкальный прибор), дающий непосредственное цифровое значение измеряемой величины. 1) Штангенциркуль служит для определения наружных линейных размеров деталей или изделий; прибор состоит (фиг. 1)

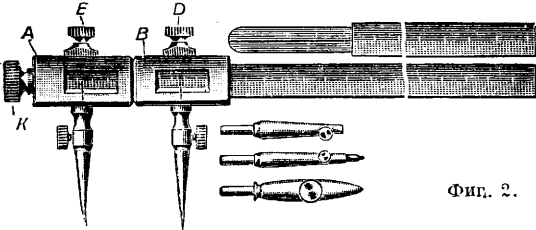


Фиг. 1.

из масштабной линейки a с наглухо соединенной с ней ножкой b и движка c с ножкой l .

В движке вырезано отверстие со скошенной кромкой, на которой нанесен нониус. Движок может быть передвинут по масштабной линейке и закреплен посредством винта k в любом месте. С обратной стороны масштабной линейки имеется паз, в котором помещается узкая линейка f , соединенная наглухо с движком. При сведенных вплотную ножек b и l нуль нониуса и нуль масштабной линейки совпадают. Части g ножек служат для снятия внешних размеров, части p — внутренних. Линейка f предназначается для замера глубины отверстий. Л. Лебедев.

2) Ш. (фиг. 2) применяется также для измерения и откладывания на плане больших расстояний. Обыкновенный циркуль может изменить или отложить линию 15—17 см, причем



Фиг. 2.

уже в этом случае иголки циркуля будут давать накол, наклонный к плоскости чертежа, вследствие чего понижается точность отложения или измерения. Ш. свободен от этого недостатка, так как перпендикулярность накола точки им сохраняется для любого расстояния. Прибор состоит из полой с довольно толстыми стенками штанги (рычага) квадратного или многогранного сечения. По штанге движутся две обоймы, из которых одна A находится на конце штанги, а другая B перемещается вдоль всей штанги. К обоймам привинчиваются ножки циркуля, к-рые в случае надобности можно заменять другими или в которых можно менять иголки, вставить рейсфедер или карандаш. Обойма A имеет зажимный винт E и микрометрический K , позволяющий брать Ш. вполне точно доли мм. Обойма B имеет также зажимный винт D . Длина штанг в Ш. бывает различная в зависимости от целей применения, но не меньше 1 м. Для удобства пользования Ш. штанга делается составной. В последних моделях Ш. на верхней поверхности штанги наносятся сантиметровые и миллиметровые деления, а на обойме B наносится нониус. При таком устройстве Ш. совмещает в себе циркуль и нормальную меру. У менее совершенных моделей Ш. одна крайняя обойма A скрепляется наглухо со штангой, а в подвижной имеется волосной винт (заменяет микрометрический), при

помощи которого эта обойма может получать весьма незначительные перемещения. Пользование Ш. состоит в следующем: желая взять с масштаба или с плана некую длину, отпускают зажимные винты обеих обойм A и B и двигают обойму B по штанге рукой до тех пор, пока расстояние между остриями ножек не будет приблизительно равно откладываемому или измеряемому. Закрепив зажимные винты, ставят ножку обоймы B на один из концов линии и, вращая микрометрический винт K , подводят острие ножек обоймы A точно к другому концу линии.

3) Подобного же устройства Ш. применяются в чертежных работах для вычерчивания окружностей большого диаметра.

Лит.: Курс геодезии, под ред. Ф. Красовского, ч. 1, Москва, 1930; Витковский В., Топография, 3 издание, Москва, 1928; Соловьев С., Курс высшей геодезии, Москва, 1914; Орлов П., Курс геодезии, 2 издание, Москва, 1929; его же, Справочник высшей геодезии, 8 издание, Москва, 1930; Бик А.—Чеботарев А., Учебник высшей геодезии, 9 издание, Москва—Ленинград, 1928. В. Платон.

ШТЕЙН, промежуточный продукт плавки руд цветных металлов. Плавка на Ш. является основной пирометаллургии меди и никеля. В свинцовом производстве Ш. имеет второстепенное значение и является побочным продуктом при выплавке веркблей (см.) из свинцовых медьсодержащих руд. Ш. в основном представляет собой смесь сульфидов металлов: FeS , Cu_2S , NiS , PbS и др. Из них сернистое железо является постоянной составной частью любого Ш. Основными компонентами медных Ш. являются FeS и Cu_2S ; никелевых Ш.— FeS и Ni_3S_2 ; медно-никелевых Ш.— FeS , Cu_2S , Ni_3S_2 ; свинцовых Ш.— FeS , Cu_2S , PbS . Помимо основных сульфидов в Ш. встречаются также сульфиды Zn , Co , Mn , Ba , Na , K , Ca , Bi , Sb , As , Se , Te , Au , Ag . Порядок перехода металлов в Ш. зависит от степени сродства их к сере. По признаку сродства к сере металлы располагаются в следующий ряд: Mn , Cu , Ni , Co , Fe , Zn , Pb . В Ш. всегда содержится в растворенном виде некоторое количество Fe , Cu , Pb , Ni в металлическом состоянии.

Медный Ш. состоит гл. обр. из сульфидов железа и меди (FeS и Cu_2S). В расплавленном состоянии существует полная взаимная растворимость между FeS и Cu_2S . При 995° образуется эвтектика с 32,0% Cu_2S . Сильно железистые Ш. способны растворять значительное количество металлов. Повышение содержания меди в Ш., наоборот, понижает растворяющую способность штейна. Прибавление меди к Cu_2S понижает точку застывания Cu_2S с 1127° до 1102° (при содержании 15% Cu). Дальнейшее прибавление меди не понижает t° до получения сплава из 90% Cu и 10% Cu_2S . Эвтектич. смесь с $t^\circ_{н.}$ в 1067° содержит 3,8% Cu_2S и 96,2% Cu . FeS и Fe образуют эвтектику из 15% Fe и 85% FeS , застывающую при 983° . В твердом состоянии Fe растворяет в себе ок. 3% FeS , а FeS ок. 1% Fe . Из окислов металлов в Ш. растворима лишь магнитная окись железа. Содержание кислорода в медных Ш. колеблется от 2,5 до 8%, серы 23—24%. В зависимости от отношения железа к меди Ш. делятся на роштейны ($Fe < Cu$), концентрированный Ш. ($Fe < Cu$) и иппурштейн, или белый матт (matte), состоящий из Cu_2S . Содержание меди в Ш. колеблется от 0% (чистый FeS) до 79,8% (Cu_2S —белый Ш.). Темп-ра плавления медного Ш. зависит от его состава. Самую низкую $t^\circ_{н.}$ имеют Ш., содержащие 30—40% Cu (ок. 950°). Жидко-

плавкость Ш. увеличивается с повышением содержания FeS. Наличие ZnS в Ш. сильно повышает $t_{пл}$ Ш.; кроме того Ш. делается вязким и густым. Уд. вес Ш. ~ 5,0. Цвет Ш. в свежем изломе зависит от содержания меди: при 15% Cu излом имеет фиолетово-серую окраску с красноватым оттенком, при 50% — бронзовый цвет с фиолетовым оттенком, при 70% — синий оттенок, при 72—75% — серебристо-белую окраску. Медный Ш. является активным коллектором благородных металлов. Плавка на Ш. является одним из способов извлечения драгоценных металлов из руд. Растворимость золота и серебра в медных Ш. объясняется тем, что Cu_2S растворяет золото, а Cu_2S и Ag_2S образуют непрерывный ряд твердых растворов. Металлич. медь в Ш., образующая сплавы с Au и Ag, способствует переходу последних в Ш. Достаточно иметь в Ш. 0,5% Cu в металлическом состоянии, чтобы обеспечить полную концентрацию золота. При высоком содержании благородных металлов в проплавляемых рудах или концентратах, в особенности при наличии в последних металлов платиновой группы, плавку ведут на бедный Ш., чтобы уменьшить потери благородных металлов в шлаках, куда они переходят с Ш. На 200 кг меди в Ш. не д. б. больше 1 кг золота. Если количество Ш. получается небольшим, необходимое содержание меди для обеспечения полной аккумуляции золота и серебра не д. б. ниже 10%; при работе на бедный Ш. меди м. б. 2—3%. Медный Ш. идет на переработку в конвертерах для получения черновой меди.

Ш. свинцовой шахтной плавки получается при плавке медьсодержащих свинцовых руд в качестве промежуточного продукта, в котором концентрируется медь. Блейштейн (свинцовый Ш.) обычно содержит 5—10% Cu; 20—25% S; 10—15% Pb; 45—60% Fe. Он представляет смесь сульфидов железа, меди и свинца, в к-рой растворено нек-рое количество металлического Fe, Cu, Pb. При плавке веркблей в Ш. в первую очередь переходит медь в виде Cu_2S . Свинец имеет сравнительно небольшое сродство к сере, и его переход в Ш. должен быть сравнительно невысоким. Можно отметить, что содержание свинца в Ш. тем выше, чем больше в последнем FeS и меньше Cu_2S , что объясняется большей растворимостью жидкого свинца в FeS, чем в Cu_2S . Ш. растворяет в себе также штейны (арсениды и антимониды металлов) и нек-рое количество шлака. Из окислов в свинцовых Ш. растворяется лишь Fe_2O_3 . Золото в блейштейн переходит в незначительном количестве; наоборот, серебро в значительном количестве аккумулируется в свинцовом Ш. Т. о. блейштейн можно рассматривать как коллектор драгоценных металлов. В блейштейн при нормальном содержании в нем меди переходит $\frac{1}{5}$ ч. всего серебра, в веркблей — $\frac{4}{5}$. Золото имеет тенденцию почти полностью переходить в серебристый свинец. Опыты, проделанные Моствячем, показали, что при сплавлении Ш. с металлическим свинцом количество Au и Ag, извлекаемых из Ш., пропорционально количеству взятого свинца. При 80 вес. ч. свинца на 100 ч. Ш. все Au и Ag переходит в свинец. При равном количестве свинца и Ш. в последнем остается 28% Ag.

Конституция Ш. до нек-рой степени выяснена изучением бинарных систем сульфидов раз-

личных металлов. 1) PbS—FeS. В твердом состоянии данные сульфиды взаимно нерастворимы. Эвтектику образуют при 863°, содержащую 74,2 PbS. 2) PbS— Cu_2S . Эвтектика содержит 51% Cu_2S и 49% PbS. Температура застывания эвтектики 540°. В твердом состоянии эти компоненты взаимно нерастворимы. 3) PbS—ZnS. При сплавлении свинцового блеска с цинковой обманкой получается эвтектика, содержащая 92% PbS и 8% ZnS, с $t_{пл}$ в 1044°. Они образуют твердые растворы, причем ZnS образует твердый раствор приблизительно с 6% PbS, а PtS с 3% ZnS. 4) PbS— Sb_2S_3 . Полная растворимость в расплавленном состоянии. Эвтектика содержит 17% PbS, состоит из Sb_2S_3 и 2 PbS· Sb_2S_3 и застывает при 426°; образуют твердые растворы Sb_2S_3 в 2PbS· Sb_2S_3 (между 44% и 58,8% PbS) ниже 577° и 2PbS· Sb_2S_3 в PbS (до 4,1% Pb) при 577°; имеется химич. соединение состава 2PbS· Sb_2S_3 с $t_{пл}$ 577°. Указанные выше свойства нельзя считать окончательными, т. к. найдены другие химич. соединения: 2PbS· Sb_2S_3 с критич. точкой при 609° (жемсонит) и 5PtS·4 Sb_2S_3 при 570° (платонит). Эвтектика содержит при этом 80% PbS с $t_{пл}$ 495°. 5) PbS—SnS. В расплавленном состоянии растворяются полностью; PbS, плавящийся при 1106°, образует твердый раствор с 8% SnS, а SnS, плавящийся при 880°, при застывании образует твердый раствор с 61,27% PbS. Предполагается существование химич. соединения PbSnS₂ с той же $t_{пл}$ 880°. 6) PbS—Pb. PbS кристаллизуется, начиная с 1103°. Застывание смеси происходит при 326° ($t_{пл}$ свинца). Д. Чижиков.

Лит.: см. Медь, Свинец, Никель.

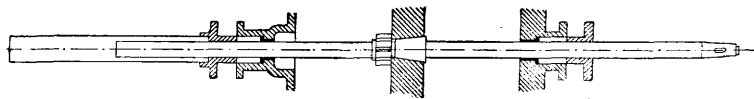
ШТОК, стержень, соединяющий поршень с крейцкопфом в паровых машинах, поршневых насосах, компрессорах, двигателях внутреннего сгорания (при крейцкопфной конструкции последних). Конструкция Ш. различна в этих областях и при различных типах поршней.

Самый простой случай Ш. паровой машины изображен на фиг. 1. Это т. н. непроходящий



Фиг. 1.

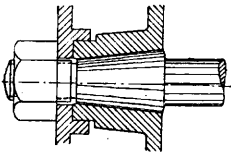
Ш. На фиг. 2 изображен проходящий Ш., к-рый пропускается через обе крышки цилиндра паровой машины. Такая конструкция часто встречается, особенно в горизонтальных машинах для уменьшения прогиба Ш. В двигателях внутреннего сгорания конструкция Ш. более сложна в виду необходимости проведения через Ш. охлаждающей воды. Часто применяемое соединение Ш. (проходящего) с поршнем и крейцкопфом паровой машины показано на фиг. 2.



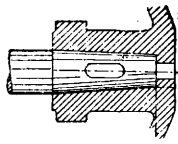
Фиг. 2.

Для укрепления поршня конец Ш. делают коническим, а с другой стороны поршень прижимается посредством гайки. Такое укрепление для непроходящего Ш. показано на фиг. 3. Соединение Ш. с крейцкопфом делают по б. ч. посредством клина (фиг. 4). Смазка Ш. производится в горизонтальных машинах из масленки с капельником (фиг. 5). В машинах тендем

смазка между цилиндрами производится тоже помощью масленки (фиг. 6). На этой же фигуре видна направляющая подпорка для Ш. между



Фиг. 3.



Фиг. 4.

двумя цилиндрами. В больших газовых двигателях соединение Ш. с крейцкопфом делается при помощи гаек, захваченных обоймой.

Материалом для Ш. является литая, прокованная мартеновская сталь. Поверхность штока должна быть гладко отполирована, чтобы предохранить от повреждения набивку сальника. Для Ш. судовых машин (военных судов) применяется иногда никелевая сталь [7].

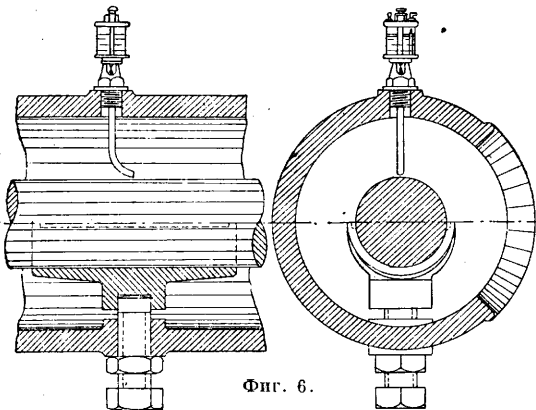
Расчет поршневых Ш. ведется прежде всего на продольный изгиб по ф-ле Эйлера

$$P = \frac{\pi^2 EI}{m l_s^2}, \quad (1)$$

где P — наибольшее усилие, действующее на поршень, E — модуль упругости (равный 2 000 000 для мартеновской стали), I — момент инерции Ш. (при цельном Ш. $I = 0,05 d^4$, где d — диам. Ш.), l_s — длина Ш., считаемая от середины поршня до середины крейцкопфа, m — коэф. безопасности, принимаемый равным 15 ÷ 20. При этих данных [1] получается:

$$P = 1\,000\,000 \frac{d^4}{m l_s^2}. \quad (2)$$

Для указанных машин получается в среднем $d \approx \frac{2}{6} \div \frac{1}{7}$ диаметра цилиндра; для машин Штумпфа это отношение берется равным $\frac{1}{5}$. Места соединения Ш. с крейцкопфом и поршнем д. б.



Фиг. 6.

рассчитаны на растяжение при допустимых напряжениях в соединении с поршнем до 400 кг/см², в соединении с крейцкопфом до 600 кг/см² [2]. Таблица прочих размеров Ш. в зависимости от диам. цилиндра приведена у Хедера [3]. В больших горизонтальных паровых машинах с тя-

желым поршнем и проходящим Ш., имеющим второй ползун, надо заботиться о том, чтобы стрела прогиба Ш. не превосходила 1—1,5 мм. Ф-ла для расчета получается в этом случае по Баху [4]:

$$f = \frac{L_s^3}{480 EI} (G_k + G_s), \quad (3)$$

где L_s означает расстояние между центрами крейцкопфа и ползуна (за цилиндром), I — момент инерции, E — модуль упругости, G_k — вес поршня, G_s — вес Ш. В двигателях внутреннего сгорания Ш. тоже рассчитываются по ф-ле (2) [6]. Если Ш. делается пустотелым, то расчет ведется по ф-ле

$$P = 1\,000\,000 \frac{(d^4 - d_i^4)}{2} \text{ кг}, \quad (4)$$

где d и d_i — внешний и внутренний диам. кольцевого сечения Ш. При проходящих Ш. больших горизонтальных двигателей с двумя поршнями при применении ф-лы (4) надо брать за L расстояние от середины крейцкопфа до середины второго ползуна (после цилиндра) или пользоваться таблицей Миса [10], приведенной у Гюльдера [6]. Исследование темп-ных напряжений, возникающих в Ш. двигателей внутреннего сгорания, исполнено Лорентцем [11]; окончательные результаты приведены у Гюльдера [6]. Напряжения эти м. б. очень значительными, как показывают примеры, вычисленные у Гюльдера.

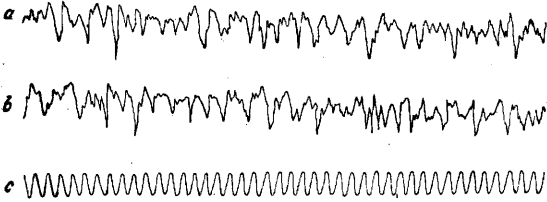
Лит.: 1) Польгаузен А., Поршневые паровые машины, пер. с нем., Л.—М., 1930; 2) Жирецкий Г., Паровые машины, 5 изд., М.—Л., 1933; 3) Конструирование и расчеты (пер. с нем. Н. Naeder, Konstruieren u. Rechnen), т. 2, Л., 1929; 4) Бах К., Детали машин и расчетные конструкции, т. 2, Л.—М., 1930; 5) Дубель Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., Л., 1928; 6) Гюльдер Г., Двигатели внутреннего сгорания, пер. с нем., М., 1926; 7) Бауэр Г., Судовые паровые машины, т. 1, М.—Л., 1932; 8) Хедер Г., Паровые машины, М., 1903; 9) «Нитте», справочная книга для инженеров, 25 изд., т. 2, Берлин, 1926; 10) Мисс, «Dinglers Polytechnisches Journal», 1912, p. 273; 11) L o r e n t z R., «Z. d. VDI», 1907, p. 743.

А. Радциг.

ШУМ, комплекс многочисленных звуков, быстро меняющихся по частоте и силе, или звуков импульсивных (удары), не носящих периодич. характера. При восприятии шума невозможно определить на слух высоту звука, как это можно сделать по отношению к чистым тонам и музыкальным звукам. Кривые звуковых колебаний Ш. имеют беспорядочный характер (фиг. 1: a и b — запись уличного шума, c — запись чистого тона 500 Hz). Энергия звуковых колебаний шума б. или м. равномерно распределена по частоте, однако могут быть Ш., в к-рых энергия сосредоточена в той или иной ограниченной области частот; так напр., Ш. двигателя внутреннего сгорания содержит по преимуществу низкие частоты; наоборот, свист пара, лягг металла при резке или клепке содержит по преимуществу высокие частоты. В состав шума часто входят строго определенные по высоте звуки, которые можно выделить как методами объективного анализа, так и на слух, например сигнальные гудки, звуки электродвигателя. С практической точки зрения шумом часто называют всякий мешающий звук; так, звук переменного тока (частота 50 Hz) при телефонной и радиопередаче будет считаться шумом.

Изучение Ш. идет в настоящее время с двух точек зрения. С одной стороны, в наше время шум в городах и промышленных предприятиях становится настолько сильным, что весьма пагубно влияет на нервную систему и орган

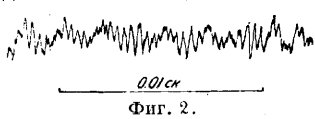
слуха человека. Изучение состава и силы Ш. является необходимой предпосылкой для организации борьбы с ним. Источниками Ш. являются по преимуществу различные машины. С другой стороны, изучение Ш., даваемого машинами, является прекрасным способом для определения дефектов конструкции и для нахождения путей к устранению этих дефектов.



Фиг. 1.

Кроме того для рационального устройства аппаратов, регистрирующих и улавливающих Ш., необходимо точное знание структуры Ш. (см. *Звук*). Следующие Ш. представляют наибольший практический интерес:

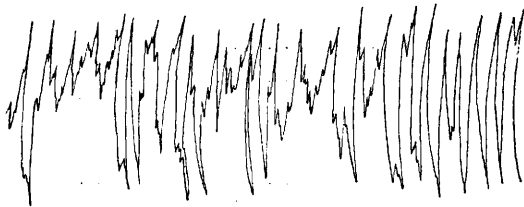
1) уличный Ш. в больших городах; 2) Ш. на з-дах и предприятях, в частности Ш. на металлообрабатывающих, машиностроительных и других заводах, на текстильных ф-ках, Ш. в машинописных бюро; 3) Ш. на транспорте (железнодорожном, водном, воздушном); 4) Ш. машин определенного типа (турбин, электродвигателей, генераторов, двигателей внутреннего сгорания); 5) Ш., производимые выстрелами и взрывами. Исследование Ш. может вестись, с одной стороны,



Фиг. 2.

с целью выяснения объективными физическими методами силы шума, кривой звуковых колебаний, распределения энергии звука по частоте и выделения звуков определенной высоты, входящих в состав Ш., с а, другой,—для определения величины воздействия Ш. на орган слуха и психику человека [1, 2, 3, 11].

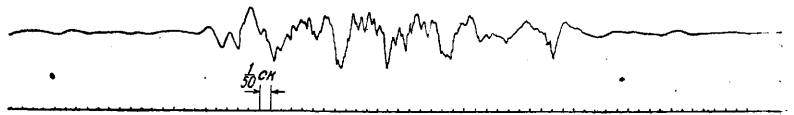
Исследование Ш. физическими методами. Измерение силы Ш. производится обычными способами звукотехники, например шайбой Релея (см. *Звук*) или конденсаторным микрофоном (см.) в соединении с усилителем и



Фиг. 3.

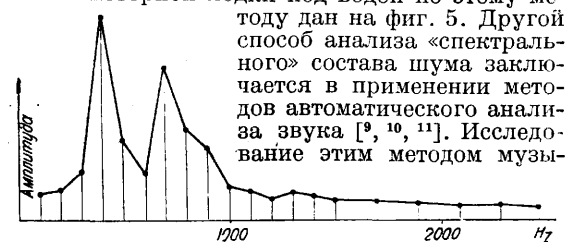
катодным вольтметром. Звуковое давление, даваемое Ш. на улицах (Нью Йорк), доходит до 5 бар (5 дин на 1 см²) и в исключительных случаях до 20 бар; Ш. водопада Ниагары дает ок. 3 бар; Ш. самолета вблизи от пропеллера доходит до 500 бар. Ш., дающие более 1 000 бар (ок. 1 г/см²) звукового давления, являются болезненными для уха и вызывают голово-

кружение и тошноту. Запись Ш. может быть осуществлена всеми обычными методами звукозаписи (фонодейк [4], акустич. осциллограф [5], граммофон, звуковое кино, конденсаторный микрофон с усилителем и шлейфовым осциллографом). Кривые различных Ш. приведены на фиг. 1—4: фиг. 1—уличный Ш., фиг. 2—Ш. электродвигателя (по исследованию В. Казанского), фиг. 3—сотрясения при испытании авиамоторов, снятые вибрографом, фиг. 4—Ш. сердца при недостатках сердечного клапана. Анализ кривой Ш. в целях выделения входящих в состав его звуков с математич. стороны представляет большие трудности, т. к. разложение в ряд Фурье возможно лишь для периодич. кривых. Существует ряд методов [6, 7, 8, 9] анализа непериодич. кривых, но они чрезвычайно сложны и практически трудно применимы. Наиболее простой (но недостаточно строгий) способ заключается в том, что произвольный отрезок кривой принимается условно за период и анализируется обычными методами разложения в ряд Фурье (см. *Ряды*, Фурье теор-



Фиг. 4.

рема). Если в состав шума входят какие-либо резко выделяющиеся звуки определенной частоты, то частоты, являющиеся обертонами от основной частоты, соответствующей условному периоду, будут резко усилены по соседству с частотами этих звуков, благодаря чему распределение энергии звука по спектру может быть приблизительно выяснено [4]. Анализ Ш. винта моторной лодки под водой по этому методу дан на фиг. 5. Другой способ анализа «спектрального» состава шума заключается в применении методов автоматического анализа звука [9, 10, 11]. Исследование этим методом музы-

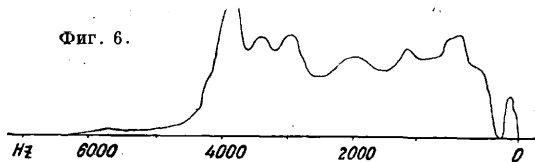


Фиг. 5.

кальных звуков дало богатый материал; оказалось, что большинство музыкальных инструментов дает звуки, сопровождаемые шумом (ряд спектров приведен в *Спр. ТЭ*, т. X, стр. 377—378; там же даны на фиг. 17, 18 анализы Ш. пилесоса и бунзенновской горелки и на фиг. 20—кривая записи звука взрыва). На фиг. 6 дан спектр Ш. мотора Сименс-Юпитер на испытательном стане со специальным пропеллером, а на фиг. 7—самолета Фоке-Вульф-Мёве в полете [12]. Шум на испытательном стане, где применяются специальные тормозные пропеллеры, значительно богаче высокими призвуками (до 5 000 Hz), чем Ш. в полете. Данные о шуме аэропланов, важные для конструирования звукоулавливателей, приведены в *Спр. ТЭ*, т. X, стр. 379. Исследова спектр Ш. зубчатых колес в передаточной коробке турбин, Аббот [13] сделал важные заключения о дефектах конструкции шестерен и, устранив эти дефекты, во много раз ослабил

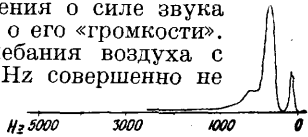
силу Ш.; общий Ш. после исправления ослабел со 100 дб. (децибел) до 96 дб. (в 2,5 раза по мощности), ряд громких звуков 125, 190, 340 Hz совершенно исчез, самая громкая компонента 320 Hz (16 бар) ослабела на 13 дб., т. е. в 20 раз по мощности. Ш. электромашин последнее время посвящается также много внимания [19].

Фиг. 6.



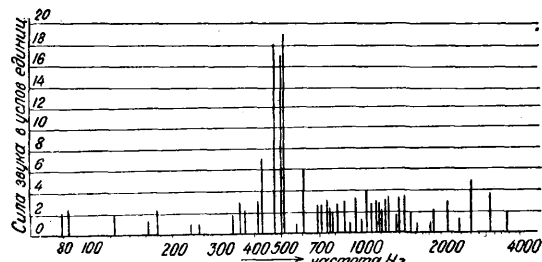
Исследования, ведущиеся в Всесоюзном электротехническом институте (ВЭИ), показали, что методом анализа Ш. электромашин можно выявить все источники шума и дать пути к устранению их; фиг. 8 показывает спектр Ш. электродвигателя (по исслед. В. Казанского). Ш. самолета см. *Спр. ТЭ*, т. X, стр. 379. Подробное исследование шума сердца (фиг. 4) и легких сделано Тренделенбургом [14] и дало важные результаты для целей медицинской диагностики.

Исследование Ш. слуховым методом. Объективные методы измерения не дают еще представления о силе звука как ощущения, т. е. о его «громкости». Очень сильные колебания воздуха с частотой выше 20 kHz совершенно не слышимы ухом — их «громкость» равна нулю. Ближе подходят к учету силы



Фиг. 7.

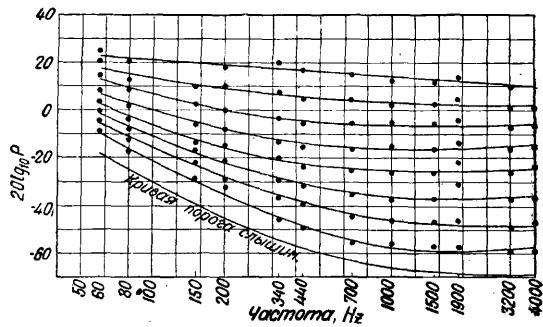
ощущения, определяя уровень ощущения S в логарифмич. единицах по отношению к порогу слышимости (см. *Слух*). Однако и уровень ощущения не дает еще точного представления о громкости. При одинаковых уровнях ощущения над порогом низкие звуки кажутся значительно громче, чем высокие, как это показывает фиг. 9, где приведены кривые равной громкости по Кингсбери [1, 3]. На фиг. 9: p — давление в барах; по ординатам отложен уровень силы звука в дб., отсчитываемый от



Фиг. 8.

нулевого уровня в 1 бар. Для оценки громкости в настоящее время принято сравнивать громкость исследуемого звука с громкостью чистого тона: с частотой 1 000 Hz. Уровень ощущения тона 1 000 Hz (в дб.), равногромкого с исследуемым, и служит мерой уровня громкости исследуемого звука [3]. Сравнение с тоном 800 Hz дает практически те же результаты. На слуховом принципе устроено большое количество приборов — фонетров для измерения уровня громкости [1]. Фонетр Баркгаузена состоит из *зуммера* (см.) с частотой ок. 800 Hz, звук к-рого м. б. слушаем в телефон и может

быть изменен посредством потенциометра от 0 до 100 дб. С этим звуком сравниваются по громкости исследуемые звуки или Ш. На том же принципе работает ряд других приборов, напр. фонетр Бекеша, аудиометр [1, 2] и др. (см. *Слух*). Фонетр типа Баркгаузена разработан ВЭИ. Возможно измерение громкости (в дб. над порогом слышимости) объективным методом, но для этого необходимо, чтобы прибор обладал при разных частотах различной чувствительностью, такой же, как ухо человека. Устройство таких приборов возможно, но даваемые ими результаты верны лишь на том уровне ощущения, для которого подогнана



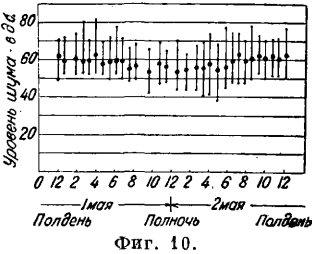
Фиг. 9.

их чувствительность (по кривым фиг. 9), выше же и ниже этого уровня они начинают давать ошибку. Кроме того этого типа приборы конечно не учитывают образования при сложных звуках комбинационных тонов [3, 11], которые воспринимаются в общей массе звука как увеличение громкости. Для практических целей измерения громкости Ш. определенного типа такого рода приборы весьма удобны, так как позволяют вести измерение автоматически [1]. Ниже приведены значения уровня громкости (в дб.) различных Ш.

Самолет (5 м от пропеллера)	115-120
Удары молотка в стальную плиту	113
Мотоцикл без глушителя (вблизи)	102
Рев льва (в помещении)	101
Завод паровых котлов	97
В кабине самолета	90-100
Заключочная машина	100
На платформе метрополитена при проходе экспресса	97
Электрическая сирена	92
Пневматическое сверло	90
Водопад Ниагара	88
Уличный шум на центральных улицах (Нью Йорк, Чикаго)	70-90
Поезд по эстакаде (расст. 5 м)	88
Автомоб. гудки (расстояние 8 м)	80-92 74-82
Многие заводы	
Громкая радиопередача	70-80
Оркестр фортепьяно	81
В вагоне поезда	85
Мотоцикл с глушителем (вблизи)	до 80
Машинописное бюро шумный ресторан	75
Фабричные помещения (малозумные произв.)	70-79
Средний уличный шум.	до 70
Разговор	50-70
Шумное учреждение	60-65
Учреждение среднего типа	55-65
Городская квартира	до 50
Тихий сад в городе	25-45
Шопот (1-2 м)	20
Внешие сердца, слышимое на небольшом расстоянии	20
Шелест листьев при слабом ветре	15
	10

На фиг. 10 показано изменение громкости уличного Ш. в течение суток (Нью Йорк), причем отмечены максимальные, средние и минимальные значения. Фиг. 11 показывает частотную характеристику громкости уличного шума.

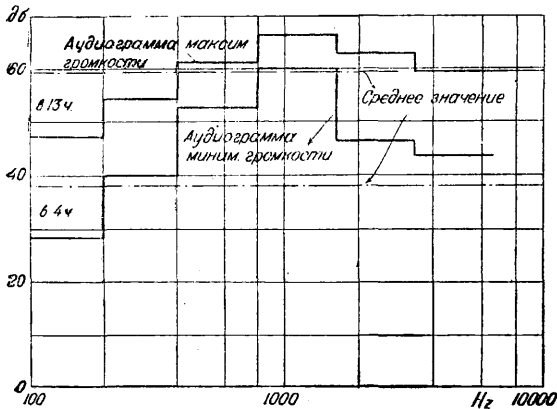
Вредное влияние Ш. заключается, во-первых, в их мешающем действии для работы. Ш. затрудняют понимание речи и звуковых сигналов, что ведет к ошибкам и авариям. Но наиболее существенным является действие Ш. на нервную систему и орган слуха. Установлено опытами, что сильный шум вызывает повышение кровяного давления и давления в мозгу, нарушение регулярности и судорожный характер сокращений желудка. При сильном Ш. нервная система находится в напряженном состоянии, человек переживает состояние, близкое к состоянию инстинктивного страха, что пагубно действует на нервную систему, тем более, что в больших городах Ш. не прекращается и ночью и воспринимается человеком во сне [1]. Влияние Ш. на орган слуха у рабочих шумных производств сказывается весьма сильно.



Фиг. 10.

Как показали специальные исследования [15], постепенно прогрессирующее ослабление слуха наблюдается у рабочих-котельщиков, рабочих на з-дах кос, в гвоздильных цехах, у испытателей авиамоготоров, молотобойцев, ткачей, прядильщиков, отчасти также у машинисток. Рабочие-котельщики со стажем более 15 лет почти все сильно глухи, и многие совершенно теряют слух.

Ослабление Ш. может быть произведено посредством уменьшения сотрясений и вибраций машин, производящих Ш. Подход к этой задаче различен в каждом данном случае. Напр. в цехах испытания двигателей внутреннего сгорания целесообразно устраивать большую заглушенную камеру, в которую выводятся все выхлопные трубы двигателей и в которой вращаются все пропеллеры. Сильно шумящие машины устанавливаются на специальные



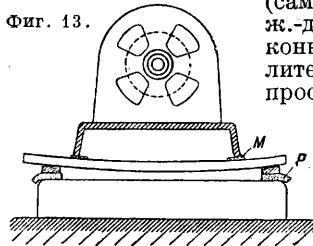
Фиг. 11.

фундаменты из эластичного материала (асфальт, композиция войлока и пробки), отделенные от других частей здания воздушным промежутком (фиг. 12). Электродвигатели устанавливаются на эластичных подкладках (фиг. 13); М — масколит, Р — резина, сильно ослабляющих шум [16, 17]. Весьма существенное значение имеет конструкция здания: так, в железобетонных строениях звук передается из

одного помещения в другое очень сильно, в кирпичных — звукоизоляция значительно лучше. (Данные о звукоизоляции и звукопоглощении см. *Стр. ТЭ*, т. X, стр. 391.) Значительную помощь может оказать закрытие стен, пола и потолка звукопоглощающими веществами. Опыты в США [1] показали, что этим способом шум Ш. можно уменьшить почти в десять раз (на 6–11 дБ.). Закрытие окон дает большое ослабление городского Ш. (на 15–20 дБ.). Конструируются специальные оконные глушители, пропускающие воздух и задерживающие звук. Шум резко ослабевает в высоких этажах, лежащих выше уровня окружающих домов. Большое значение имеют способы ослабления Ш. различных транспортных средств (самолетов, автомобилей, ж.-д. поездов, трамваев, конных поездов); однако литература по этому вопросу почти отсутствует.

Борьба с Ш. Вопрос о борьбе с Ш. встает во всю ширину в связи со строительством в СССР больших городов и гигантских з-дов. Борьба с шумом должна вестись прежде всего по линии конструктивных усовершенствований, в целях ослабления Ш., издаваемого различными машинами; весьма существенную роль играют также мероприятия по линии *строительной акустики* (см.). Весьма существенную роль играют мероприятия по линии законодательного и административного запрещения и регулирования. Комиссия по борьбе с Ш. в Нью Йорке (наиболее шумном современном городе) достигла в этом отношении значительных успехов [18]. Подобная же работа ведется в Берлине, Лондоне и Москве.

Фиг. 13.

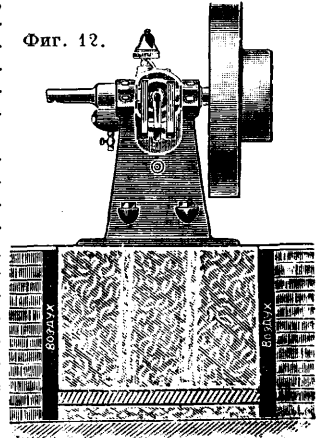


Лит.: 1) Методы исследования шумов, Сборник статей под ред. С. Ржевкина, М., 1933; 2) Кей Г., Шум и способы его измерения, «Успехи физич. наук», М., 1932, т. 12, стр. 415; 3) Ржевкин С., Слух, «ТЭ», т. 21; 4) Miller D., Science of Musical Sounds, N. Y., 1922; 5) Казанский В., Акустический осциллограф, «Журн. прикл. физ.», 1927; 6) Corse and Shearer, Fourier's Analysis, L., 1915; 7) Bernstein N., Analyse aperiodischer trigonometrischer Reihen, «Ztschr. angew. Math. und Mech.», В., 1927, В. 7, р. 476; 8) Виткер и Робинзон, Математическая обработка результатов наблюдений, М.—Л., 1933; 9) Moore E. A. Curtis A., «Bell Syst. Technical Journ.», N. Y., 1927, в. 5, р. 216; 10) Grütz macher M., «Ztschr. f. techn. Phys.», Lpz., 1927, В. 8, р. 506; 11) Ржевкин С., Слух и речь, М., 1928; 12) Eisner F., Rehm H. U. Schuchmann H., «Elektr. Nachrichten-Technik», В., 1932, В. 9, р. 323; 13) Abbott E., «Journ. Acoust. Soc.», 1932, в. 3, р. 445; 14) Trendelenburg F. u. Posner K. «Wiss. Veröff. Siemens-Konz.», 1929; 15) Темкин Я., Профессиональная глухота, М., 1931; 16) Лифшиц С., Акустика зданий, М., 1931; 17) Eason A., The prevention of Vibration a. Noise, Oxford, 1923; 18) City Noise; edit by U. S. Public Health Depart., N. Y., 1931; 19) «Journ. of the American Institute of Electrical Engineers», N. Y., 1931, в. 50, р. 340–352 (ряд статей).

ШУРФ, см. Разведки.

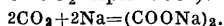
С. Ржевкин.

Фиг. 12.

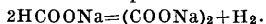


ЩАВЕЛЕВАЯ КИСЛОТА, $\text{COOH} \cdot \text{COOH}$, простейшая органич. двуосновная к-та, очень распространенная в растительном мире, гл. обр. в виде солей—оксалатов; оксалат кальция составляет необходимую составную часть растительной клетки высших растений. В животных организмах Щ. к. находится в незначительных количествах в моче (вероятно образуется из мочевого и гликолевой к-т), но количество ее возрастает при определенных патологич. процессах (оксалурия); в гуано Щ. к. находится в виде аммонийной соли. Щ. к. образуется при распадении многих сложных органических соединений, как сахар, клетчатка, крахмал и др. На этом основан способ ее получения из опилок (см. ниже). Небольшие количества Щ. к. получают окислением муравьиной к-ты (азотной к-той), угля (хромовой к-той), этилена, ацетилена, к-т (янтарной, винной, лимонной), углеводо.

Получение Щ. к. в технике производится несколькими способами: 1) Из углекислоты CO_2 и натрия непосредственным соединением (в токе CO_2 при 300°):



Этот старейший способ получения Щ. к. теперь оставлен вследствие нерентабельности. 2) Окисление углеводов (крахмала, декстрина, глюкозы, мелассы, целлюлозы) обработкой их сильными к-тами (HNO_3). Выход Щ. к. увеличивается при применении в качестве катализатора пятиокси ванадия. 3) Из опилок щелочным плавлением (KOH или NaOH или их смесью); в последнем случае выход Щ. к. значительно выше, чем при применении KOH или NaOH в отдельности. Высушенные опилки (не больше 40% воды) вносят в крепкий щелочной раствор (100 г опилок на 200 г щелочи), нагревают до 200 — 220° , причем масса густеет и чернеет, после чего ее переносят в сушилку; высушенную массу выщелачивают и фильтруют на нуч-аппарате и обрабатывают известковым молоком; из раствора осаждаются оксалат кальция, из к-рого свободную Щ. к. выделяют при помощи серной к-ты. 4) Из формата натрия при быстром нагревании до 420° превращается в оксалат натрия:



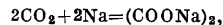
Способ имеет тот недостаток, что наряду с оксалатом натрия образуется и трудно отделяемая сода ($2\text{HCOONa} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2 + \text{CO}$). Оксалат натрия переводят в оксалат кальция действием

$\text{Ca}(\text{OH})_2$, а последний—в свободную Щ. к. 5) В настоящее время ведутся работы по получению Щ. к. из ацетилена путем окисления его HNO_3 .

Физич. и химич. свойства Щ. к. Кристаллизованная из воды с 2 молекулами воды Щ. к.—бесцветные моноклинные призмы, уд. в. (при $18,5^\circ$) 1,653; при нагревании до 100° или при действии H_2SO_4 Щ. к. теряет воду и переходит в безводную Щ. к. (ромбич. октаэдры уд. в. 1,5) с $t_{\text{пл.}}$ $189,5^\circ$. При быстром нагревании или при действии конц. H_2SO_4 Щ. к. распадается на CO_2 , CO и воду. Щ. к. жадно притягивает воду и может служить водоотнимающим средством. 100 ч. воды растворяют при 20° 8,8 ч. Щ. к., 100 ч. абс. спирта при 15° растворяют 23,73 ч. Щ. к. В больших дозах Щ. к., так же как и ее соли, ядовита. Щ. к.—одна из самых сильных органич. к-т. Хромовой к-той или перекисью водорода Щ. к. окисляется в углекислоту. Окисление Щ. к. перманганатом калия в растворе H_2SO_4 служит в аналитич. химии для определения Щ. к. Восстановление Щ. к. амальгамой натрия или MgO в присутствии воды или электрохимическим путем в растворе H_2SO_4 приводит к глиоксиловой кислоте $\text{HOC} \cdot \text{COOH}$.

Применение Щ. к. В большом количестве Щ. к. применяется в технике: в крашении и печатании тканей в качестве протравы (при печатании индиго), как отбеливающее вещество в производстве соломенных изделий, чернил, стеарина, при очистке металлов, в производстве искусственного шелка и целлюлоида, при получении различных красителей (аурин, маляхитовый зеленый), для осаждения редких земель в производстве газокалильных сеток, в фотографии используются ее восстановительные свойства, оксалат железа применяют как индикатор в количественном (объемном) анализе.

Соли и эфиры Щ. к. Щавелевая кислота образует средние и кислые соли (оксалаты), двойные соли и многочисленные хорошо кристаллизующиеся комплексные соединения. Щелочные оксалаты получают непосредственным соединением углекислоты с металлом, напр.:



или нагреванием щелочных формиатов (см. выше—получение оксалата натрия).

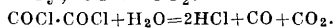
Щелочные соли Щ. к., а также соли бериллия и окиси железа в воде хорошо растворяются, остальные ее соли мало или совсем не растворимы в воде, в минеральных к-тах при растворении разлагаются. Нерастворимостью окса-

лата кальция используются в аналитич. химии. При нагревании оксалаты разлагаются, давая окись углерода.

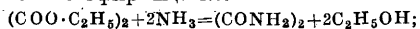
Из солей Щ. к. наиболее важное технич. значение имеют следующие соли: алюминия оксалат—средняя соль $Al_2(C_2O_4)_3$ —получают обменным разложением оксалата аммония с солью алюминия; кислый Al-оксалат, получаемый разложением гидроокиси алюминия в водной Щ. к., применяют как прообразу в ситцепечатании. Аммония оксалат—средний $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$ —получают насыщением Щ. к. аммиаком; ромбич. кризмы, растворимые в воде, применяют в производстве взрывчатых веществ. Железа оксалат $FeC_2O_4 \cdot 2H_2O$ —желтый порошок, растворимый в 5 000 ч. воды при 15°; большое значение имеет двойная соль калия, железа $FeK_2(C_2O_4)_2 \cdot H_2O$, золотисто-желтые кристаллы, устойчивые в сухом состоянии, легко окисляющиеся во влажном воздухе; применяется в фотографии как проявитель. Кальция оксалат—средняя соль $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$ —бесцветные моноклинные кристаллы, растворимые в 3 ч. воды; кислая соль KHC_2O_4 получается насыщением раствора Щ. к. поташом; тетраоксалат калия $KH_3(C_2O_4)_2 \cdot 2H_2O$ —большие триклинные кристаллы, растворимые в 55,25 ч. воды при 8°; устойчивые на воздухе. Очень важная в технике соль, находящая не меньшее применение, чем Щ. к.; тетраоксалат калия известен как средство выведения чернильных и ржавых пятен. Марганца оксалат см. *Марганца соединения*. Натрия оксалат—средняя соль $Na_2C_2O_4$ —кристаллич. порошок, растворимый в 31,4 ч. воды при 15,5°; получение его см. выше—получение Щ. к.; применяется в пиротехнике. Кислый Na-оксалат $NaHC_2O_4 \cdot H_2O$ —триклинные, воздухоустойчивые кристаллы, растворимые в 60,3 ч. воды при 15,5°, получается из средней соли прибавлением эквимолекулярного количества Щ. к. Стронция оксалат см. *Стронций*, Соединения; титан-калий-оксалат см. *Титан*, олова оксалат см. *Олова соединения*.

Эфир Щ. к. Диметиловый эфир $(COO \cdot CH_3)_2$ с $t^\circ_{пл.}$ 54° и $t^\circ_{кип.}$ 163,3° применяется для получения химически чистого метилового спирта; диэтиловый эфир $(COO \cdot C_2H_5)_2$, видность с $t^\circ_{пл.}$ -40,6° $t^\circ_{кип.}$ 186,1° и уд. в. D_{16}^{15} 1,086.

Производные Щ. к. Хлорангидрид Щ. к., хлористый оксалит, $COCl \cdot COCl$ получают действием PCl_5 на безводную Щ. к.; бесцветная едкая жидкость с $t^\circ_{пл.}$ -12° и $t^\circ_{кип.}$ 64°; смешанный с парами воды хлорангидрид дает Щ. к. и соляную к-ту; с водой распадается на соляную к-ту, CO и CO_2 :



Оксамид $CONH_2 \cdot CONH_2$, полный амид Щ. к., образуется при действии аммиака на диэтиловый эфир Щ. к.:



нерастворимый в воде порошок, плавится с разложением при t° 417—419°. Кислый амид, т. н. оксамидовая к-та, $CONH_2 \cdot COOH$ получается нагреванием кислого оксалата аммония; кристаллич. порошок с $t^\circ_{пл.}$ 210° (с разложением), трудно растворимый в воде.

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., В. 1, Т. 1, 2 Aufl., В.—Lpz., 1923.

Н. Ельцина.

ЩЕЛОЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ, метод проведения химич. реакции (иногда ошибочно называемый реакцией Щ. п.), имеющий большое применение при синтезе красящих веществ и полупродуктов к ним, а также при изучении строения неизвестных, преимущественно растительных красителей. Щ. п. в зависимости от цели и характера желательной реакции проводят с едкими, сернистыми или многосернистыми щелочами, с гидратами окисей щелочноземельных металлов или с аммиаком в безводном плаве или в водном и спиртовом растворах. При необходимости вести Щ. п. в растворе при t° , превышающей $t^\circ_{кип.}$ данного раствора, операцию проводят под давлением. Для Щ. п. вследствие большой вязкости реакционной массы и опасности ее пригорания на стенках применяют открытые или закрытые аппараты из стойких к щелочам материалов, снабженные мощной скребущей со дна и со стенок мешалкой и обогреваемые масляной баней или по системе Фредеркинга. Железные или чугунные

аппараты как более дешевые находят широкое распространение, но недолговечны. Для их защиты применяется стойкая к щелочам и t° -ным колебаниям эмаль, но лучше всего защищать их никелированием. Выгрузку плава из аппарата, особенно при проведении мало-водного или безводного плава, лучше производить до его загустения или затвердения при понижении t° , т. к. в противном случае необходимо вести длительную операцию растворения застывшего плава в самом аппарате. Щ. п. применяется для проведения реакции гидроксигирования и аминирования *промежуточных продуктов* для синтеза красителей (см.) и красителей (см. *Ализарин*), реакций конденсации в щелочной среде (см. *Индиго*, *Индигоидные красящие вещества*, *Индантрен*), реакций образования сернистых красителей, реакций расщепления флавоновых и флавилиновых красителей (см. *Красящие вещества естественные*) и ряда других.

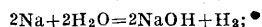
Лит.: Wichelhaus H., Sulfurieren und Alkalischemelze der Sulfosäuren, Esterifizieren, Lpz., 1911; Lang O., Schwefelfarbstoffe, ihre Herstellung und Verwendung, Leipzig, 1902; см. также *Промежуточные продукты* и *Красящие вещества*.

И. Иоффе.

ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ, двухвалентные металлы II группы периодит. системы (Mg, Ca, Sr, Ba), обладающие общими химическими признаками, приближающими их к группе *щелочных металлов* (см.); но сравнительно с последними в Щ. м. замечается ослабление основных свойств. Подобно щелочным металлам Щ. м. относятся к легким металлам (уд. в. меньше 5), но они тяжелее воды; они разлагают воду (хотя не так легко, как щелочные металлы), причем выделяется водород и образуется гидрат окиси Щ. м., напр.: $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$; гидраты окисей Щ. м. растворимы в воде; растворы их имеют сильно щелочную реакцию. Щ. м. дают окиси общей ф-лы MeO и перекиси MeO_2 ; последние при действии на них к-т образуют перекись водорода и соответственную соль, напр. $MeO_2 + 2HCl = H_2O_2 + MeCl_2$. Соли Щ. м. с неокрашенными анионами бесцветны и б. ч. нерастворимы в воде; так, соли угольной, фосфорной, борной к-т и Mg и Ca в воде почти нерастворимы; нерастворимостью солей Щ. м. пользуются для отделения Щ. м. от щелочных металлов. Щ. м. дают (кроме магния) окрашивание бесцветного пламени бунзеновской горелки; соли кальция окрашивают его в кирпично-красный цвет, стронция — в карминово-красный, бария — в зеленый. Подобно щелочным металлам Щ. м. дают нитриды, гидриды и карбиды. Из последних особое значение в пром-сти получил *карбид кальция* (см.). О физич. и химич. свойствах отдельных Щ. м. см. соответственные статьи, а также *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 125.

Н. Ельцина.

ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ, одновалентные металлы I группы периодит. системы (Li, Na, K, Rb, Cs), отличающиеся общими физич. и химич. свойствами. Они все относятся к так наз. *легким металлам* (с уд. в. меньшим 5); в свободном состоянии все Щ. м. мягкие, быстро окисляющиеся во влажном воздухе металлы; при обыкновенной t° они разлагают воду и выделяют из нее водород, напр.



при этом образуются гидраты окисей Щ. м., т. н. *едкие щелочи* (см.), легко растворимые в воде, с резкими основными свойствами. Окиси Щ. м. общей ф-лы Me_2O в чистом виде с тру-

дом м. б. получены; при нагревании металлов на воздухе получают перекиси; окиси Ш. м. белого цвета, перекиси—желтоватого. Соли Ш. м. почти все хорошо растворимы в воде; соли Ш. м. более или менее летучи и окрашивают несветящееся пламя бунзенской горелки в характерные цвета (натрий дает желтый цвет, калий — фиолетовый, литий — яркочерный). В водном растворе многие соли Ш. м. показывают вследствие гидролиза (см.) щелочную реакцию (карбонаты, алюминаты, силикаты). Ш. м. соединяются непосредственно с азотом, водородом и углеродом, давая нитриды общей ф-лы Me_3N , легко окисляемые водородистые металлы MeN (см. Гидриды) и карбиды. О физических и химических свойствах отдельных Ш. м. см. соответственные статьи, а также *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 125.

Н. Ельцина.

ЩЕПНОЙ ТОВАР, щепной товар, различная деревянная (резная или токарная) посуда и вещи домашнего обихода кустарной выработки, как то: миски, чашки, блюда, ложки (ложкарный товар), лопаты, совки, плетеные изделия из лущины и пр. Некоторые изделия Ш. т. (напр. миски, ложки) выпускаются на рынок в своеобразной окраске (хлопские изделия). В качестве материала для Ш. т. употребляют липу, клен, режу осину и березу.

Лит.: см. Народное искусство.

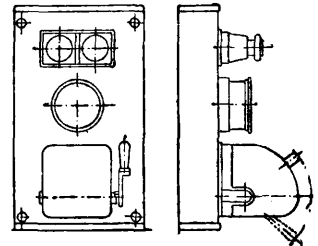
ЩИПАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, машины для разрыхления шерсти после трепания, причем шерсть разделяется на меньшие клочки и группы волокон; отдельные волокна вытягиваются, распрямляются и отделяются друг от друга. Одновременно происходит и смешивание волокон различной длины и крепости, с м е с к а получается более однородной. Перед щипанием шерсти ее замазывают. Ш. м. строят также комбинированными с замазывающим аппаратом (см. Шерстепрядение). После Ш. м. шерсть поступает в чесальное отделение на кард-машины.

ЩИТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ. В термин Ш. р. вкладывают различное по объему содержание. Раньше этот термин охватывал всю аппаратуру электрич. распределительного устройства, т. е. все приборы и приспособления, служащие для того, чтобы собирать, измерять и распределять электрическую энергию. В небольших установках вся эта аппаратура монтируется на одной конструкции, к-рая и называется тогда Ш. р. В больших современных установках та часть аппаратуры, к-рая служит для измерений и управления установкой, монтируется на одной конструкции, а распределительные шины, выключатели и другие аналогичные приборы—на другой. В таких случаях применение термина Ш. р. ограничивают той конструкцией, на к-рой сосредоточены измерительные приборы, ручки для управления различной аппаратурой и т. п. приспособления. Ш. р.—важнейшая часть электрич. установки, т. к. на нем сосредоточены органы для наблюдения за ней и управления ею; он требует поэтому особого внимания при проектировании, монтаже и эксплуатации.

Классификация. А) По конструкции и: 1) щиты, 2) пульты, 3) колонки, 4) консоли (кронштейны, brackets), 5) распределительные ящики. В) По способу управления: 1) с ручным управлением, 2) с механич. дистанционным управлением, 3) с электрическим управлением. С) По назначе-

нию: 1) Ш. р. низкого напряжения постоянного и переменного тока [а) Ш. р. центральных станций, б) Ш. р. главных распределительных устройств и в) Ш. р. домашних распределительных устройств]; 2) Ш. р. для высокого напряжения [а) Ш. р. центральных станций, б) Ш. р. подстанций, в) Ш. р. постов управления (диспетчерских пунктов)].

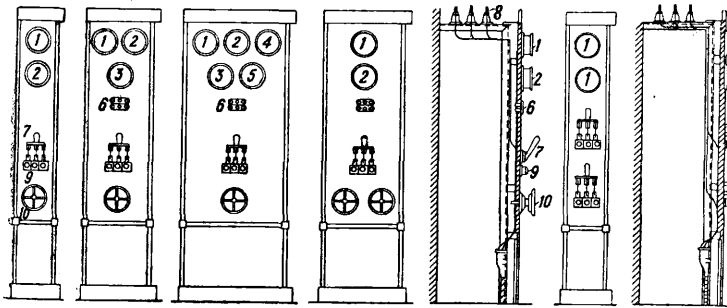
Конструкция Ш. р. Вертикальные Ш. р., подразделенные на панели. В современных конструкциях Ш. р. аппаратура сгруппирована на панелях, изготовленных каждая из одной или нескольких сравнительно больших досок из мрамора или шифера, составляющих облицовку решетчатого железного остова (каркаса), на котором они монтируются. Подразделение Ш. р. на панели позволило отделить друг от друга устройства для управления отдельными цепями, облегчив развитие изготовления Ш. р., их транспорт, а также сборку их на месте. Конструкция Ш. р. испытала влияние стандартизации, к-рой подверглись все части электрич. оборудования; в настоящее время при рациональном проектировании большинство установок средних размеров м. б. оборудовано Ш. р., собранными из панелей стандартного типа. Вертикальные панели особенно удобны для монтажа на них всей аппаратуры в низковольтных установках. При этом распределительные шины и соединительные провода, помещаемые на задней стороне панелей, также легко доступны для чистки и ремонта. Для удобства обслуживания панели иногда еще подразделяют далее на секции: короткая верхняя для воздушных выключателей (автоматических), более длинная средняя для измерительных приборов и рубильников и нижняя секция, которая м. б. использована для ватметров, реле, менее важных рубильников, рукояток реостатов или же может оставаться пустой, лишь заполняя пространство для должного оформления доски. Для небольших установок применяют Ш. р. в виде доски (фиг. 1) на двух прикреплемых к стене кронштейнах (все детали устройства располагают непосредственно на доске с обеих ее сторон). Для установок несколько большего размера берут Ш. р. и также не входящих до полу панелей на каркасе, упертом в стену (консольного типа) или в пол. В крупных установках применяют свободно стоящие Ш. р. на солидном каркасе, также связанном со стенами здания (фиг. 2, где 1—амперметр, 2—вольтметр, 3—амперметр в цепи возбуждения, 4—фазометр, 5—счетчик, 6—штупсельный переключатель, 7—рубильник, 8—шины, 9—предохранители, 10—маховичок к реостату в цепи возбуждения). Каркас делается легкого типа из газовых труб (диам. 40÷70 мм), более прочного типа из профильного железа (уголкового железа средних номеров 50÷75 мм или корабчатого низших номеров); прикрепление к полу производится помощью штупрей (трубы—помощью башмаков из чугуна). Оперативные процессы в распределительном устройстве требуют от конструкции



Фиг. 1.

устойчивости и жесткости в узлах (клепка и сварка лучше свинцовая).

Панели изготавливают из изоляционного материала—мрамора, шифера, прессованного материала (25÷60 мм толщиной), из листов стали или железа 5 мм толщиной (в последнем случае токоведущие части аппаратуры д. б. надежно изолированы), изредка из стекла и иногда также в виде стенок из цемента или гипса с облицовкой из кафелей. В качестве материала для досок применяют также изделия из цемента и асбеста (те набест, тетит



Фиг. 2.

и др.). Нередко мрамор применяют только для монтажа приборов, к-рые сосредоточены вверху Щ. р., нижнюю же часть Щ. р. облицовывают железом (листовым или рифленным). В мраморе для Щ. р. надо избегать следов ржавчины и масляных пятен. Для укрепления аппаратуры на досках из шифера и мрамора и для установки досок на каркасе надлежит брать упругие прокладки—из кожи, резины, картона; шурупы крепят на пробках из дерева. Дыры в мраморе сверлят осторожно (всухую, спиральными сверлами с небольшими скоростями; большие дыры сверлят с двух сторон доски, постепенно увеличивая диам., напр. с 10 до 15 и затем до 20 мм). Мрамор с лицевой стороны полируют, а с задней покрывают эмалевым лаком. Для современных Щ. р. мрамор и шифер вообще менее целесообразны (в виду уплотненного расположения аппаратуры, уплотненного размещения приборов и расположения токоведущих частей за щитом). Иногда применяют Щ. р. без облицовки (вся аппаратура непосредственно на каркасе). Дерево для облицовки допустимо только для временных Щ. р. и при непременно условии обработки его: пропитки (маслом, бакелитовым лаком) и окраски (огнестойкими изолирующими составами). Высота панелей редко больше 2,3 м, а ширина 1 м.

Расположение панелей и их последовательность должны обеспечивать возможность позднейших расширений, экономичного распределения меди для шин и вообще удобства монтажа и обслуживания. Приборы и аппаратуру группируют так, чтобы определенную цепь тока обслуживала по возможности одна панель. Часто располагают панели с аппаратурой и приборами для управления работой генераторов слева (если смотреть на щит), помещая левее панели возбуждения; панели нагрузок и фидеров располагают справа от генераторных панелей, помещая ближе к этим последним панели для более тяжелых нагрузок. Другой также часто применяемый порядок размещения: генераторные панели—по середине, а фидерные—по краям распределительных щитов; при наличии автоматических

регуляторов напряжения последние монтируют также на отдельной панели сбоку щита. Для очень крупных распределительных щитов иногда заставляют генераторные панели чередоваться с фидерными в целях уменьшения количества меди, потребного для шин. Для крупных установок расположение панелей выбирают в каждом случае особо.

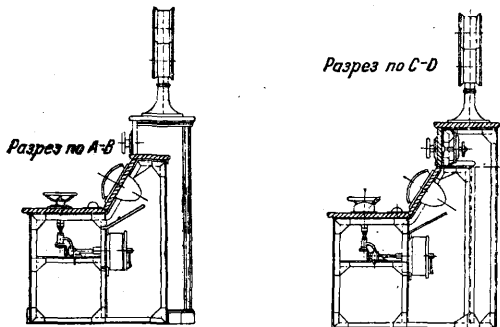
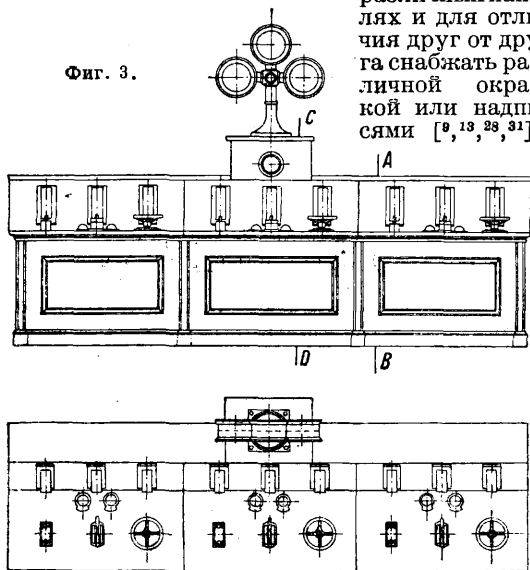
Размещение аппаратуры и приборов в Щ. р. должно облегчать выполнение оперативных манипуляций и отсчетов на приборах; оно д. б. возможно более симметрично и наглядно, чтобы облегчить обслуживание сложных цепей; кроме того д. б. устранена возможность переброски дуги на металлич. части. Рычажные выключатели д. б. расположены т. о., чтобы их можно было удобно и безопасно обслуживать: рукоятки их помещают на высоте 1—1,2 м от пола (наибольшая допустимая высота для всяких рукояток >1,9 м), выбирая для них обычно среднюю часть щита. Приборы и прочие детали не следует монтировать на Щ. р. ниже 0,7 м от пола. Маслодержа-

щие аппараты монтируют за щитом, выводя рукоятки управления на переднюю сторону его на удобной для управления высоте. Плавкие предохранители пробковые устанавливают на лицевой стороне Щ. р., пластинчатые же и трубчатые—лучше за щитом (для предотвращения ожога дежурного при перегорании плавких вставок); иногда их располагают на отдельных вспомогательных панелях. Если выключатели и предохранители приходится помещать близко к металлич. частям, то последние покрывают асбестом. Воздушные автоматические выключатели д. б. удалены от измерительных приборов, их помещают в верхней части панелей; достаточное пространство д. б. оставлено для образования разрывной дуги; для напряжений до 250 V выключатели для сил токов до 400 А монтируют на лицевой стороне, а при напряжениях >250 V лучше устанавливать их на задней стороне щита, выводя рукоятку на лицевую сторону. Измерительные приборы для удобства отсчета помещают на высоте 1,5—1,8 м (наибольшая допустимая высота 2,2 м). В простых устройствах применяют нормальные измерительные приборы (с круглым корпусом; крепятся своим основанием прямо к панели; подвод тока сзади щита через сквозные болты). Для крупных Щ. р. чаще берут несколько более дорогое и сложное для монтажа, но гораздо более наглядное уплотненное расположение приборов: шкала заподлицо с поверхностью панели. В целях уплотненного расположения приборов их изготавливают возможно малых размеров (диам. шкалы 100 мм и менее). Для крупных установок с большим числом измерительных приборов эти последние берут профильного типа. Регулировочные реостаты м. б. по их размерам монтированы непосредственно сзади Щ. р. с выводом маховичка на лицевую сторону щита на высоте <70 см от пола; если реостат не помещается за доской, его устанавливают у противоположной стены или в нижнем помещении, связав его с маховичком механич. передачей (см. ниже). Реле помещают внизу панелей. Кроме этих приборов и аппаратов Щ. р. может содержать сигнальную и

контрольную аппаратуру. Голые токоведущие части на лицевой стороне панелей допускаются только на Щ. р. для напряжений >250 В при обслуживании щита квалифицированным персоналом; в противном случае применяют защитные покрывки. Лучше располагать все голые токоведущие части на задней стороне панелей. У настенных Щ. р. присоединения проводов д. б. выполнены после укрепления щитов. Щ. р. должны быть всегда устроены доступными с задней стороны. Аппаратуру для различных родов тока и напряжений надо размещать на

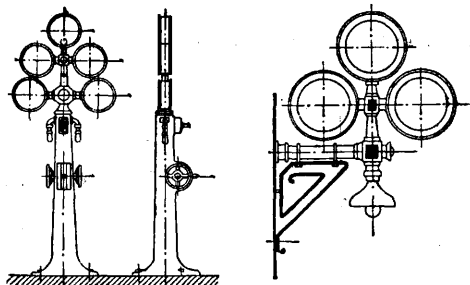
различных панелях и для отличия друг от друга снабжать различной окраской или надписями [9, 13, 23, 31].

Фиг. 3.



Пульты (пюпитры) по общему типу конструкции похожи на свободно стоящие Щ. р., но у них лицевая доска наклонна или горизонтальна, токоведущие же части расположены под нею внутри пульта; последний состоит из бетонного или железного каркаса (фиг. 3), на котором монтируют доски из шифера для установки приборов и аппаратуры. Боковые, не используемые для этой цели поверхности закрыты съемными досками, удаляемыми для осмотра и ремонта соединений. Пульт представляет собой защищенную со всех сторон и потому весьма безопасную для обслуживания конструкцию. Конструкция пультов была создана для Щ. р. с электрич. дистанционным управлением. Наклонная поверхность пульта удобна для размещения рубильников, сигнальных ламп и мнемонической (миниатюрной) схемы (см. ниже). Преимущества пультов: компактность, большая величина поверхности, удобной для обслуживания руками, и хорошая обзор-

ваемость по всей длине пульта; удобны для размещения в машинном зале при дистанционном электрич. управлении масляными выключателями: дежурный стоит у пульта лицом к машинному залу. Недостатки пультов: сравнительно дороги, соединения внутри них мало доступны для наблюдения. Самая аппаратура, приводимая в действие электрич. дистанционным управлением, обычно слишком громоздка,



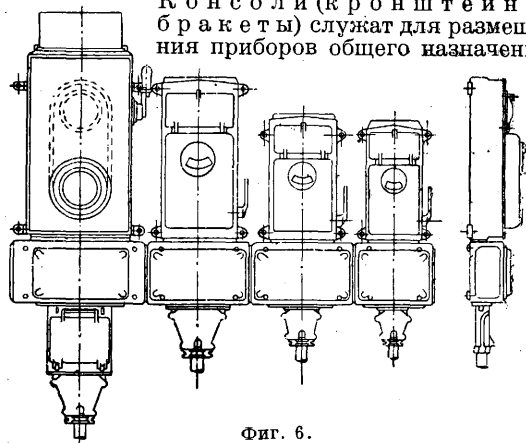
Фиг. 4.

Фиг. 5.

чтобы монтировать ее на самом пульте. Применяются как одиночные (более удобные для изготовления и монтажа; нормальный габарит: высота $1,2 \div 1,4$ м, длина 1 м), так и групповые пульта. Более высокий тип удобнее для отсчетов на измерительных приборах, более плоский удобнее для установки в комбинации с вертикальным щитом вплотную перед ним. При большом числе секций пульта располагают по дуге круга [13, 17, 30, 31].

К о л о н к и применяются взамен пультов, иногда в комбинации с ними, для цепей генераторов, установок синхроскопов (см.), главных вольтметров и т. п. приборов; пригодны также для механич. дистанционного привода выключателей. Представляют собой фасонную пустотелую конструкцию (фиг. 4) из чугуна или железа. В отношении эксплуатационных удобств уступают пультам [13, 17, 30, 31].

К о н с о л и (к р о н ш т е й н ы, б р а к е т ы) служат для размещения приборов общего назначения

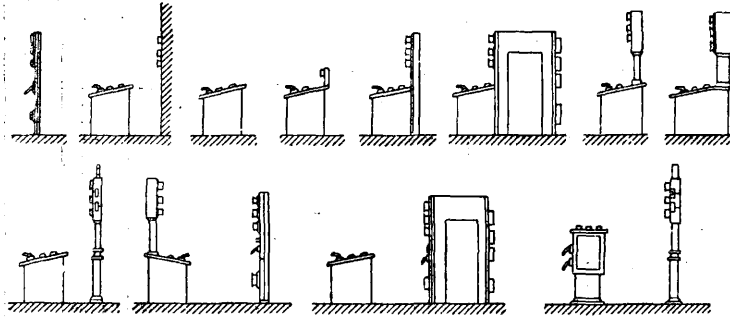


Фиг. 6.

для всей установки (синхроскопы, вольтметры и т. п.). Обычно из трубчатого железа. Монтируются на верхней поверхности пультов или сбоку вертикального щита. Распространен поворотный тип (фиг. 5), позволяющий поворачивать приборы на 90° вокруг вертикальной оси и закреплять их в выбранном удобном для наблюдения положении [13, 15, 31, 32].

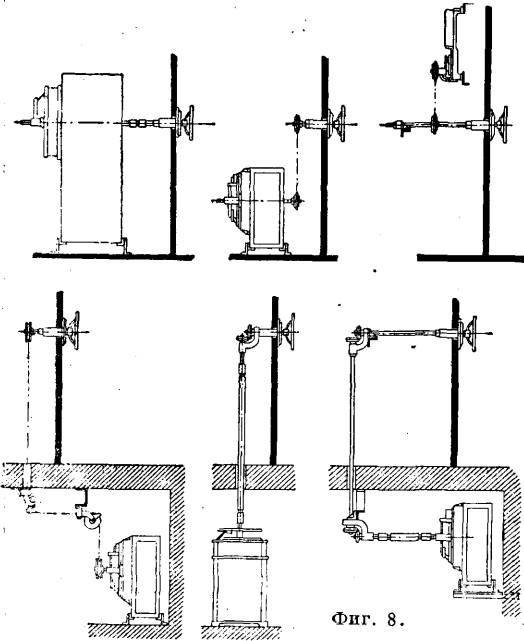
Распределительные ящики выполняются в виде свободно стоящих или на-

стенных закрытых конструкций из железа или чугуна. Для каждой цепи—отдельный ящик, внутри которого размещены все токоведущие части (вводы посредством кабеля); дверцы с блокировкой (нельзя открыть при включенном рубильнике). Для тяжелых эксплуатационных



Фиг. 7.

условий (металлургич. заводы, рудники) применяется герметически закрытый тип ящиков (фиг. 6). Видоизменение ящиков—распределительные шкафы (каretки), к-рые можно выкатывать по рельсам (на колесиках); применяются при недостатке места, позволяют обойтись без особых разъединителей, обеспечивают полную безопасность обслуживания: аппаратура становится доступной, только если выкатить каретку и тем самым выключить напряжение [9, 12, 13, 15, 31].



Фиг. 8.

Комбинации различных типов Щ. р. Для устройства распределительных щитов больших станций и подстанций прибегают к сочетаниям вертикальных щитов с пультами, колонками и кронштейнами (фиг. 7). Зачастую помещают например аппаратуру генераторов и важнейших фидеров на пультах, а аппаратуру распределительную и второстепенных цепей на вертикальных панелях; иногда размещают измерительные приборы на вертикальных панелях, а аппаратуру для управления на пультах и т. д. [13, 15, 29, 30, 31].

Детали конструкции Щ. р. Приводы для аппаратуры Щ. р. Регулировочные и пусковые реостаты устанавливают всегда за Щ. р. или в помещении под ним; поэтому на щите приходится монтировать маховички, соединенные с реостатами механич. передачей (цепной,

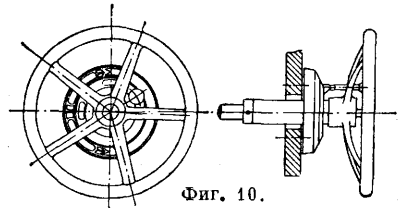
тросовой, зубчатой и т. д.), наиболее распространенные типы к-рой изображены на фиг. 8—10. Для выключателей, расположенных вблизи привода, применяют рычажный привод и передачу (фиг. 9); кривошины удобны для монтажа; рычаги обычно из стальных труб с переставляемыми вилками на концах. Для непосредственного сочленения—ручной привод с маховичком (фиг. 10). Для больших расстояний применяют дистанционное управление (электрическое, пневматическое или пружинное).

Проводка Щ. р. Важнейшая часть проводки Щ. р.—шины (собираательные, распределительные, соединительные); к ним подводится энергия от генераторов (на подстанциях—от трансформаторов), от них отходят



Фиг. 9.

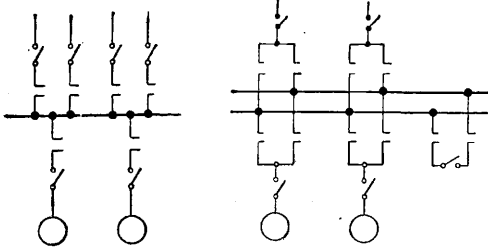
фидеры, питающие энергией отдельные группы потребителей, они же служат для соединения между отдельными секциями Щ. р. При низком напряжении всегда (а при высоком только в небольших установках второстепенного значения) применяют систему одиночных шин (один комплект из двух шин в 2-проводных установках, из трех шин в 3-проводных и т. д.), при которой для всякого, даже небольшого, ремонта приходится выключать всю установку (на фигуре 11а показана для одиночной системы шин однолинейная схема: тройные провода трехпроводной установки изображены одной линией вместо трех). Кольцевая система одиночных шин применяется редко (сложность расширения, необходимость секционирования). Для высокого напряжения и на всех крупных



Фиг. 10.

станциях—система двойных шин, т. е. два комплекта шин из двух шин каждый в 2-проводных установках, из трех шин—в 3-проводных и т. д. (фиг. 11б); эта система позволяет, не прерывая работы установки, производить ремонт, чистку, делить станцию на 2 части (каждый генератор или линия м. б. помощью пере-

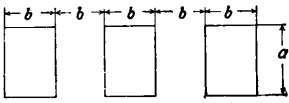
ключателей присоединены к любому из двух комплектов шин). Система двойных кольцевых шин очень сложна и применяется весьма редко.



Фиг. 11а.

Фиг. 11б.

Шины изготовляют из электролитич. меди, реже алюминия и латуни (для небольших установок постоянного тока иногда из железа). В зависимости от силы тока и напряжения шины делают прямоугольного, круглого сечения или трубчатые. Прямоугольное сечение — для низкого напряжения (выгодно при больших силах токов благодаря большой поверхности охлаждения); для высоких напряжений (>22 kV) — круглое сечение (для предотвращения явления короны) и для еще более высоких напряжений — трубчатые шины (экономия металла — лучшее использование его).



Фиг. 12.

В табл. 1—4 приведены допускаемые нагрузки для плоских медных и алюминиевых шин. Таблицы составлены Инделом рационализации Электропрома ВЭО (Информационный бюллетень Электропрома 1933, № 4—5), причем нагрузки приняты по приказу ВСНХ за № 31 от 3/1 1932 г. для допустимого нагрева до 75° (40° выше t° окружающего спокойного воздуха, принятой в 35°) в табл. 1 и 2 и соответственно 65° (30° выше t° окружающего воздуха) в табл. 3 и 4 и при условии обязательной черноматовой окраски. Расположение шин дано на фиг. 12 (расстояние между шинами равно толщине одной полосы). Для больших сил тока применяют составные шины (из нескольких полос) с соответствующими промежутками между полосами; для составных шин допустимы большие плотности тока, чем при сплошных сечениях.

Табл. 1.—Допустимые нагрузки плоских шин из меди (нагрев до 75°).

Размеры шин а × b, мм (фиг. 12)	Сечение, мм ²	Постоянный ток в А				Переменный ток в А			
		Число шин				Число шин			
		1	2	3	4	1	2	3	4
15 × 3	45	211	—	—	—	231	—	—	—
20 × 3	60	271	—	—	—	271	—	—	—
25 × 3	75	331	—	—	—	330	—	—	—
30 × 4	120	442	—	—	—	440	—	—	—
40 × 4	160	575	1 090	—	—	572	1 080	—	—
40 × 5	200	648	1 230	—	—	642	1 210	—	—
50 × 5	250	796	1 510	—	—	788	1 475	—	—
50 × 6	300	830	1 670	—	—	865	1 600	—	—
60 × 6	360	1 040	1 975	2 915	3 800	1 020	1 870	2 520	3 170
60 × 8	480	1 208	2 290	3 330	4 400	1 175	2 150	2 900	3 580
60 × 10	600	1 365	2 590	3 830	4 980	1 320	2 400	3 260	3 980
80 × 6	480	1 360	2 585	3 810	4 965	1 320	2 410	3 200	3 960
80 × 8	640	1 570	2 980	4 400	5 730	1 500	2 710	3 610	4 430
80 × 10	800	1 760	3 340	4 930	6 430	1 670	2 960	4 010	4 860
100 × 6	600	1 680	3 190	4 700	6 130	1 815	2 910	3 860	4 700
100 × 8	800	1 945	3 700	5 450	7 100	1 840	3 290	4 330	5 310
100 × 10	1 000	2 160	4 100	6 050	7 885	2 015	3 500	4 730	5 800

Табл. 2.—Допустимые нагрузки плоских шин из алюминия (нагрев до 75°).

Размеры шин а × b, мм	Сечение, мм ²	Постоянный ток в А				Переменный ток в А			
		Число шин				Число шин			
		1	2	3	4	1	2	3	4
15 × 3	45	162	—	—	—	162	—	—	—
20 × 3	60	208	—	—	—	208	—	—	—
25 × 3	75	253	—	—	—	253	—	—	—
30 × 4	120	337	—	—	—	336	—	—	—
40 × 4	160	440	835	—	—	438	825	—	—
40 × 5	200	494	940	—	—	492	925	—	—
50 × 5	250	609	1 160	—	—	606	1 135	—	—
50 × 6	300	671	1 275	—	—	666	1 245	—	—
60 × 6	360	795	1 510	2 230	2 900	787	1 470	2 090	2 630
60 × 8	480	923	1 750	2 530	3 340	905	1 680	2 330	3 000
60 × 10	600	1 040	1 980	2 920	3 800	1 015	1 830	2 660	3 310
80 × 6	480	1 037	1 970	2 900	3 780	1 020	1 970	2 680	3 360
80 × 8	640	1 200	2 280	3 360	4 380	1 175	2 150	3 030	3 800
80 × 10	800	1 349	2 530	3 750	4 920	1 310	2 374	3 360	4 210
100 × 6	600	1 280	2 430	3 580	4 640	1 245	2 330	3 260	4 070
100 × 8	800	1 480	2 810	4 140	5 400	1 440	2 620	3 680	4 620
100 × 10	1 000	1 654	3 140	4 640	6 050	1 590	2 845	4 020	5 030

Шины д. б. надежно укреплены помощью опорных изоляторов, число которых из экономии и

Табл. 3.—Допустимые нагрузки плоских шин из меди (нагрев до 65°).

Размеры шин а × b, мм	Сечение, мм ²	Постоянный ток в А				Переменный ток в А			
		Число шин				Число шин			
		1	2	3	4	1	2	3	4
15 × 3	45	178	—	—	—	178	—	—	—
20 × 3	60	230	—	—	—	230	—	—	—
25 × 3	75	284	—	—	—	283	—	—	—
30 × 4	120	385	—	—	—	384	—	—	—
40 × 4	160	499	959	—	—	497	937	—	—
40 × 5	200	563	1 070	—	—	557	1 055	—	—
50 × 5	250	694	1 320	—	—	687	1 292	—	—
50 × 6	300	764	1 450	—	—	753	1 400	—	—
60 × 6	360	907	1 723	2 540	3 310	890	1 640	2 190	2 750
60 × 8	480	1 041	1 976	2 915	3 800	1 011	1 864	2 510	3 080
60 × 10	600	1 180	2 240	3 310	4 310	1 135	2 090	2 840	3 430
80 × 6	480	1 180	2 240	3 310	4 310	1 145	2 090	2 770	3 450
80 × 8	640	1 362	2 590	3 820	4 970	1 305	2 350	3 130	3 840
80 × 10	800	1 519	2 885	4 250	5 540	1 441	2 550	3 460	4 190
100 × 6	600	1 450	2 750	4 060	5 290	1 395	2 520	3 340	4 060
100 × 8	800	1 610	3 170	4 680	6 100	1 580	2 820	3 730	4 570
100 × 10	1 000	1 860	3 530	5 210	6 790	1 730	3 010	4 070	4 980

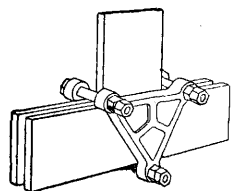
для улучшения изоляции стремятся по возможности уменьшить; однако для установок боль-

Табл. 4.—Допустимые нагрузки плоских шин из алюминия (нагрев до 65°).

Размеры шин а × b, мм	Сечение, мм ²	Постоянный ток в А				Переменный ток в А			
		Число шин				Число шин			
		1	2	3	4	1	2	3	4
15 × 3	45	136	—	—	—	136	—	—	—
20 × 3	60	176	—	—	—	176	—	—	—
25 × 3	75	217	—	—	—	216	—	—	—
30 × 4	120	294	—	—	—	293	—	—	—
40 × 4	160	382	726	—	—	380	722	—	—
40 × 5	200	430	817	—	—	427	810	—	—
50 × 5	250	531	1 008	—	—	529	998	—	—
50 × 6	300	584	1 110	—	—	581	1 088	—	—
60 × 6	360	693	1 316	1 940	2 530	687	1 290	1 820	2 290
60 × 8	480	796	1 513	2 230	2 910	780	1 455	2 060	2 590
60 × 10	600	901	1 712	2 521	3 290	880	1 630	2 310	2 860
80 × 6	480	901	1 712	2 521	3 290	887	1 650	2 330	2 920
80 × 8	640	1 044	1 984	2 920	3 810	1 022	1 875	2 640	3 300
80 × 10	800	1 161	2 208	3 250	4 240	1 127	2 045	2 860	3 625
100 × 6	600	1 110	2 110	3 110	4 050	1 084	2 020	2 830	3 530
100 × 8	800	1 280	2 430	3 580	4 670	1 245	2 265	3 190	4 000
100 × 10	1 000	1 420	2 700	3 980	5 180	1 366	2 440	3 450	4 320

шой мощности система шин д. б. проверена на электромагнитные силы, действующие на систему в случае токов короткого замыкания (см.), в виду чего иногда приходится уменьшать рас-

стояния между опорными точками, увеличивать расстояния между шинами или вставлять между ними особые добавочные изоляторы (изоляторы при этом д. б. также проверены на механическую прочность). Соединение отдельных кусков для образования длинных шин осуществляется при прямоугольном сечении внахлестку посредством сквозных железных болтов или посредством особых накладок, стягиваемых без просверливания шин (фиг. 13); при круг-



Фиг. 13.

лом сечении соединение помощью специальных зажимов и при трубчатом сечении — муфтами. При укреплении шин на опорных изоляторах учитывают удлинение при нагревании шин (при нагревании на 30° около 0,5 мм на м для меди и ок. 0,7 мм для алюминия); при небольших длинах оставляют соответ-

ствующий зазор в дырах для болтов, а при большой общей длине (>15 м) включают в шины компенсационные соединения из гибкой ленты. Места контакта соединяемых шин требуют тщательной пригонки, чистоты и сильного сжатия; контактная поверхность д. б. достаточно большой, чтобы плотность тока не превышала 30 А/см² (в отдельных случаях до 50 А/см²); для алюминиевых плоских шин площадь накладки рекомендуется брать не менее 10-кратной величины сечения шины. Соединение алюминиевых шин требует особой тщательности; во избежание явлений разьедания (коррозии) следует избегать соприкосновения алюминия с другими металлами; железные болты для них д. б. тщательно оцинкованы [1, 7, 9, 13, 18, 21, 22, 24, 31, 37].

От генераторов к шинам энергии подводятся по кабелям (см.), прокладываемым обычно в закрытых каналах под полом. Кабелем прокладывают иногда и отходящие от шин *фидеры* (см.); остальная проводка выполняется помощью *проводов* (см.).

Контрольные и сигнальные оборудование и Щ. р. Для облегчения работы дежурного у щита (для непрерывного осведомления его о работе важнейших частей установки, о правильном их функционировании или нарушениях такового) служит контрольная и сигнальная аппаратура: сигнальные лампы различных цветов (управляемые автоматически вспомогательными контактами, блокированными с обслуживаемым аппаратом) показывают положение выключателей, разъединителей и т. п.; командные аппараты (надписи, освещаемые в случае надобности, приборы с указательными стрелками и пр.) служат для связи с машинным залом (желательно с обратным сигналом — подтверждением исполнения); приборы для дистанционного управления со Щ. р. являются регуляторами первичных двигателей и пр. (напр. кнопочные или поворотные выключатели для включения вспомогательного моторчика или соленоида, воздействующего на регулятор). Желательно в случае отказа какого-либо из этих приборов в работе получение сигнала об этом. Мнемоническая схема соединений (раньше называлась мимической). В больших установках на Щ. р. или на особой доске устраивают миниатюрную однолинейную схему всех соединений. Она состоит из тонких медных полос с включенными в них в надлежащих местах миниатюрными вы-

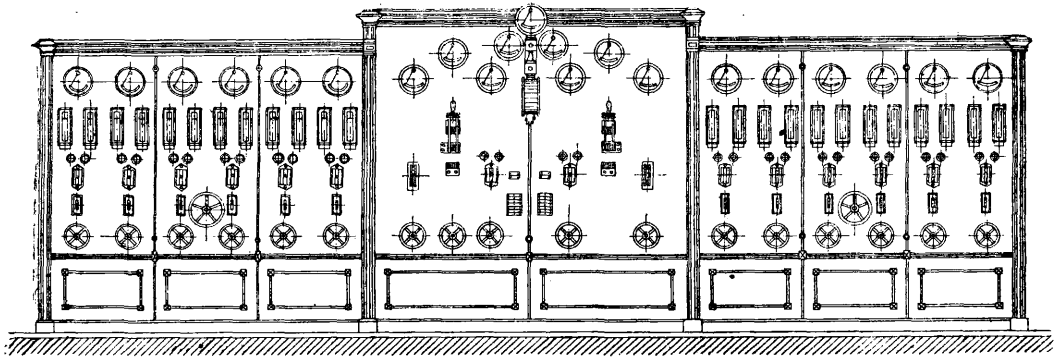
ключателями, изображающими соответственно главные выключатели (разъединители, масляные выключатели) электрической системы. Помощью соответствующего положения миниатюрных выключателей и сигнальных ламп различных цветов на мнемонической схеме автоматически отмечаются положения всех выключателей и все производимые включения и выключения. Такая схема дает дежурному наглядное изображение состояния технич. эксплуатации системы, показывая например, какие машины и аппараты в данный момент включены или выключены [13, 16, 31].

Основные изображения при проектировании Щ. р. и требования к ним он должен удовлетворять. В виду чрезвычайно ответственного значения Щ. р. для правильного функционирования всей электр. системы при проектировании его изображения обеспечения надежной работы и безопасности должны преобладать над стремлением уменьшить стоимость установки. Основные требования к Щ. р.: надежность в эксплуатации, выбор достаточных габаритных расстояний для размещения токоведущих частей, удобство и безопасность обслуживания, дистанционное управление, ясность и наглядность расположения аппаратуры, рациональное освещение, защитные ограждения, удобные проходы и пр., доступность частей для чистки и ремонта, обеспечение быстрой локализации и ликвидации аварий (в особенности надлежащее размещение маслосодержащих аппаратов), обеспечение места для позднейших расширений установки, обеспечение возможно более коротких проходов для доступа к приборам, требующим частого обслуживания, возможность быстрого и удобного транспортирования крупных частей оборудования [13, 30, 31, 32, 37].

Щ. р. низкого напряжения. 1) На центральных станциях. На Щ. р. помещают только рукоятки выключателей, измерительные приборы, маховики регуляторов и автоматич. элементные коммутаторы, сигнальное оборудование и счетчики. При постоянном токе можно обойтись небольшим числом измерительных приборов. Для небольших Щ. р. достаточно одного вольтметра с переключением на каждый из генераторов. При крупных генераторах добавляют еще один вольтметр для шин (чтобы можно было при параллельном включении сравнить его показания с показаниями вольтметра генератора). Для каждой цепи генератора и каждого фидера предусматривают по одному амперметру (второстепенные фидеры м. б. без амперметров). Для фидеров иногда берут отдельный вольтметр или же используют для них помощью переключателя вольтметр, обслуживающий шины. Счетчики помещают в цепях генераторов и фидеров, если требуется учет отдельных нагрузок. При независимом возбуждении генераторов и вращающихся преобразователей часто нужны еще амперметры в цепях возбуждения. Остальные аппараты и предохранители помещают на особом карнасе непосредственно за Щ. р. Для аккумуляторных батарей устраивается отдельный щит или отдельная панель. На общем Щ. р. элементный коммутатор помещают по середине доски или внизу. Для устранения длинных и дорогих подводящих проводов элементный коммутатор часто устанавливают в особом помещении близ аккумуляторного и приводят в действие со Щ. р. помощью сервомотора или соленоида. При пе-

ременном токе, если трехфазные генераторы нагружены симметрично (см. *Трехфазные токи*), достаточно для каждого генератора одного амперметра в одной из фаз; при несимметричной нагрузке—по амперметру в каждой фазе; при периодических и незначительных асимметриях нагрузки обходятся одним амперметром (на генератор) с многофазным переключателем. При параллельной работе генераторов необходимы ваттметры и амперметры для возбуждения. *Фазометры* (см.) желательны, но не необходимы. Для параллельного включения требуется синхроскоп. К альтернаторам или к шинам присоединяют *частотомер* (см.). Фидеры переменного тока обычно оборудуют амперметрами, остальными же приборами (ваттметр, фазометр и пр.)—смотря по значению фидера. Необходимы приборы для непрерывного наблюдения за состоянием изоляции установки.

рез измерительные трансформаторы). На электрич. станциях небольшой и средней мощности пост управления находится в самом машинном зале у стены, отделяющей последний от помещения с высоковольтным оборудованием. В установках большой мощности пост управления находится в отдельном помещении (дежурный электротехник защищен от мешающего шума машин). На крупных станциях устраивают два Щ. р.: один—щит управления и другой—щит собственных нужд, т. е. щит низкого напряжения (обычно 220 V), на котором помещают приборы и аппараты, обслуживающие освещение самой станции и установленные на ней электродвигатели. Щит управления содержит приспособления для управления масляными выключателями (рычаги или кнопки), сигнальные лампы, измерительные приборы, счетчики, быстродействующие регуляторы напряжения, реле и ма-



Фиг. 14.

2) В главных распределительных устройствах оборудование Щ. р. в общем схоже с описанным выше оборудованием Щ. р. на центральных станциях. Для контроля рабочих процессов двигателей желательны регистрирующие амперметры. Здесь также необходимы приборы для испытания изоляции установки.

3) В домовых распределительных устройствах Щ. р. состоит из достаточно удаленных от стены досок из изолирующего материала, на которых располагают выключатели, предохранители и счетчики [4, 7, 9, 12, 26, 28, 32, 34].

Щ. р. высокого напряжения. 1) На центральных станциях. Распределительные устройства крупных установок высокого напряжения состоят из двух самостоятельных частей, расположенных в разных помещениях: в одном—все высоковольтное оборудование, а в другом (пост управления)—аппаратура для управления распределительным устройством. При этом всю высоковольтную аппаратуру каждой электрич. цепи размещают в отдельных ячейках, отделенных друг от друга огнестойкими перегородками. В помещении поста управления размещают всю измерительную, контрольную и сигнальную аппаратуру и рукоятки механич. приводов к масляным выключателям (в случае применения электрич. приводов пост управления связан с высоковольтным распределительным устройством только электрич. проводами). Вся аппаратура поста управления находится под действием низкого напряжения: постоянного тока ≥ 220 V и переменного тока ≥ 110 V (к высоковольтным токоведущим частям аппаратура поста управления присоединена че-

ховики реостатов. В установках трехфазного тока требуется больше измерительных приборов, чем при постоянном токе: для генератора не меньше одного ваттметра, одного амперметра для рабочего тока и одного для цепи возбуждения, желателен еще один фазометр. Применение амперметров для трансформаторов целесообразно потому, что они позволяют непрерывно наблюдать за нагрузкой, своевременно выключая слабо нагруженные трансформаторы (в целях уменьшения потерь холостого хода). Самопишущие ваттметры для шин и вольтметры значительно облегчают наблюдение за работой установки. Особого внимания требует выбор рационального расположения всей аппаратуры. Для устранения перекрещивания проводки и увеличения наглядности установки желательны, чтобы расположение электрич. цепей на панелях Щ. р. соответствовало размещению их в ячейках. На фиг. 14 изображен Щ. р. крупной электрической станции.

2) На главных подстанциях (см. *Подстанция электрическая*) Щ. р. имеет устройство, схожее с описанным выше устройством Щ. р. на станциях; однако отсутствие машинных агрегатов несколько упрощает оборудование. Отходящие линии передачи оборудуют амперметрами во всех фазах для наблюдения за нагрузками и замыканиями на землю.

3) На сетевых подстанциях в закрытых помещениях (киосках) имеются один щит высокого и один щит низкого напряжения, на которых располагаются соответствующие выключатели и предохранители.

4) На диспетчерских пунктах (центральных дежурных пунктах для управления

совместной работой нескольких станций, питающих одну сеть, или работой сетей, объединенных в одну систему для параллельной работы) Щ. р. снабжают весьма сложным и дорогим оборудованием. В простейших случаях дежурный диспетчер по телеграфу или телефону получает нужные ему сведения и отдает соответствующие приказания; при этом оборудование пункта сравнительно несложно; кроме средств связи оно должно включать в себя карту или схему объединенных установок (с указанием на ней важнейших частей установок), на к-рой дежурный отмечает все изменения рабочего режима. Схема м. б. изображена на деревянной доске, в к-рой просверлены небольшие отверстия в местах расположения главных оперативных выключателей; для обозначения замкнутого положения какого-либо выключателя в соответствующее отверстие вставляют резиновую пробку; при незакрытом отверстии через него проходит красный свет (от ламп, расположенных за доской), обозначающий разомкнутое положение выключателя. Удобнее схема на сплошной доске, причем на ней около условного изображения каждой станции, машины или выключателя расположено несколько лампочек различных цветов. Включая при отдаче каждого распоряжения соответствующую лампочку, дежурный диспетчер имеет все время наглядное изображение рабочих условий системы. Устройства диспетчерских пунктов развиваются в направлении возрастающей автоматизации и централизации управления. Для этого необходимо оборудование центрального диспетчерского пункта приспособлениями для дистанционного управления, машинами и прочими частями оборудования в связи с автоматич. передачей на центральный пост показаний важнейших приборов и всякого рода сигналов; в этом случае все производимые операции включения, выключения и переключения фиксируются на мнемонич. схеме автоматически. Вся аппаратура для дистанционного управления и сигнальная сосредоточены при этом на щите управления центрального поста, представляющем собой высшую форму развития Щ. р. Дистанционное управление м. б. осуществлено по синхронной системе (синхронное движение двух одинаковых конструктивных органов—на центральном посту и у управляемого выключателя), по селекторной системе (посылка различных сочетаний импульсов тока переменной полярности или различной частоты или продолжительности, воздействующих на настроенные соответственно реле) и по акустической системе (посылка импульсов помощью диска автоматич. телефона и т. п.). На щите управления при этом располагаются рабочие ключи или контактные кнопки для приведения в действие различных реле, приборы для измерения на расстоянии и пр. [3, 13, 16, 31].

Техника безопасности и эксплуатация Щ. р. При постройке и эксплуатации Щ. р. руководствуются электротехнич. правилами и нормами и правилами безопасности, знание к-рых обязательно для эксплуатационного персонала, так же как знакомство с Наставлением для обращения с электр. проводами и принадлежностями при тушении пожаров и с Руководящими указаниями по оказанию первой помощи пострадавшим от электрич. тока; последние д. б. вывешены на посту управления на видном месте. Пуск Щ. р. в эксплуатацию производится только после испытания. Перед испытанием

предварительным осмотром и проверкой подготовляют к нему всю аппаратуру. Испытание заключается гл. обр. в проверке изоляции (с постепенным повышением испытательного напряжения). После испытания производят пробный пуск в эксплуатацию, тщательно следя за работой всех частей оборудования Щ. р. После принятия Щ. р. в регулярную эксплуатацию наблюдение за состоянием его оборудования заключается в регулярном осмотре и периодических проверках качества и функционирования отдельных частей оборудования. Дежурный у Щ. р. ведет суточный журнал, внося в него каждые час или полчаса показания измерительных приборов и все важнейшие оперативные события (включения, выключения, аварии и пр.). На обязанности дежурного лежат также включение или выключение тех или иных цепей, наблюдение за распределением нагрузок, за регулированием напряжения, замена перегоревших предохранителей, смазка всех движущихся частей и пр. С ростом автоматизации функции дежурного все более сводятся к роли резерва, вступающего в действие лишь в случаях нарушений правильного функционирования установки [13, 16, 32, 37].

Лит.: 1) Б у р г у ч е в С., Алюминиевые шины в распределительных устройствах высокого и низкого напряжения, М., 1930; 2) В е й к е р Ф., Установки высокого напряжения, пер. с нем., 2 изд., Л., 1931; 3) Г о л о в В., Опыт централизованного наблюдения за эксплуатацией основной электр. системы Электротона, «Изв. Электротона», Л., 1928. 6; 4) Г о л о в Ф., Проектирование небольших электростанций и сетей, пер. с нем., Л., 1930; 5) К л и н е н б е р г Г., Сооружение крупных электростанций, пер. с нем., Л., 1929; 6) К р о ф т Т., Электрические станции и подстанции, пер. с англ., 3 изд., М.—Л., 1928; 7) Л ю т е р Р., Электросиловые установки, распределительные устройства, Л., 1926 (литогр.); 8) М о р з П., Электроаппаратура, электрооборудование распределительных устройств, пер. с франц., М., 1929; 9) П о я р к о в М. Е., Центральные электростанции, 2 изд., М., 1927; 10) Г р о ж е, Снабжение переменным током установок для обслуживания собственных силовых станций, «Тепло и сила», М., 1928; 11) Р о т А., Техника высоких напряжений, пер. с нем., М.—Л., 1930; 12) С у ш к и н Н. и Г л а з у н о в А., Центральные электростанции и их электрооборудование, 2 изд., М., 1929; 13) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 2, Л., 1931; 14) Т е й х м ю л л е р И., Коммутационные схемы электростанций и силового тока, пер. с нем., Л., 1929; 15) Ф а у л ь Ф., Справочник по электротехнике, т. 3, пер. с англ., Л., 1929; 16) Х а щ и н с к и й В., Централизованное управление работой соединенных параллельно сетей, «Электричество», М.—Л., 1926, 11, стр. 464; 17) Г е р о ж е, Значительные события в истории развития генерирования и канализации электрической энергии за последние полвека, там же, 1930, Юбилейный выпуск, стр. 86; 18) Г е р о ж е, Некоторые вопросы техники монтажа алюминия, «Электрификация и электромонтер», М., 1930, 7—8, стр. 6, и 9—10, стр. 7; 19) Э ш т е й н Г., Районные трансформаторные подстанции, Киев, 1929; 20) Электротехнические Правила и Нормы, 4 изд., М.—Л., 1931; 21) L'Aluminium in France, Aluminiumовые шины в распределительных устройствах центральных станций, подстанций и т. п., пер. с франц., Л., 1930; 22) S c h m i d t H., Применение алюминия в распределительных устройствах, пер. с нем., Л., 1931; 23) S k i r l W., Приборы и схемы для параллельного включения машин переменного тока, пер. с нем., Л., 1926; 24) The British Aluminium Company, Aluminium Busbars and Connections, L., 1930; 25) К у с е р Н., Die elektrische Kraftübertragung, В. 3, 2 Aufl., В., 1929; 26) L a g r o n L., Appareillage électrique, P., 1930; 27) M a u d u i t A., Installations électriques à haute et basse tension, P., 1926; 28) N i e t h a m m e r F., Schaltanlagen in elektrischen Betrieben, Berlin, 1920; 29) P e n d e r H., Handbuch für Electr. Engineers, 2 ed., N. Y., 1923; 30) P i a z z o l i E., Tecnica degli impianti elettrici, 7 ed., Milano, 1929; 31) R z i c h a E. u. S e i d e n e r J., Starkstromtechnik, Taschenbuch f. Elektrotechniker, В. 2, 7 Aufl., В., 1931; 32) S a n d e r s o n A., Electric System Handbook, New York, 1930; 33) S c h u p p E., El. Schaltzeug, Siemens Handbücher, В. 3, В., 1927; 34) S t r e c k e r K., Hilfsbuch für die Elektrotechnik, 10 Aufl., В., 1925; 35) V e l l a r d L., Stations centrales et sous-stations, P., 1925; 36) V o g e l s a n g M., Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs Schalttechnik, Berlin, 1929; 37) W a l t j e n J., Schaltanlagen für Drehstromkraftwerke, Berlin, 1929; 38) W e i c k e r t F., Hochspannungsanlagen, 2 Aufl., Berlin, 1930.

В. Хацинский.

ЭБОНИТ, твердая резина, отличающаяся от мягкой значительно большим содержанием серы. Связанной серы (см. *Вулканизация*) в эбоните ок. 32%, что соответствует ф-ле $(C_5H_8S)_x$. Эбонит темнубурого или черного цвета—цвета эбенового дерева. По твердости Э. приближается к слоной кости; хорошо обрабатывается на токарном станке, шлифется, шлифуется, полируется; не коробится. Уд. в. не ниже 1,14, в среднем 1,2. Теплоемкость $(0 \div 100^\circ) 0,33125$. Коэф. линейного расширения $(20 \div 60^\circ) 80 \cdot 10^{-6}$; количество тепла, проходящее сквозь эбонитовую пластинку на прямом солнечном свету при толщине ее в 0,5 мм, равно 35%; при 1 мм 28%; при 1,5 мм 23%; при 2 мм 15%. Коэф. рефракции 1,568. Э.—хороший электроизолирующий материал (константы и свойства Э. см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 324, 334—340). Запах обнаруживается при трении. Не порист, не гигроскопичен, не адсорбирует газов; поглощение влаги в воздушной среде $0,005 \div 0,02\%$, в воде $0,08 \div 0,11\%$. Врем. сопротивление на растяжение высших сортов Э. 6—8 кг/мм² и даже 10 кг/мм²; средних 5—6 кг/мм²; низших—падает до 1 кг/мм². Врем. сопротивление на сжатие в зависимости от качества $2 \div 12$ кг/мм², удлинение $2 \div 75\%$. При сгибании быстро принимает первоначальную форму, но «нерва», свойственного мягкой резине (т. е. быстрое сжатие по растяжении и сильный прыжок и отскакивание при ударе о твердое тело), не имеет. Размягчается обычно между 70 и 80°; также размягчается в теплой воде и начинает гнуться; при остывании снова затвердевает. При 200° и выше понемногу обугливается, не плавясь. Кислород воздуха и свет на Э. менее действуют, чем на мягкую резину; по отношению к к-там и щелочам стоек, поэтому пригоден для хранения серной к-ты до 50° Вé, азотной—до 16° Вé, соляной кислоты любой крепости, фтористоводородной, фосфорной, уксусной, а также едких щелочей; набухает в сероуглероде и нефтепродуктах; в парафине растворяется при t° выше 300° с выделением сероводорода. Изоляционные свойства Э. понижаются при выставлении на свет вследствие окисления. От времени свойства Э. мало изменяются; старение эбонитовых изделий мало заметно. Допускаемые сроки хранения без ущерба для качества обычно 5 лет, для эбонитовых баков и сепараторов 2 года, для полутвердых трубок 1 год.

Применяемый для изготовления Э. каучук д. б. совершенно чист от загрязнений, ведущих к образованию пузырей и пористости, понижаю-

щих электроизоляционные свойства, затрудняющих механич. обработку (обточку, шлифовку, полировку). Каучук пригоден как растительный, так и синтетический. Самые ценные сорта Э. (например для электроизоляционных пластин толщиной в 0,3—0,4 мм для тока в 20 kV и больше) содержат только каучук и серу (приблизительно 66 ч. каучука и 34 ч. серы). Обычно же Э. содержит ряд примесей, необходимых для придания Э. особых свойств в зависимости от назначения изделий, для облегчения процессов изготовления (вальцевания, каландрования, шприцевания, формовки, вулканизации и дальнейшей механич. обработки), а также для удешевления изделий. Примеси (ингредиенты) также д. б. тщательно очищены, а порошкообразные—тщательно измельчены. Ингредиенты в Э. имеют вообще то же значение, что и в мягкой резине (см. *Резиновое производство*), но выбор их и количество зависят от свойств, которые нужно придать Э. В значительных количествах (в особенности в формовых изделиях) применяется э б о н и т о в а я п ы л ь, получающаяся или из старого использованного Э. или из *регенерата* (см.), довулканизованного с прибавлением серы путем раздробления, отделения металлч. примесей и помола на вальцах (для высших сортов эбонитовой пыли) или жерновах (для низших, т. к. от жерновов может получиться примесь песка). Более полное извлечение металла из эбонитовой пыли производится электромагнитом. Эбонитовая пыль высших сортов содержит $65 \div 70\%$ каучука; в низших содержание каучука спускается до 55%. Стандартная тонкость помола определяется ситом в 120 меш. Эбонитовая пыль склонна к самовозгоранию при помоле, а также при хранении большими кучами и может т. о. быть причиной пожаров и взрывов. Признаками начинающегося самовозгорания эбонитовой пыли являются почернение и сбивание в комки. Опасность пожара заметно уменьшается, если пыль находится в атмосфере не воздуха, а инертных газов; по опытным данным достаточно содержания в атмосфере 7% углекислоты, чтобы избежать взрыва. Вулканизация обычно длительнее, чем мягкой резины, и применение органич. ускорителей особенно эффективно. Обычно применяют альдегидаммиаки, гуанидины (дифенил-, дитоллил-, трифенилгуанидин) и др. Мягчители имеют целью не только облегчить крашение (смешивание) и предохранить от трещин, но также придать Э. после механич. обработки

более гладкий, блестящий полированный вид и кроме того облегчить самую обработку. В качестве смягчителей применяют темный *фактис* (см.), робберакс (подчас заменяющий почти полностью каучук), олифу, лаковое масло, смолы, церезин, воски, нефтяные масла и т. п. В Э. для кислото- и щелочупорных изделий идут барит, тальк, кизельгур, пемза, асбест. Тальк вместе с тем предохраняет эбонитовые изделия (аккумуляторные баки и т. п.) от деформации, но при большом содержании талька Э. с трудом поддается полировке. Для изоляционных целей полезно применять каолин; каолин, содержащий Э., хорошо полируется. Каолин идет в Э. для изготовления магнето, изоляционных трубок. Окись магния является не только ускорителем вулканизации, но она также предохраняет от пузырей, реагируя с газами, выделяющимися в результате окисления серы, содержащейся в Э.; т. о. окись магния защищает также от понижения электроизоляционных качеств Э. Для окрашивания Э. служат: цинковые белила—для светлого *денталита* (см.), киноварь, сернистая сурьма—для красного, и др. Обычно же Э. черного цвета.

Легкость механич. обработки, химич. индифферентность, изоляционные свойства, возможность чистки и дезинфекции определяют сферу применения эбонита как ценного материала для изделий электротехнич., радиотехнич., хирургич., химич. и других отраслей пром-сти. В последнее время, с развитием производства дешевых искусственных смол, пластич. масс и т. п., Э. хотя и вытесняется ими, все же для многих изделий он остается незаменимым и находит новые области применения. Основными эбонитовыми изделиями являются пластины, палки, трубки и формовые изделия. Пластины получают путем каландрирования и дублирования (толщины — более 0,8 мм) тонких пластин. Вулканизация эбонитовых пластин производится в оловянной фольге (или в алюминиевой) в горячей воде или в прессе (пластины толще 15 мм); вулканизация в фольге дает пластину гладкую, блестящую, не нуждающуюся в полировке; вулканизация в металлических рамках в прессе дает пластину матовую, подлежащую механической обработке. Оловянную фольгу можно применять несколько раз, но лучше после каждой вулканизации ее переплавлять и перекрашивать заново. Эбонитовые палки и трубки формуется путем шприцевания (см. *Резиновое производство*) при t° более высокой, чем для мягкой резины. Вулканизация палок и трубок проводится в тальковой пудре в закрытых металлич. ящиках, вставляемых в вулканизационный котел. Тонкие трубки надеваются для вулканизации на стержни (дорны), предварительно смоченные раствором соды или жидкого стекла. Трубки большого diam. можно также вулканизовать в формах (металлич. трубах), наполнив их затем сжатым газом (воздухом или др.), или острым паром. Формовые эбонитовые изделия (гарнитуры и т. д.) изготовляют также путем спрессовывания эбонитовой смеси в металлич. формах либо же предварительным склеиванием вручную вырезанных по шаблону частей и закладкой их в формы. Э. хорошо прилипает к металлу, поэтому употребляется для обкладки цистерн, баков, предназначенных для хранения к-т (при невысокой t°), в качестве промежуточного слоя для вязи металла с мягкой резиной (в плотных массивных шинах), и т. д.

Химич. анализ Э. по существу не отличается от применяемого для мягкой резины (см. *Резиновое производство*). Физико-механич. испытания применяются отчасти те же, что для мягкой резины, но для эбонита важны и другие испытания, как определение электроизоляционной способности, твердости (по способу Бринеля), деформации при нагревании (проба Мартенса), склеиваемости с металлом и др. Кроме общих методов испытания для особых видов изделий применяются специальные методы (так, аккумуляторные баки проверяются на кислотопроницаемость, на целостность швов и т. п.).

Лит.: Готлоб К., *Технология каучука*, М.—Л., 1933; *Спутник резинщика*, ч. 1, Л., 1932; Маслов В., *Освоение синтетич. каучука*, Л., 1932; Глаголев М. и Пиромова Е., *Испытание на элентрич. прочность эбонита СК-А*, «Синтетич. каучук», 1933, 2, стр. 12—15; Кирхгоф Ф., *Новейшие достижения в технологии каучука*, М.—Л., 1932; Лонгвинов И., *Инструментальная обработка эбонита*, М.—Л., 1932; Унгар П., «Ж. резин. пром-сти», 1928, 6—7; Luttringer A., *Le caoutchouc durci*, P., 1926; Валу P., *Le caoutchouc*, P., 1923; Мауер А., «Journ. of the Amer. Chem. Soc.», New York, 1891, 41, p. 54; Weill R., *Synthetic Rubber*, «Ind. Eng. Chem.», 1926, 11; Мемлер К., *Handb. der Kautschukwissenschaft*, p. 703—712, В., 1930; Готлоб К., *Technologie der Kautschukwaren*, 2 Aufl., Brschw., 1925. М. Лурье.

ЭБУЛЛИОСКОПИЯ, совокупность методов измерения повышения $t^\circ_{кип.}$ раствора по сравнению с чистым растворителем. Э. имеет целью определение молекулярного состояния нелегучего растворенного вещества в растворе и вычисление осмотич. свойств и мол. веса растворенного вещества (см. *Криоскопия*, *Осмотическое давление*, *Растворы*). Так же как и понижение точки замерзания раствора, повышение $t^\circ_{кип.}$ ΔT_s связано с относительным понижением давления насыщенного пара по сравнению с чистым растворителем: $\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{\Delta p}{p_0}$. Все эти типичные осмотич. свойства раствора определяют существованием в нем осмотич. давления (P), к-рому пропорционально повышение $t^\circ_{кип.}$, определяемое методами Э. (см. *Криоскопия*). Основной закон Э., связывающий для слабых растворов повышение $t^\circ_{кип.}$ с относительным понижением давления насыщенного пара, а следовательно по закону Рауля (см. *Тонметрия*) и с концентрацией раствора c (или с его осмотич. давлением), получается из ур-ния Клапейрона-Клаузиуса в его простейшей форме:

$$\Delta T_s = \frac{\Delta p}{p_0} \cdot \frac{RT_s^2}{Q_s^1},$$

но $\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{n}{n_0}$ (где n , n_0 —числа молей растворенного вещества и растворителя в растворе) и

$$\Delta T_s = \frac{n \cdot M_0}{G_0} \cdot \frac{RT_s^2}{Q_s^1},$$

при $G_0 = 1000$ и $n = c$ $\Delta T_s = k_s \cdot c$, где

$$k_s = \frac{RT_s^2}{Q_s \cdot 1000}$$

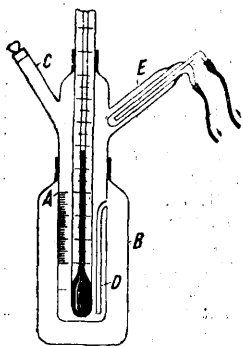
При этом допускается, что насыщенный пар раствора вблизи $t^\circ_{кип.}$ следует ур-ию состояния идеальных газов. Здесь $Q_s = \frac{Q_s^1}{M_0}$ —скрытая теплота испарения чистого растворителя в cal/g в нормальной $t^\circ_{кип.}$ Концентрация раствора c выражается при этом в з-моль/1000 г растворителя. $\Delta T_s = k_s$ при $c = 1$ и потому k_s называется молекулярным, или молярным, повышением $t^\circ_{кип.}$ Значение k_s не зависит от природы растворенного вещества. В таблице приводятся эбуллиоскопич. свойства некоторых растворителей.

Эбуллиоскопические свойства некоторых растворителей.

Растворитель	Норм. $t_{кип.}^{\circ}$	*	k_s (выч.)	k_s (экспер.)
Ртуть	357	68	11,6	11,4
Вода	100	539	0,516	0,51
Бензол	80,3	95	2,61	2,65
Этил. спирт	78,2	216	1,19	1,2
Тетрахлорметан	78	43,8	4,9	—
Хлороформ	61,2	61	3,89	3,88
Апетон	56,3	125	1,72	—
Сероуглерод	46,2	85	2,30	2,30
Этил. эфир	35,0	84,7	2,14	2,15

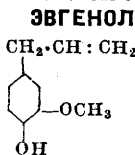
* Скрытая теплота испарения (в cal).

Для эбуллиоскопич. измерений обычно применяется усовершенствованный прибор Бекмана-Руппа (фигура), состоящий из стеклянной муфты В, в которую впаивают внутренний сосуд А, снабженный делениями по объему, термометром Бекмана с делениями в 0,01°, холодильником Е для улавливания паров растворителя, трубкой С для введения навески растворимого вещества и трубкой D, сообщаемой с внутренней муфтой. В муфту наливается растворитель, нагреваемый до кипения; пары его, конденсируясь в холодильнике, переводят часть растворителя в А. После отсчета по термометру, резервуар которого д. б. вполне погружен в жидкость, через С вводятся навески растворенного вещества и после каждой навески вновь измеряется устанавливающаяся $t_{кип.}^{\circ}$, соответствующая данной концентрации. Объем растворителя, а следовательно и вес его, участвующий в растворе, определяются по делениям на сосуде А. Впайка внутреннего сосуда может быть заменена шлифом. В случае обычно применяемых органических растворителей с достаточно большим значением k_s удобно применять термометры с постоянным ртутным наполнением и делениями в 0,05°. Чтобы такие термометры были достаточно короткими (во избежание значительной поправки на выступающий столбик), применяют целый набор их, охватывающий значительный интервал температуры кипения обычно применяемых растворителей.



лит.: Вознесенский С. и Ребиндер П., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Кистяковский В., Прикладная физич. химия, ч. 1, Ленинград, 1926; Riese, «B», 1926, В. 59; Ostwald W., Lutherg R., Handb. u. Hilfsbuch zur Ausführung phys.-chem. Messungen, 5 Auflage, Leipzig, 1930; Arndt K., Handbuch d. phys.-chem. Technik, 2 Auflage, Leipzig, 1923; Stähler A., Arbeitsmethoden der anorg. Chemie, В. 1—4, Berlin, 1913—25; Houben-Weyl, Die Methoden der organischen Chemie, В. 1—4, Leipzig, 1924—29. П. Ребиндер.

ЭВГЕНОЛ, $C_{10}H_{12}O_2$, 4-окси-3-метокси-1-аллилбензол, главная составная часть *гвоздичного масла* (см.), в котором содержание Э. доходит до 80—90%. Встречается Э. кроме того в ряде *эфирных масел* (см.) тропич. происхождения, напр. в масле листьев кориичного дерева, в некоторых базиликовых маслах (из *Osimum basilicum* и др.), в масле душистого перца (*Pimenta acris*), в виде глюкозида найден



в корнях гравилата (*Geum*), а в виде танида—в корнях гвоздичного корешка (*Colluria geoides*). В чистом виде Э.—бесцветная, буряющая на воздухе, сильно преломляющая жидкость с характерным запахом гвоздики и жгучим пряным вкусом; обладает сильным дезинфицирующим свойством; $t_{пл.}^{\circ}$ —9,2°; $t_{кип.}^{\circ}$ 253°; уд. в. 1,0663; коэф. преломления 1,5410; с хлорным железом дает в спиртовом растворе синюю окраску. Данные об Э. как о душистом веществе см. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 469. Основным источником получения Э. на Западе и в Америке является гвоздичное масло, из которого Э. извлекается 4—5%-ным раствором едкого натра; получающийся при этом раствор эвгенолата натрия после отделения от остальных составных частей разлагается кислотой, а выделяющийся Э. очищается перегонкой в вакууме. В СССР вследствие невозможности по климатическим условиям культуры *гвоздичного дерева* (см.) эвгенол может добываться из корней *Colluria geoides* путем отгонки паром после предварительной ферментации при 35—40° или других подходящих для акклиматизации растений, например базиликов (*Osimum basilicum*). Количественное определение эвгенола производится при помощи получения его бензойного эфира ($t_{пл.}^{\circ}$ 69—70°).

Э. применяется непосредственно в парфюмерном производстве, в зубоврачебной практике и как дезинфицирующее и антипаразитное вещество; значительные количества Э. находят применение для производства изовэгнола и *саниллина* (см.).

Изоэвгенол $C_{10}H_{12}O_2$, 4-окси-3-метокси-1-пропенилбензол, в природных маслах не встречается, получается синтетически при действии на Э. едкой щелочи, причем образуется смесь цис-изомера ($t_{кип.}^{\circ}$ 115° при 5 мм; уд. в. 1,0851; коэф. преломления 1,570) и транс-изомера ($t_{пл.}^{\circ}$ —10°; $t_{кип.}^{\circ}$ 118° при 5 мм; уд. в. 1,085; коэф. преломления 1,578). Изовэгнол обладает более мягким запахом, напоминающим садовую гвоздику; с хлорным железом цис-изовэгнол дает оливковое окрашивание, а транс-изовэгнол—желто-зеленое. Изовэгнол является промежуточным продуктом в производстве ванилина и широко применяется в парфюмерно-мыловаренном производстве как душистое вещество.

Метилэвгенол $C_8H_8(C_2H_5)(OCH_3)_2$, 3,4-диметокси-1-аллилбензол, встречается в ряде эфирных масел, но практическое значение его ограничено, так же как и уксусного эфира эвгенола.

В СССР производство Э. намечается как из *Colluria geoides*, так и синтетическим путем, так как потребность в этом продукте весьма значительна.

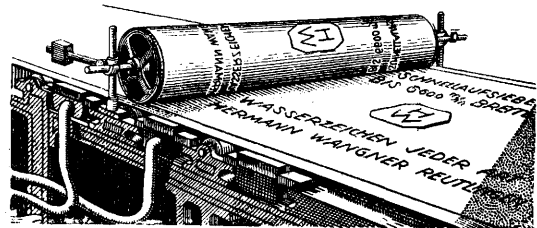
лит.: см. *Душистые вещества*.
Б. Рувоский.

ЗВКЛАЗ, см. *Евглаз*.
ЗВФОРБИЙ, эуфорбий, камедесмола, млечный сок молочая (*Euphorbia resinifera*) сем. *Euphorbiaceae*, родом из Марокко; млечный сок обильно вытекает при поранении стволов и стеблей из млечных сосудов и на воздухе застывает в хрупкую массу желтого (до коричневого) цвета со слабым запахом и резким острым вкусом; ядовит. Э. содержит ок. 21% резенов, 22% эуфорбона (резинола состава $C_{30}H_{48}O$), ок. 24% яблочной к-ты (в виде солей), около 1% каучука и др. вещества. В древние и средние века Э. применяли в медицине как

наружное и внутреннее средство, теперь вследствие его ядовитости он применяется лишь как составная часть раздражающих и нарывных пастей.

ЭГУТЕР, равнитель, полый валик, устанавливаемый на сеточной части бумажной машины обычно между вторым и третьим сосунами. Назначение Э. заключается гл. обр. в обезвоживании мокрого бумажного листа, в предварительном отжатии бумажного полотна и выравнивании верхней поверхности бумаги и наконец в образовании на бумаге *водных знаков* (см.), рисунков, полос и пр., в придании бумаге вида плетеной или тканой сетки. Первый эгутер был установлен на бумажной машине в 1827 году.

Э. представляет собой ребристый валик (фигура), обтянутый ровной сеткой или сеткой с



изображением нужного рисунка. \varnothing Э. колеблется от 170 до 600 мм. Благодаря давлению Э. на движущуюся бумажную полосу Э. приводится во вращение, а бумага становится более плотной, образуя в более тонких и прозрачных местах водяные знаки. Обычно окружность водяного знака на Э. несколько меньше расстояния по длине, требующегося для водяных знаков на бумаге, вследствие растяжения бумаги и, наоборот, вследствие усадки бумаги по ширине места расстояние между рисунками в поперечном направлении немного больше по сравнению с рисунком на сухой бумаге. Бесперебойная работа Э. зависит от правильной работы сосунов и надлежащего размола бумажной массы. Плохая работа Э. вызывает образование пятен на бумаге. При недостаточном наблюдении сетка Э. забивается волокнами, и вода не успевает проникать через сетку. Бумага в таких местах пристаёт и приподнимается. В подобных случаях Э. снимают с машины и промывают водой и паром, а в исключительных случаях и разбавленным раствором серной к-ты. Иногда Э. очищается и во время работы паром или полоскою мокрого сусна, прибитого к штанге, расположенной вдоль Э. Во время работы Э. свешивающиеся до поверхности валика сукно непрерывно увлажняется водой и, удаляя приставшую к валику бумажную массу, поддерживает поверхность Э. постоянно чистой. На англ. и франц. бумажных ф-ках Э. очищается особыми щетками из щетины или проволоки. Давление, оказываемое Э. на бумажную полосу, регулируется с помощью простых винтов или противовесом, находящимся на рычаге, поддерживающем Э. На америк. бумажных ф-ках остов Э. устраивают из толстой проволоки в виде завитков, без вала, чем достигается большая упругость и легкость Э.

Lum.: Praktisches Handbuch d. Papierfabrikation von C. Hofmann, 2 Aufl., В., 1886—97; Производство полуфабрикатов и бумаги, пер. с англ., т. II, ч. В. Бумагоделательные машины, М., 1928; Müller F., Die Papierfabrikation u. deren Maschinen, В. 2, Biberach, 1926. **Б. Осанов.**

ЭЙЛЕР, средство для предохранения шерстяных, меховых и других кератинсодержа-

щих изделий от разрушения их личинками моли (см. *Аппретура текстильных изделий*); получен в 1921 г. красочным з-дом быв. Ф. Байера (концерн IG) и выпускается (марки F, экстра, W, RHF) в виде белого порошка, растворимого в воде; содержит повидимому вольфрамовую к-ту и ее соли (гл. обр. Na_2WO_4). Сообщение молестойкости шерстяным и меховым изделиям с помощью Э., т. н. э й л а н з а ц и я, производится обработкой шерстяных изделий Э. в водных растворах, взятых в количестве 2% от веса шерсти, или же пульверизацией растворами Э. (водными, бензиновыми). Обработку Э. можно соединить с крашением шерсти. С этой целью в красильную ванну задают 2% Э. и 0,8% серной или 1,6% муравьиной к-ты, погружают в эту ванну шерсть при t° не выше 50°, после чего проводят крашение по обычным способам. При этих обработках на шерстяном волокне фиксируется повидимому вольфрамовая к-та, предохраняющая кератин шерсти от разрушения личинками моли.

Разрушение кератинсодержащих изделий обуславливается следующими тремя видами моли: п л а т е л ь н о й (Tinea biselliella), шубной (T. pellionella) и н о в о й (T. tapetiella). Наиболее вредной является плательная моль, личинки которой производят большие разрушения в шерстяных изделиях. Самка моли кладет до 150—200 яиц, из к-рых дней через 8—10 выходит личинка (гусеница), питающаяся кератином шерсти, мехов, волос, перьев и др. и производящие большие разрушения в шерстяных и меховых изделиях; из разрушенных волос, шерсти и меха и паутиннообразной нити, выделяемой личинкой, она образует чехлик, к-рый по мере роста личинки увеличивается в размерах. По нек-рым данным личинка моли в случае отсутствия кератина питается фибрином шелка и даже целлюлозой хлопка. По прошествии 90 дней личинка превращается в куколку, из к-рой по истечении 14—44 дней выходит бабочка моли, и описанный цикл превращения повторяется.

Для предохранения шерсти, мехов, перьев и др. от разрушительного действия личинок моли предложено много способов и патентованных средств, из к-рых главнейшими в настоящее время являются следующие: 1) хранение шерстяных и особенно ценных меховых изделий в холодильниках; 2) тщательная укуорка этих изделий (предохранение от попадания личинок моли); 3) применение сильно пахнущих веществ, запаха к-рых не терпится самка моли (нафталин, камфора, перец, ксилол и др.); эти вещества все же не предохраняют шерстяных и меховых изделий от разрушения личинками моли; 4) тщательное частое проветривание, чистка (выколачивание) этих изделий и 5) обработка химич. препаратами и красителями (желтый маршус, гексахлорэтан, синильная кислота, сероуглерод, сернистый газ, соли фтористоводородной, кремнефтористоводородной, фосфорновольфрамовой, титанофтористоводородной, сурьмяновольфрамовой, фосфорномолибденовой, вольфрамовой, урановой кислот, к-ты: оловянная, кремневая, сурьмяная в коллоидном состоянии). В последние годы для этой же цели из химич. препаратов предложены 4, 4'-дигидроксибензилхлорбензол, продукты конденсации η -хлорфенола, 2, 4-дихлорфенола с формалином и др., а также алкалоиды хиной корки в виде водных и спиртовых растворов. гл. обр. х и н и д и н (стереоизомер хирина). В СССР по предварительным данным Центрального научно-исследовательского института текстильной промышленности весьма хорошие результаты получены с помощью кобальтовых, хромовых, медных, марганцовых солей кремнефтористоводородной к-ты, а также фтористого натрия, аммония и двойной сурьмяной соли $\text{SbF}_3 \cdot \text{NH}_4\text{F}$.

Lum.: Дженксон Л. и Вессель Е., Предохранение тканей и мехов от моли, «Изв. текст. пром-сти и торговли», 1928, 11, стр. 57; Левинсон Я., К современной методике борьбы с молью, «Гигиена и эпидемиология», М., 1928, 4; Серебряков А., Предохранение шерстяных тканей от моли, «Бюллетень НИТИ», 1932, 12; Неегман П., Enzyklopädie d. textildienstlichen Technologie, В., 1930; Dr. K., Wie schützt man Textilien dauerhaft u. sicher gegen Mottenfrass, «Der Textilchemiker u. Colorist», 1927, 1; Коарк К., A Review of Recent Mothproofing Patents, «Textile Colorist», New York, 1932. **Д. Грибоедов.**

ЭЙЛЕР УРАВНЕНИЯ, ур-ия, встречающиеся в различных отделах математич. анализа, теоретической и прикладной механики, гидродинамики и т. п. и установленные впервые великим математиком Эйлером. Важнейшими из них являются нижеследующие ур-ия. В мате-

м а т к е. 1) Дифференциальное ур-ие следующего вида:

$$a_0 x^n \frac{d^2 y}{dx^2} + a_1 x^{n-1} \frac{d^2 y}{dx^2} + a_2 x^{n-2} \frac{d^2 y}{dx^2} + \dots + a_{n-1} x \frac{dy}{dx} + a_n y = 0, \quad (1)$$

где $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ — нек-рые постоянные. Пусть имеется, с другой стороны, алгебраич. ур-ие:

$$a_n + a_{n-1}z + a_{n-2}z(z-1) + \dots + a_0 z(z-1)(z-2)\dots(z-n+1) = 0. \quad (2)$$

Если z_μ — какой-либо корень ур-ия (2), то частным интегралом ур-ия (1) будет

$$y_\mu = C_\mu x^{-z_\mu} \quad (\mu = 1, 2, \dots, n),$$

где C_μ — произвольные постоянные. Если все корни ур-ия (2) различны, то общий интеграл ур-ия (1) будет

$$y = C_1 x^{z_1} + C_2 x^{z_2} + \dots + C_n x^{z_n} = \sum_{\mu=1}^n C_\mu x^{z_\mu}.$$

Если из числа n корней ур-ия (2) ν корней равны между собой, т. ч.

$$z_1 = z_2 = \dots = z_\nu = z,$$

а остальные корни различны, то общий интеграл ур-ия (1) будет равен

$$y = [C_0 + C_1 \ln x + C_2 (\ln x)^2 + \dots + C_\nu (\ln x)^\nu] x^z + C_{\nu+1} x^{z_{\nu+1}} + \dots + C_n x^{z_n}.$$

2) Равенства, или ф-лы, Эйлера

$$\left. \begin{aligned} \cos x + i \sin x &= e^{ix} \\ \cos x - i \sin x &= e^{-ix} \end{aligned} \right\}$$

получаемые разложением в ряды тригонометрич. и показательных ф-ий (см. Дифференциальное исчисление).

В теоретической механике. Если тело вращается вокруг неподвижной точки O с угловой скоростью ω (линия действия вектора совпадает с мгновенной осью вращения в данный момент), то $\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$, причем

$$\omega_1 = \frac{d\varphi}{dt}; \quad \omega_2 = \frac{d\psi}{dt}; \quad \omega_3 = \frac{d\vartheta}{dt},$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — компоненты по направлениям ζ, ON, z (фиг. 1 и 2), а φ, ψ и ϑ — эйлеровы углы (см.). В свою очередь спроектируем векторы $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ на оси ξ, η, ζ , обозначив компоненты векторов по этим осям соответственно через $p_1, q_1, r_1; p_2, q_2, r_2; p_3, q_3, r_3$; при этом получаем непосредственно:

$$p_1 = 0; \quad q_1 = 0; \quad r_1 = \frac{d\varphi}{dt},$$

$$p_2 = \frac{d\psi}{dt} \cos \varphi; \quad q_2 = -\frac{d\psi}{dt} \sin \varphi; \quad r_2 = 0.$$

Вектор же ω_3 разлагаем в свою очередь предварительно по направлению оси ζ и по перпендикулярному к этой оси направлению, т. е. по направлению, перпендикулярному к прямой ON , после чего получаем:

$$p_3 = \frac{d\vartheta}{dt} \sin \vartheta \sin \varphi; \quad q_3 = \frac{d\vartheta}{dt} \sin \vartheta \cos \varphi;$$

$$r_3 = \frac{d\vartheta}{dt} \cos \vartheta.$$

Т. к. проекция равнодействующего вектора на какую-либо ось равняется сумме проекций со-

ставляющих вектора на ту же ось, то имеем, обозначая проекции ω на оси ξ, η, ζ через p, q, r :

$$p = p_1 + p_2 + p_3 = \frac{d\psi}{dt} \cos \varphi + \frac{d\vartheta}{dt} \sin \vartheta \sin \varphi,$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = -\frac{d\psi}{dt} \sin \varphi + \frac{d\vartheta}{dt} \sin \vartheta \cos \varphi,$$

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = \frac{d\varphi}{dt} + \frac{d\vartheta}{dt} \cos \vartheta.$$

Это — кинематич. ур-ия Эйлера. В соответствии с этим имеются еще 3 ур-ия, устанавливающие динамич. закон движения твердого тела около своей неподвижной точки. Допустим, что такое тело находится под воздействием внешних сил F_1, F_2, F_3, \dots , точки приложения к-рых определяются относительно точки O радиусами-векторами

r_1, r_2, r_3 . Возьмем какой-либо элемент тела, масса к-рого равна dm_i , к которому приложена внешняя сила F_i и равнодействующая всех внутренних сил F'_i . Применяя к этому элементу теорему моментов (см. Механика теоретическая), имеем, обозначая моменты сил F_i и F'_i относительно O через M_i и M'_i :

$$M_i + M'_i = [F_i \cdot r_i] + [F'_i \cdot r_i] = \frac{d}{dt} [dm_i v_i r_i],$$

где v_i — векторная скорость элемента. Т. к. сумма моментов всех внутренних сил относительно какой-либо точки равна нулю, то

$$M = \sum M_i = \int \frac{d}{dt} [dm_i \cdot v_i r_i] = \int dm_i \frac{d}{dt} [v_i r_i],$$

где M — главный моментный вектор системы внешних сил относительно O ; интеграл в правой части взят по всему объему тела. Проектируя обе части последнего равенства на ось x и опуская индексы, имеем

$$M_x = \int dm \left(y \frac{d^2 z}{dt^2} - z \frac{d^2 y}{dt^2} \right).$$

С другой стороны, имеем

$$v = [\omega r]$$

и следовательно:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \omega_2 z - \omega_3 y,$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \omega_3 x - \omega_1 z,$$

$$v_z = \frac{dz}{dt} = \omega_1 y - \omega_2 x.$$

Взяв вторые производные, получаем

$$M_x = \int dm \left[\frac{d\omega_1}{dt} (y^2 + z^2) + \omega_2 \omega_3 (y^2 - z^2) + \sum_1 (xy, yz, zx) \right] = \frac{d\omega}{dt} \int dm (y^2 + z^2) + \omega_2 \omega_3 \int dm (y^2 - z^2) + \int dm \sum_1 (xy, yz, zx).$$

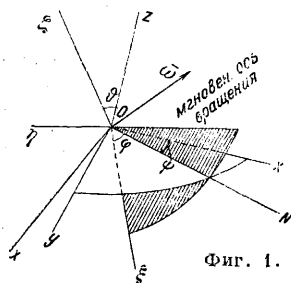
Так как

$$\int dm (y^2 + z^2) = I_x; \quad \int dm (y^2 - z^2) = I_z - I_y,$$

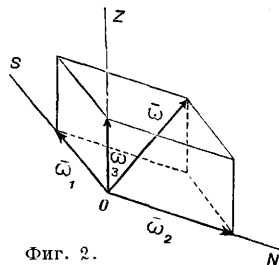
где I_x, I_y и I_z — моменты инерции тела относительно осей x, y, z , то

$$M_x = I_x \frac{d\omega_1}{dt} + (I_z - I_y) \omega_2 \omega_3 + \int dm \sum_1 (xy, yz, zx).$$

Если за неподвижные оси взять мгновенное положение главных осей инерции тела относитель-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

но точки O , то последний член равенства, как представляющий сумму центробежных моментов инерции тела относительно главных осей, будет равен 0 (см. *Моменты инерции*). Применяя при этом прежние обозначения для проекций угловой скорости, имеем:

$$I_x \frac{dp}{dt} + (I_z - I_y) qr = M_x,$$

$$I_y \frac{dq}{dt} + (I_x - I_z) rp = M_y,$$

$$I_z \frac{dr}{dt} + (I_y - I_x) pq = M_z.$$

Это—динамич. ур-ия Эйлера (см. *Прецессия*).

В гидродинамике ур-ия Эйлера определяют аналитич. условия движения жидкости и в частности условия ее равновесия.

Помимо вышеприведенных Э. у. имеется еще целый ряд ур-ий, к-рые были впервые выведены другими лицами, исходившими из тех или иных положений, установленных Эйлером, напр. уравнение Эйлера-Пуассона, Эйлера-Савари и т. д.

М. Серебrenников.

Лит.: см. *Механика теоретическая и Гидродинамика*.

ЭЙЛЕРОВЫ УГЛЫ, углы, определяющие положение твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной точки. Для определения вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной точки O (фиг.) могут служить 3 взаимно перпендикулярные неподвижные оси OX, OY, OZ с началом в точке O и три взаимно перпендикулярные оси OX_1, OY_1, OZ_1 с началом в той же точке O , причем последние неизменно связаны с твердым телом. Обозначив через OA линию пересечения плоскостей XOY и X_1OY_1 , получим Э. у.: ϑ, ψ и φ , где $\vartheta = \angle ZOZ_1$, $\psi = \angle XOA$, $\varphi = \angle X_1OA$. Эти углы считают положительными при условии, что для наблюдателя по отношению к положительным направлениям прямых OA, OZ и OZ_1 углы являются отложенными от прямых в сторону вращения часовой стрелки. OA называют линией узлов, ϑ —углом нутации, ψ —углом прецессии, φ —углом собственного вращения тела. Положение твердого тела определяется положением осей OX_1, OY_1 и OZ_1 , т. е. углами ϑ, ψ и φ . Э. у. непрерывно изменяются во времени при вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной точки O , следовательно они являются ф-иями времени t :

$$\left. \begin{aligned} \vartheta &= f_1(t) \\ \psi &= f_2(t) \\ \varphi &= f_3(t) \end{aligned} \right\}$$

Таковы ур-ия вращения твердого тела вокруг неподвижной точки.

В. Никаноров.

Лит.: см. *Механика теоретическая*.

ЭКВАТОРИАЛ, в узком смысле—инструмент для определения экваториальных координат светил. Состоит из *рефрактора* (см.), монтированного на параллактич. установке, снабженной точными кругами для отсчета склонения и часового угла. Сложность теории такого инструмента и трудность достижения точной и неизменной установки заставили отказаться

от употребления Э. для определения абсолютных координат, всецело передав эту функцию *меридианным кругам* (см.) и сохранив за Э. лишь измерение небольших разностей координат при помощи окулярного микрометра или фотографич. путем. Вместе с этим круги современных Э. предназначаются не для точных измерений, а лишь для установки на нужный объект, т. е. они выполняют лишь функцию искателей. В связи с этим в наст. время называют Э. всякий параллактически установленный рефрактор, имеющий хотя бы грубые круги.

Лит.: Иванов А., *Практич. астрономия*, Берлин, 1923; Valentinер W., *Handwörterbuch der Astronomie*, B. 1, Breslau, 1897; A n b o n n L., *Handb. d. astronomischen Instrumentkunde*, B. 11, B., 1899; Reppold J., *Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge*, B. 2, Lpz., 1914.

А. Михайлов.

ЭКВИВАЛЕНТ химический, весовое количество элемента (или радикала, иона, группы), способное замещать одну вес. ч. водорода или соединяться с одной вес. ч. водорода. Для металлов I группы химич. Э. равен их ат. в., для металлов II группы—половине ат. в.; Э. трехвалентного элемента равен $\frac{1}{3}$ его ат. в. Определение химич. Э. усложняется тем обстоятельством, что многие элементы проявляют различную валентность в своих соединениях; так, Э. железа в солях закиси железа (двухвалентного) равен $\frac{1}{2}$ его ат. в.: $\frac{56}{2} = 28$; в солях окиси железа (трехвалентного) $\frac{1}{3}$ ат. в.: $\frac{56}{3} = 18,66$

Определение химич. Э. к-т и оснований производят по числу гидроксидов (у оснований) и атомов водорода, способных к реакциям солеобразования (у к-т). Для получения Э. вес молекулы к-ты или основания делится на число гидроксидов или атомов кислотного водорода. Т. о. у одноосновных к-т Э. равен весу молекулы,

Электрохимические эквиваленты наиболее важных ионов.

Химич. ф-ла	Химич. эквивал. в г	Электрохимич. эквивал. в мг	Количество вещества в г, выделяемое 1 Ah
Ag ⁺	107,88	1,11830	4,025
Al ⁺⁺⁺	8,99	0,0932	0,335
Au ⁺	65,7	0,681	2,451
Ba ⁺⁺	68,7	0,712	2,563
Ca ⁺⁺	20,1	0,2077	0,748
Cd ⁺⁺	56,2	0,532	2,097
Co ⁺⁺	29,49	0,3056	1,100
Cr ⁺⁺⁺	17,34	0,1797	0,647
Cu ⁺	63,57	0,6588	2,372
Cu ⁺⁺	31,78	0,3294	1,188
Fe ⁺⁺	27,92	0,2893	1,042
Fe ⁺⁺⁺	18,61	0,1928	0,694
H ⁺	1,008	0,01045	0,0373
Hg ⁺	200,6	2,079	7,481
K ⁺	39,10	0,4050	1,459
Li ⁺	6,94	0,0719	0,259
Mg ⁺⁺	12,18	0,1260	0,451
Na ⁺	23,00	0,2383	0,858
Ni ⁺⁺	29,34	0,3040	1,095
Pb ⁺⁺	103,6	1,074	3,865
Sb ⁺⁺⁺	40,6	0,421	1,515
Sn ⁺⁺	59,4	0,616	2,216
Zn ⁺⁺	32,69	0,3388	1,220
Br ⁻	79,92	0,8282	2,981
Cl ⁻	35,46	0,3675	1,323
CN ⁻	26,01	0,2695	0,970
CO ₃ ⁺⁺	33,00	0,3109	1,119
CrO ₄ ⁺⁺	58,01	0,6011	2,181
F ⁻	19,00	0,1969	0,709
J ⁻	126,92	1,3152	4,735
NO ₃ ⁻	62,01	0,6426	2,313
O ⁻	8	0,0829	0,2984
OH ⁻	17,01	0,1771	0,6346
S ⁻	16,08	0,1669	0,598
SO ₄ ⁻	48,03	0,4935	1,792
Гремучий газ	—	0,1740 см ³	626 см ³

у двухосновных химич. Э. равен $1/2$ веса молекулы и т. д. То же относится и к основаниям.

Э. электрохимический — количество вещества (обычно в мг), выделяемое при электролизе (см.) 1 кулоном (С) электричества. Согласно 2-му закону Фарадея (см. *Электролиз*) величина электрохимич. Э. вещества пропорциональна его химич. Э. (см. выше). Для того чтобы получить значение электрохимич. Э., необходимо величину химич. Э. разделить на число Фарадея (F); последнее равно количеству электричества, выделяющемуся при электролизе 1 г-э. вещества. Число Фарадея $F=96494$ С (при обычных расчетах принимают приближенно $F=96500$ С). Выше приводится таблица электрохимич. Э. наиболее важных веществ, в которой даны также количества этих веществ, выделяемые 1 Ач (3 600 С). Последние величины более удобны для практич. расчетов.

ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ДВИЖЕНИЙ, явление, состоящее в том, что две или больше совокупностей составляющих движений тела м. б. заменены одним и тем же результирующим движением, в этом случае совокупности или системы движений называются эквивалентными. В соответствии с тремя основными видами движения эквивалентные системы движений могут давать в качестве результирующего движения либо поступательное, либо вращательное, либо винтовое движение (см. *Механика теоретическая*).

ЭКЗОТЫ, растения, естественно не произрастающие в данной стране и ввезенные в нее из какой-либо другой. Переноса необходимые ему растения, человек создает себе т. о. новые условия существования, часто совершенно изменяя при этом лик своей страны, коренным образом нарушая экономич. отношения, установившиеся на базе разведения тех или иных культурных растений.

Так напр., современная древесная флора о-ва св. Елены, после почти полного истребления ее человеком, создана из Э. австралийского и европ. происхождения. Родина кофе — Африка — в настоящее время дает только ок. 2% его мирового производства, тогда как южная и центральная Америка — 30% (в том числе Бразилия свыше 66%). Родина хинного дерева — Ю. Америка (Перу, Боливия, Колумбия). Создав громадные плантации его на Яве и Цейлоне, Нидерландах и Англии стали теперь безраздельными монополистами хинной корки на международном рынке. Важнейший каучуконос — *гевеа* (см.) — перенесен из Бразилии на Цейлон, Яву, Малайю, к-рые теперь дают 90% мировой добычи каучука. Для закрепления песков Среднеазиатской ж. д. мы использовали альфу из Алжира, а Алжир для тех же целей — нашу сахалинскую гречицу. Мы разводим целый ряд Э., часто забывая совершенно об их иноземном происхождении (огурец, картофель).

В настоящее время число общепользанных инородных Э., могущих быть введенными в СССР, в значительной мере уменьшилось. И только у самых юж. частей нашего Союза (обычно, но ошибочно называемых субтропиками) имеются в этом отношении большие возможности: Закавказье, Юж. берег Крыма и многие части Среднеазиатских республик. Крым в этом отношении насыщен в значительной мере, а Средняя Азия еще ждет своей очереди. Что же касается Кавказа, то хотя число интродуцированных сюда инородных, гл. обр. декоративных, Э. в несколько раз превосходит число местных древесных и кустарниковых аборигенов (по данным Я. Медведева на Кавказе числится древесных и кустарниковых растений 312, тогда как только в Сочи район ввезено инородных свыше 600), все же наши возможности в этом отношении весьма велики. В настоящий момент очередная задача сводится не столько к новой конструкции, как к упорядо-

чению этого дела в целом и в первую очередь организации разведения в промышленном масштабе нек-рых из тех Э., к-рые уже давно разводятся любителями. Для внедрения этих работ в жизнь и планомерного их проведения декретом Совнаркома Союза ССР от 11 августа 1933 г. учрежден при СТО Всесоюзный комитет по субтропикам. Обращаясь к разводимым у нас Э., следует констатировать, что подавляющая часть их падает на декоративные растения или же плодовые и технические, но введенные у нас пока как декоративные. Число первых на Кавказе переходит вероятно за тысячу. Во главу следует конечно поставить ряд пальм, к-рые более, чем другие растения, дают ландшафту облик тропиков. Нек-рые из них вполне натурализовались и размножаются самосевом. Следует отметить, что среди многих декоративных растений имеется ряд таких, к-рые могли бы быть использованы как эфирно-масличные, пищевые, прядильные и пр. Что касается технич. и пищевкусовых Э., то площадь, занятая ими, в настоящее время определяется ориентировочно в 40—45 тыс. га. По площади плантаций, достигающей в настоящее время 34 тыс. га, на первом месте стоит культура чайного дерева, ввезенного к нам из Индии и Китая. Учтывая, что в 1913 г. ввезено было чая (всех сортов) 68 тыс. т, говорить о значении для СССР этой культуры не приходится. Среди субтропич. плодовых наибольшую площадь занимает культура японского мандарина (*Citrus Unschii* Marc.). Из других цитрусовых, к разведению к-рых в промышленном масштабе приступлено, следует упомянуть апельсин (*C. sinensis* Osb.), лимон (*C. limonum* Riss.) и помпельмус (*C. paradisi* Macf.). Обращено в последнее время много внимания на разведение японской хурмы (*Diospyrus Kaki* L. fil.) и фейхои (*Feijoa Sellowiana* Berg.). Последняя, родом из Ю. Бразилии и Уругвая, дает кисло-сладкого вкуса с чрезвычайно приятным ароматом плоды, весьма ценные по богатству содержания иода.

Список разводимых технич. растений значительно богаче. Из них по давности культуры (начиная с середины 90-х гг.) д. б. поставлен бамбук (*Phyllostachys*). Имея чрезвычайно широкое применение, бамбук в последнее время обращает на себя внимание как материал для получения труб, т. к. нек-рые натурализовавшиеся в СССР сорта бамбука (Мосо) достигают \varnothing 15—18 см при высоте в 15 м. Из дубильных растений в последние годы возлагались большие надежды и делались попытки промышленного разведения австралийских *акаций* (см.), в особенности вида *Acacia dealbata*. Под влиянием получения дубителей из других источников культура эта развития не получила. Культура каучуконосов у нас представлена сейчас двумя Э.: *гвайюла* (см.) и гуттаперчевое дерево (*Eucommia ulmoides* Oliv.). Из масличных растений разведение в большом масштабе поставлено лишь для тунгового дерева (*Aleurites Fordii* Hemsl.), родом из Китая, плоды к-рого дают одно из ценнейших технич. масел (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 54—55, №№ 52, 53, 55), обладающее прекрасными сикативными свойствами. Широко применяется для изготовления чрезвычайно долговечных лаков, очень стойких по отношению к холоду, жаре, свету, морозу, снегу. Тунговое масло в комбинации с окисью алюминия придает многим материалам водонепроницаемость и уменьшает огнеопасность. Сажа от сжигания масла — глав-

ная составная часть китайской туши. Начиная с 1930 г., у нас заложено ок. 570 га плантаций тунгового дерева. Эфирно-масличным растениям в последние годы тоже уделяется много внимания. В промышленном масштабе поставлено разведение герани (*Pelargonium roseum* Ait.), казанлыкской розы (*Rosa damascena* Mill.), лимонной вербены (*Aloysia citrifoliora* Ort.) и др. Из текстильных растений широко вводится в культуру *рами* (см.) из юго-восточной Азии, дающая великолепное волокно. В заключение следует указать на культуру пробкового дуба (*Quercus suber* L.), площадь до 1000 га, начало которой положено в 1930 г.

Из изложенного можно видеть, что число разводимых в промышленном масштабе иностранных Э. в СССР в настоящее время не превышает полутора десятка. Этот список не закрывает конечно имеющихся в этом отношении больших возможностей. Для целого ряда интродуцированных ранее растений уже вполне доказана возможность их промышленного разведения, как напр. камфорное дерево (*Cinnamomum camphora* Nees.) и лаковое дерево (*Rhus vernicifera* D. C.), восковое дерево (*Rhus succedanea* L.), индийская сирень (*Melia Azedarach* L.), дающая масло, сальное дерево (*Stillingia sebifera* Mchx.), пекаан (*Nicotia pescap Marsch*) и целый ряд других растений. (Механич. свойства древесины нек-рых Э. см. *Спр. ТЭ*, т. IV.) Еще большее число их должно пройти стадию лабораторных и полупромышленных испытаний. Среди них можно упомянуть в качестве примера хинное дерево. Наконец следует отметить ряд древесных лесных Э., не получивших пока прав гражданства в наших лесах, но прекрасно выдерживающих условия субтропиков и имеющих преимущество перед местными породами благодаря исключительной силе роста. Из них можно указать напр. на эвкалипты — величайших гигантов растительного царства, — павловнию (*Paulownia tomentosa* Steud.), бумажную шелковицу (*Brussonetia papyrifera* Vent.), секвойю (*Sequoia sempervirens* Endl.), японскую криптомерию (*Cryptomeria japonica* Don.), пихту дугласову (*Pseudotsuga taxifolia* Brit.).

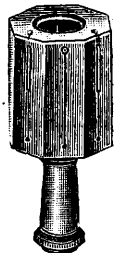
Н. Покалют.

Лит.: Карамзин А., Лесоразведение в С. Полтавине Бугурусланского у. Самарской г., 1913; Арцыбашев Д., Отчет по работам Тульской акклиматизационной станции за 1923—24 г., Труды по прикл. ботанике и селекции, Л., 1925, т. 14; Вольф Э., Наблюдения над морозостойкостью древесных растений, там же, II, 1917; Георгиевский И. С., Перспективы натурализации и акклиматизации древесных пород в Белоруссии, «Сов. строительство», М., 1926, 11—12; Ильинский А., Роль натурализации в развитии лесного хозяйства СССР, «Лесопромышленное дело», М., 1931, I; Иванова Е., Материалы студии парка при Весело-Боконевскийский дендрологич. станци, «Труды Лисово док. справи на Украйне», 1930, вып. 15; Сидорченко Б., Устимивский дендрологич. парк на Кременчугчине, там же, 1930, вып. 15; Данилов Е. и Бортвичев В., К истории акклиматизации и натурализации древесных пород в России, «Труды по прикл. ботанике и селекции», Л., 1925, т. 14.

А. Ильинский.

ЭККЕР, геодезич. инструмент, посредством которого на местности производится разбивка прямых линий под углами в 45, 90 и 135°. Э. употребляют при вешении линии под углами в 45, 90 и 135°, при определении расстояний между двумя точками, из к-рых одна недоступна, или между двумя недоступными точками и при съемках как вспомогательный инструмент при наличии других, более точных, инструментов. По конструкции Э. разделяются на простые и отражательные; последние же делаются на зеркальные и призмные.

К простым Э. относятся крестообразные, цилиндрические, восьмигранные, конические и шаровые. Восьмигранный Э. (фиг. 1) состоит из восьмигранной металлич. призмы с втулкой у основания. К-рой Э. надевается на палку. В боковых гранях призмы устроены *диоптры* (см.) в виде узких и широких прорезов, идущих или вдоль всей грани или в одной половине узкого прореза. Над или под узким прорезом устроен широкий с натянутым посредине конским волоском. В этом Э. визирные плоскости образуют между собою углы в 45 и 90°. Э. конический, цилиндрический и шаровый отличаются от предыдущего формой наружной своей части. Конический и шаровый экеры удобны для работ в гористых местностях, так как дают более наклонные линии визирования.



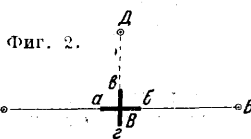
Фиг. 1.

Для проведения линии под углами в 45, 90 и 135° постунают след. обр. Пусть необходимо к

линии *АВ* (фиг. 2) в нек-рой точке *В* провести линию под углом в 90° (45 или 135°); для этого устанавливают кол Э. в точке *В* т. о., чтобы коллимационная плоскость *аб* одной пары диоптров была направлена на веку, стоящую в точке *А* или *Б*.

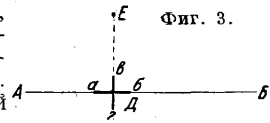
При установке Э. в точке *В* следует убедиться в том, чтобы он стоял действительно на линии *АВ*, а не в стороне. Для этого сначала направляют коллимационную плоскость Э. на точку *А* со стороны глазного диоптра *б*, а затем, перейдя на противоположную сторону Э., наблюдают в диоптр *а* точку *Б*. Если волоски предметного диоптра *б* покрывают веку, стоящую в точке *Б*, то Э. установлен точно на линии *АВ*, если же не покрывают, то его соответственно переставляют. После этого по направлению коллимационной плоскости *ав* устанавливают веку в точке *Д*. Для опускания перпендикуляра из точки *Е* на прямую *АВ* (фиг. 3) выбирают на прямой *АВ* точку *Д*, которая должна примерно являться основанием перпендикуляра. Устанавливают в ней Э., наводя коллимационную плоскость *аб* диоптров на точку *Б*;

тогда по направлению другой перпендикулярной плоскости *ав* наблюдают, проходит ли она через точку *Е*. Если коллимационная плоскость *ав* проходит через веку, стоящую в точке *Е*, то точка *Д* является основанием перпендикуляра, опущенного из точки *Е* на прямую *АВ*. В противном случае замечают на глаз отклонение коллимационной плоскости от точки *Е* и переставляют Э. по прямой *АВ* до тех пор, пока основание перпендикуляра в точке *Д* не будет найдено. Условия, к-рым должны удовлетворять простые Э., следующие: 1) коллимационные плоскости, проходящие через диоптры граней, взятых через одну, д. б. между собой перпендикулярны и 2) противоположные коллимационные плоскости диоптров одной пары граней должны совпадать. Проверка этих условий производится путем наблюдения через диоптры точек, расположенных на взаимно перпендикулярных линиях. Исправление Э.,



Фиг. 2.

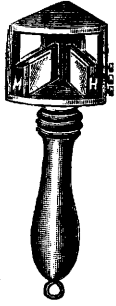
линии *АВ* (фиг. 2) в нек-рой точке *В* провести линию под углом в 90° (45 или 135°); для этого устанавливают кол Э. в точке *В* т. о., чтобы коллимационная плоскость *аб* одной пары диоптров была направлена на веку, стоящую в точке *А* или *Б*. При установке Э. в точке *В* следует убедиться в том, чтобы он стоял действительно на линии *АВ*, а не в стороне. Для этого сначала направляют коллимационную плоскость Э. на точку *А* со стороны глазного диоптра *б*, а затем, перейдя на противоположную сторону Э., наблюдают в диоптр *а* точку *Б*. Если волоски предметного диоптра *б* покрывают веку, стоящую в точке *Б*, то Э. установлен точно на линии *АВ*, если же не покрывают, то его соответственно переставляют. После этого по направлению коллимационной плоскости *ав* устанавливают веку в точке *Д*. Для опускания перпендикуляра из точки *Е* на прямую *АВ* (фиг. 3) выбирают на



Фиг. 3.

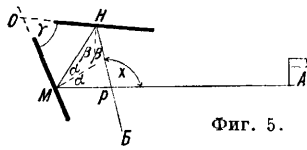
не удовлетворяющих этим условиям, может быть произведено только механиком.

К отражательным Э. относятся двухзеркальные и трехзеркальные Э. Двухзеркальный Э. состоит (фиг. 4) из металлич. трехгранной коробки с отсутствующей одной боковой гранью. К остальным двум граням прикреплены винтами два плоских зеркала *M* и *H*, а над ними вырезаны окошечки. Для работы внизу к коробке приделана ручка. В двухзеркальном Э. (фиг. 5) луч *AM*, дважды отраженный от двух зеркал, составляет с первоначальным своим направлением угол $x = 2(\alpha + \beta)$, в два раза больший угла γ между зеркалами; при этом угол x не зависит от угла падения луча на зеркало *M*. Если угол $\gamma = 45^\circ$, то $x = 90^\circ$, т. е. в этом случае дважды отраженный луч с первоначальным составит прямой угол. Практич. применение двухзеркального Э. состоит в следующем: к линии *AB* (фиг. 6) в точке *O* нужно восстановить перпендикуляр. С Э., имеющим отвес, становится в точке *O* т. о., чтобы ближайшее к съемщику зеркало было обращено к вехе, стоящей в точке *B*. Съемщик, смотря через отверстие эккера во второе зеркало, видит дважды отраженное изображение вехи *B*; одновременно, смотря в окошечко над этим зеркалом, он перемещает рабочего с вехой *B* до тех пор, пока веха рабочего не будет казаться продолжением вехи *B*, видимой в зеркале. Точка *D* местности, на к-рой стоит веха, и есть искомая, т. к. угол при точке *O* равен 90° . Опускание перпендикуляра из точки на линию происходит аналогично, стой лишь разницей, что съемщику по выставленной вехе в точке *D* приходится искать на линии *AB* основание перпендикуляра. Проверка двухзеркального Э. сводится к проверке угла между зеркалами. При пользовании двухзеркальным Э. его следует располагать так, чтобы плоскости зеркал были расположены по отвесной линии.

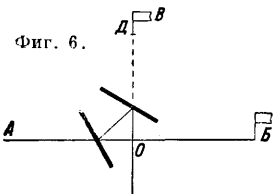


Фиг. 4.

Для ускорения и упрощения работы по восстановлению и опусканию перпендикуляров применяют трехзеркальный Э.; он позволяет видеть одновременно обе вехи, стоящие на концах линии, благодаря чему совершенно исключается необходимость проверки правильности построения угла в 90° при основании перпендикуляра. Трехзеркальные Э. имеют след. устройства: Э. сист. Кутюра состоит из трех зеркал *a*, *b* и *c* (фиг. 7), из них *b* и *c* поставлены относительно друг друга под прямым углом, одно под другим, а третье зеркало составляет с *b* и *c* углы в 45° . В медной оправе Э. между винтами *x* и *y* сделан глазной прорез, а на противоположной стенке часть предметного прореза закрыта зеркалом *a*, имеющим два круглых отверстия; плоскость визирования определяется точкой глазного и серединой предметного прореза. Работа с трехзеркальным Э. проте-



Фиг. 5.

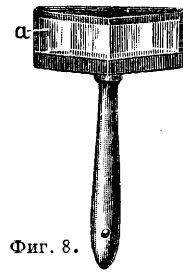


Фиг. 6.

кает аналогично работе с двухзеркальным; разница заключается лишь в том, что в зеркале *a* видно изображение двух вех, стоящих на концах линии, по которым и выставляется третья веха, составляющая перпендикулярное направление к данной линии.

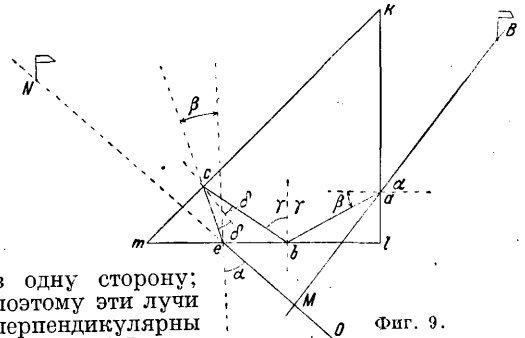
Призмennyй Э. состоит из стеклянной трехгранной призмы *a* (фиг. 8) с основанием в виде прямоугольного равнобедренного тр-ка. Действие призмного Э. основано на полном внутреннем отражении. Допустим, что луч от вехи, стоящей в точке *B*, падает на грань-катет *kl* призмы (фиг. 9). Луч этот, преломившись, войдет в призму под углом β и упадет на грань-катет *ml* под углом γ :

$$\gamma = 90 - \beta.$$



Фиг. 8.

Если $\beta < 4^\circ 19'$, луч *ab* по закону полного внутреннего отражения отразится от грани *ml* под углом γ и упадет на грань *mk* в точке *c* под углом δ . Если угол $\delta > 4^\circ 41'$, луч *bc* претерпит полное внутреннее отражение и под тем же углом δ отразится от грани *mk* и упадет в точке *e* на грань *ml* под углом β , т. е. под углом преломления у грани *kl*, и следовательно по выходе из этой грани луч пойдет к ней под углом α по направлению *MO*. Глаз наблюдателя, находящийся в точке *O*, увидит изображение вехи *B* в положении *N*. Линии *kl* и *ml* перпендикулярны между собой, а лучи *aB* и *eO* отклонены каждый от своего перпендикуляра на один и тот же угол α и притом



Фиг. 9.

в одну сторону; поэтому эти лучи перпендикулярны между собой, т. е. угол при точке *M* = 90° . Применение и проверка призмного Э. одинаковы с двухзеркальным. В случае неправильности работы Э. исправление может произвести лишь оптик.

Двухпризмennyй Э. (фиг. 10) состоит из двух одинаковых стеклянных призм, поставленных одна над другой так, что грани-гипотенузы перпендикулярны между собой. Этот прибор является сочетанием двух однопризмных Э. и позволяет восстанавливать и опускать перпендикуляры к линии сразу по обоим концам ее. Преимущества отражательных Э. перед простыми: 1) они портативны, 2) при опу-

скании и восстановлении перпендикуляров нет надобности переходить от одной пары диоптров к другой, что приходится делать в простых Э. Если же учесть, что Э. является вспомогательным инструментом при другом виде съемочных работ, то отражательный Э. экономит время при



Фиг. 10.

съемке. К недостаткам отражательных Э. относятся: 1) невозможность получения всегда углов в горизонтальной плоскости; 2) невозможность применения их при работах в местах с сильно пересеченным рельефом и 3) невозможность вешения длинных перпендикуляров, что удобнее делать простыми Э. Преимущества призмных Э. перед зеркальными следующие: 1) большая ясность изображения вследствие полного внутреннего отражения, 2) малые размеры и 3) поверка призмного Э. должна производиться всего один раз, в то время как правильность положения зеркал в зеркальном Э. проверяется периодически.

Задачи, решаемые Э. на местности, следующие: 1) вешение линии через незначительное препятствие, 2) определение расстояния между двумя точками, из которых одна недоступна, 3) определение расстояния между двумя недоступными точками, 4) разбивка на местности контуров зданий, 5) проведение на местности линии, параллельной заданной, и т. п.

Лит.: Витковский В., Практик. геодезия, 2 изд., СПб, 1911; Дениз П., Геодезия для строителей, М., 1931; Бик А., Иверонов И., Чеботарев А., Курс нижней геодезии, 9 изд., М.—Л., 1931; Орлов П., Курс геодезии, 3 изд., М., 1932; Харахнин А., Дельная разбивка кривых, М.—Л., 1931. В. Платон.

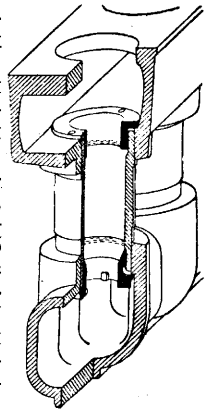
ЭКЛИМЕТР, см. Высотмер.

ЭКОНОМАЙЗЕРЫ водяные, приборы, использующие для подогрева воды тепло газов, отходящих из паровых котлов и из промышленных печей. Само наименование этих приборов обуславливается тем, что при правильно выбранной поверхности нагрева и при хорошем уходе за ними увеличивается КПД тепловой установки, в результате чего появляется экономия топлива.

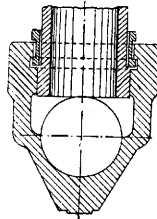
Материалом для изготовления водяных Э. служат чугун, железо и сталь, причем согласно 110 ст. ныне действующих в СССР правил устройства, установки, содержания и освидетельствования Э. применение чугуна допускается при изготовлении деталей водяных Э. для паровых котлов, работающих с давлением не свыше 22 atm; для паровых же котлов, работающих свыше 22 atm, допускается в каждом отдельном случае с разрешения органа котлонадзора СССР. Для изготовления деталей водяных Э. применяется чугун мелкозернистой структуры из перлита с равномерным распределением возможно малого количества графита. Для отливки деталей Э. высокого давления применяют

«эконит», или специальный сорт перлитового чугуна, с временным сопротивлением на разрыв до 38 кг/мм². Способы отливки: горячее литье, центробежное литье, Тиссен-Эмеля, способ встряхивания; отливка производится при плавке в электрических печах и в печах Wust'a. По типу водяные Э. различают гладкотрубные и ребристые, а по расположению труб — вертикальные и горизонтальные.

Основные конструкции Э. Чугунный Э., изобретенный Эдвардом Грином в 1845 г., состоит из труб *a* (фиг. 1), впрессованных в коробки *b* и *c*. Трубы отливается на конус с внешним \varnothing 117—118,5 мм вверху и 115,5—117,5 мм внизу; внутренний диам. труб в зависимости от давления 88—99 мм. При давлении до 20 atm концы труб, обточенные на конус, гидравлически или с помощью подтяжки болтов вручную впрессовывают в верхние и нижние коробки. При давлениях 20—35 atm применяют или способ соединения труб с коробками при помощи винтовых нарезок (фиг. 2) или при помощи особой кольцевой чеки — по методу з-да Düsseldorf-Heerdт (фиг. 3). Дополни-



Фиг. 2.

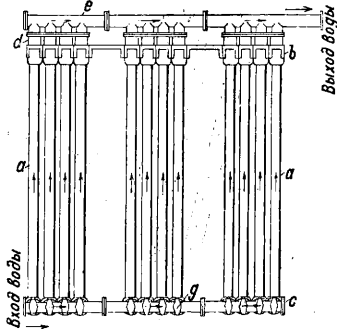


Фиг. 3.

тельное укрепление труб в коробках производят также путем заполнения канавок, выточенных в местах конуса коробок и труб, расплавленным белым чугуном. Заполнение чугуном этих канавок, расположенных друг против друга, производится через высверленные снаружи отверстия. Эти отверстия затем заделывают при помощи пробок с нарезкою. Число труб в одной коробке (секции) 4—6—8—10—

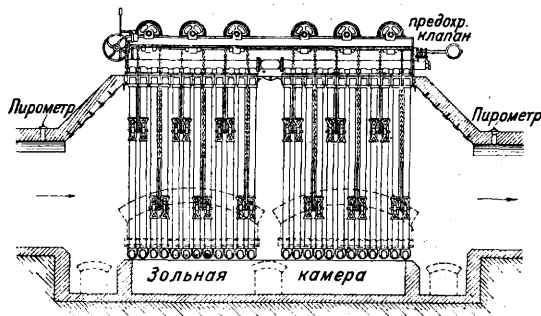
12. Каждая коробка с помощью фланцев *d* на болтах вверху присоединяется к коллектору *e* (фиг. 1), а внизу к коллектору *c*. В верхнем и нижнем коллекторах против каждой секции имеется по лючку *g*. Секций в одном элементе делают 4—8—12—16, устанавливая между нижними коллекторами лирообразные компенсаторы *a* (фиг. 4). Э., работающие при давлении свыше 20 atm, имеют специальные анкерные трубы, стягивающие верхние и нижние коллекторы. Трубы располагаются или рядами или в шахматном порядке, причем в Э. газы двигаются как в направлении перпендикулярном, так и в направлении, параллельном трубам. Стандарты поверхностей нагрева одной трубы для Э., изготовленных в СССР, таковы: 1,0 м², 1,25 м², 1,40 м² и 1,5 м².

Движение воды в первоначальной конструкции Э. сист. Грина происходило с подводом воды в нижние коробки и с отводом ее через верхние коробки (фиг. 1 и 5,а). Впоследствии появились конструкции гладкотрубных чугунных вертикальных Э. по схеме, отмеченной на фиг. 5 буквами *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Эти варианты в условиях практич. работы никаких существенных преимуществ в смысле теплопередачи не дали, в силу чего и не получили широкого распространения. Очистка труб Э. сист. Грина производится с помощью скребков (фиг. 4), приводи-

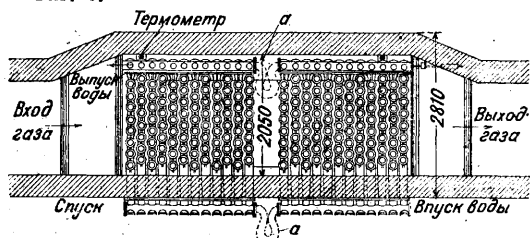


Фиг. 1.

мых в движение вверх и вниз специальным механизмом. Механизм для движения скребков требует 0,5—1,0 НР на каждые 100 труб. Для приведения в действие механич. скребков применяют паровую машину, мотор или устраивают передачу от общей трансмиссии. Наличие

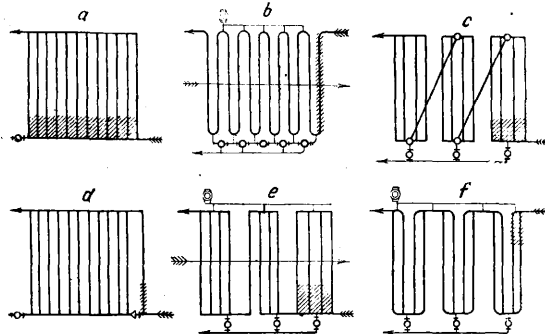


Фиг. 4.



цепей или тросов, выходящих из обмуровки Э., увеличивает, с одной стороны, потерю тепла в окружающую среду, а, с другой стороны, избыток воздуха. Чтобы избежать всего этого, устраивают не постоянную, а периодич. обдувку труб, для чего закладывают в обмуровку трубы с насадками, приводимыми в движение вручную через соответствующую передачу.

Железный горизонтальный гладкотрубный Э., устанавливаемый над котлами Бабкок-Вилькокс морского или полуморского типа (фиг. 6), состоит из зигзагообразных



Фиг. 5.

секций, в к-рые завальцованы трубы с наружным диам. 102 мм. Передние секции вверху, а задние внизу соединены с помощью завальцованных отрезков труб с прямоугольными камерами. Питание водой производится с нижней стороны задней камеры, нагретая же вода выходит с верхней стороны передней камеры. Подобные же экономайзеры строит нем. фирма Ганомаг для давления 65 atm при трубах диам. 83/71 мм.

Железный Э. типа Counterflow английской конструкции (фиг. 7) состоит

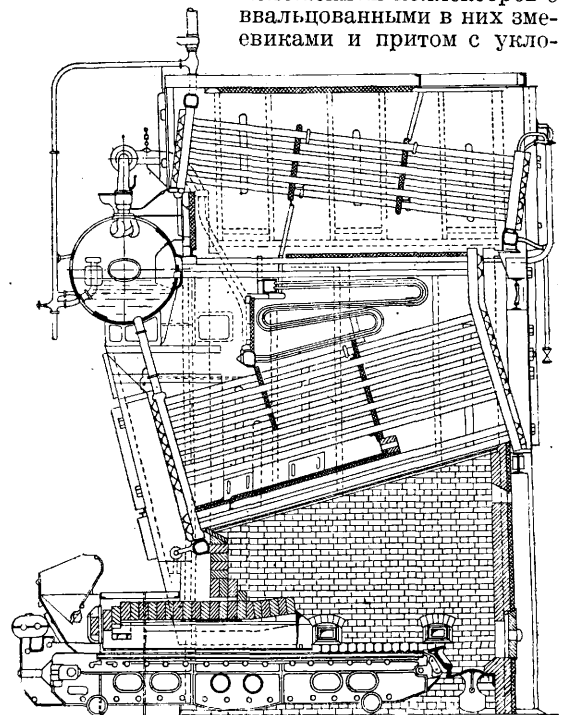
из стальных коробок, расположенных горизонтально, но так, чтобы завальцованные в них трубы имели наклон по движению воды снизу вверх. Э. эти строятся для давления 60 atm.

Железный Э. Ленинградского металлургического завода им. т. Сталина (фиг. 8) состоит из секций, расположенных одна над другой в несколько рядов (на эскизе 5 рядов), причем первая и последняя секции имеют высоту вдвое меньше, чем все остальные. Все трубы вальцуются с наклоном по ходу потока воды снизу вверх.

Железный Э. кипящего типа котлам Бабкок-Вилькокс, работающим при давлении 65 atm, состоит из прямых труб диам. 51 мм, соединяемых по концам калачами на болтах. Наличие большого количества фланцевых соединений калачей, притом расположенных крайне тесно, усложняет их монтаж. Эксплуатация этого Э. крайне тяжела, т. к. пропуски во фланцевых соединениях наблюдаются при металлч. и неметаллч. прокладках.

Двухбарабанные вертикальные Э. с гнутыми трубками строятся по типу котлов как дополнение к четырехбарабанным котлам Штейнмюллера, Кестнер-ЮМТ и т.д.

Э. типа Counterflow немецкой конструкции, состоящий из горизонтально расположенных коллекторов с завальцованными в них змеевиками и притом с укло-

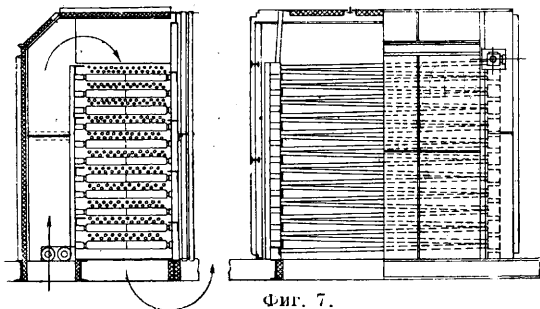


Фиг. 6.

ном отдельных ветвей по ходу воды снизу вверх, изображен на фиг. 9.

Железный Э. для паровоза с давлением в 60 atm, построенный машиностроительным заводом в Винтертуре, указан буквой g на схеме фиг. 10, где а—верхний котел,

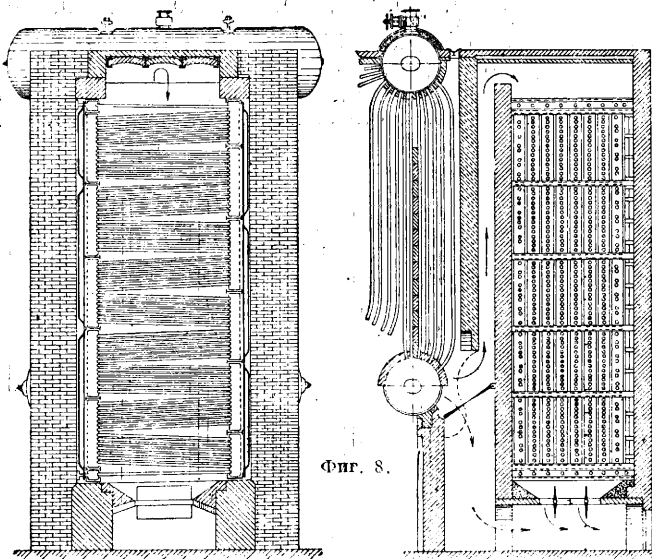
b и *c*—основные трубы, *d*—водяные камеры, *e*—решетка, *f*—подогреватель, *g*—второй подогреватель питательной воды, *h*—воздухоподогреватель, *i*—паротводная труба, *k*—дымовая



Фиг. 7.

труба, *l*—питательный насос, *m*—первый подогреватель питательной воды, *n*—водяной бак, *o*—паровая машина. Вода до вступления в трубы Э. предварительно подогревается в паровом подогревателе *m*. Трубы обоих подогревателей воды устроены так, что могут подвергаться чистке от накипи.

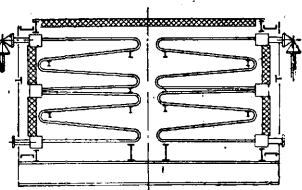
Ребристый Э. системы Каблицы для давления до 20 atm (фиг. 11) состоит из чугунных ребристых труб диам. 102/122 мм с диам. ребер 226 мм. При помощи фланцев на болтах при клингеритовых прокладках трубы присоединяются: вверху к полной плите фасонной отливки, а внизу к полной коробке (калачу), одной на каждую пару труб. Верхняя плита и нижние калачи стянуты болтами. Комплект верхней коробки с присоединенными к ней трубами называется элементом. Верхняя полая плита имеет по краям по одному цилиндрич. отверстию диам. 100 мм и ряд отверстий фасонной формы для каждой пары труб. Для возможности удаления воздуха и пузырьков пара между отдельными частями полой плиты сделаны отверстия сечением 12/20 мм.



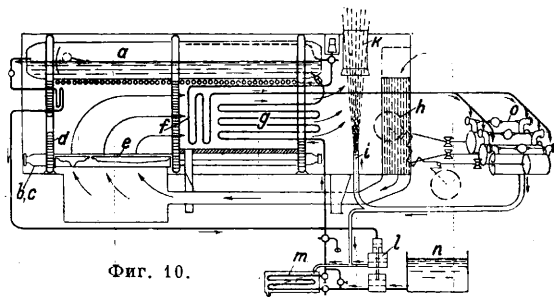
Фиг. 8.

Движение воды происходит т. о.: сначала вода идет по одной трубе вниз, а потом после прохода нижней коробки—по другой трубе вверх. Пройдя фасонный ход в верхней плите, вода опускается вниз, чтобы через нижнюю со-

единительную коробку перейти вверх и т. д. до выхода через крайнее отверстие в водопровод подогретой воды. Для возможности обдувки труб от налета золы между каждыми двумя соседними трубами вставляют конусы с клапанами, на конце которых имеется контргруз. Для возможности обдувки труб между двумя рядом расположенными элементами вставляются плиты с конич. отверстиями и с клапанами. В верхней плите против каждой трубы устроены лючки на болтах, причем крайние крышки лючков имеют серьги для продевания через них цепи или троса для подъема Э. Обдувка труб производится специальным аппаратом с числом обдувочных труб соответственно количеству обдувочных отверстий.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

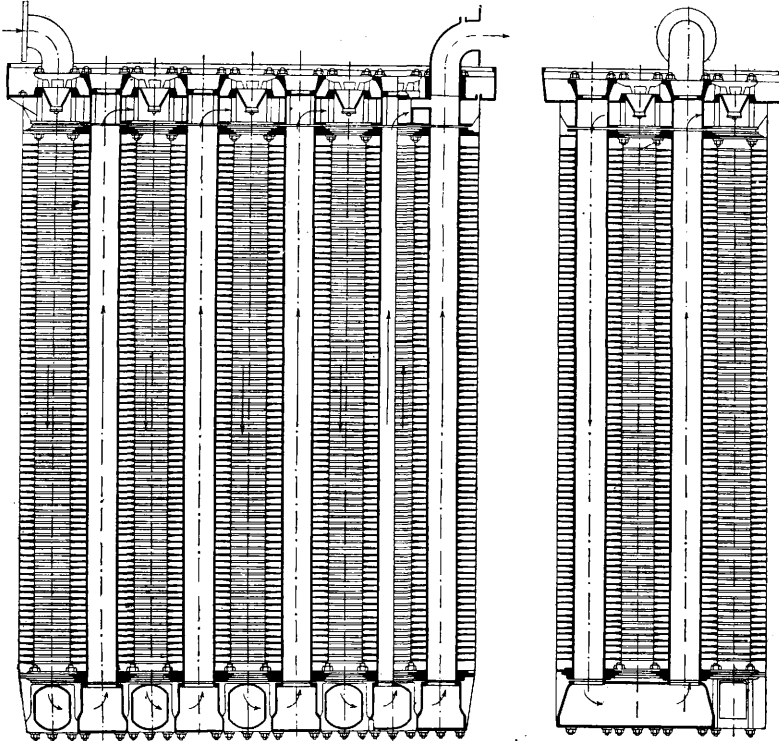
Элементы вертикального Э. Каблицы стандартизованы для поверхностей нагрева: 27, 66, 90, 108, 110, 126, 132 и 154 м².

Ребристый Э. системы Каблицы для давления 20—35 atm (фиг. 12) состоит из ребристых труб со вставленными в них гладкими железными трубами. Движение воды идет так: через гладкую трубу вниз ребристой трубы, а потом по кольцевому промежутку вверх и во вторую секцию плиты и т. д. При своем движении вверх вода нагревается, а, входя в последующую железную вставленную трубу, освобождается от воздуха и пара, причем как пар, так и воздух могут удаляться через отверстия и воздухоотводчик в атмосферу. В Э. сист. Каблицы этой модели во избежание развития большой скорости вода опускается одновременно по трем вставным трубам и поднимается по трем кольцевым промежуткам между ребристой и гладкой трубами. Для возможности смены труб вставные трубы внизу опираются на особые железные поперечины, удерживаемые нижними крышками ребристых труб, верхние же концы гладких труб свободно вставляются в соответствующие отверстия распределительного корпуса. Ребристые трубы, как и в основной конструкции Каблицы, при-

соединяются на болтах к верхней плите, почему и могут свободно расширяться. Распределительные плиты Э. сист. Каблицы высокого давления в целях придания элементу большей прочности выполняются по ширине вдвое меньших разме-

ров, чем в Э. низкого давления. Эти Э., как уже было сказано выше, предназначаются для давления 20—35 *atm*. Другие фирмы, напр. 3-д Штейнмюллера, допускают для своих чугунных Э. давление до 60 *atm*, рекомендуя при более высоком давлении применять стальное

вверху для возможности очистки труб от накипи. Для удаления газа и пара в плите имеется канал, связывающий верхние соединительные колена с подводящей и выводящими трубами. Вверху колен устанавливаются вентузы. Комплект, состоящий из плиты и восьми труб, называется элементом. Располагая такие элементы рядом,



Фиг. 11.

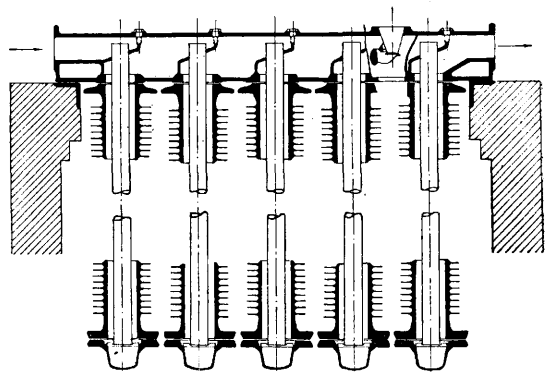
литье. Уверенность фирмы Штейнмюллера в надежной работе чугунных Э. до 60 *atm* обуславливается неоднократными испытаниями деталей Э., изготовленных из перлитового чугуна на давление до 250 *atm*, при к-ром не было обнаружено каких-либо повреждений.

Вертикальный ребристый чугунный Э. системы Липского (фиг. 13) состоит из верхней плиты, ребристых труб, расположенных в шахматном порядке, и из нижних соединительных калачей. Трубы вверху и внизу присоединяются с помощью болтов. Верхняя плита отлита по форме полукруглых колен, соединяющих каждую пару труб с плоской плитой снаружи для отделения газохода от наружной атмосферы. По концам диагонали плиты имеются приливы для присоединения на болтах угольников, подводящих и отводящих воду. Внизу калачей устроены конич. лючки для спуска воды; такие же лючки имеются и

вверху для возможности очистки труб от накипи. Для удаления газа и пара в плите имеется канал, связывающий верхние соединительные колена с подводящей и выводящими трубами. Вверху колен устанавливаются вентузы. Комплект, состоящий из плиты и восьми труб, называется элементом. Располагая такие элементы рядом, можно получить поверхности нагрева Э. в 24, 32, 40, 48 и 56 м². Очистка труб от золы производится через автоматич. лючки в плите с помощью специального аппарата.

Горизонтальный чугунный Э. системы Каблица (фиг. 14) состоит из таких же ребристых труб, как и его вертикальный Э. Отдельные трубы снаружи соединяются калачами, сохраняя при этом шахматное расположение. Трубы кладутся свободно в отверстиях рам и уплотняются с помощью асбестового шнура и асбестовой прокладки, в силу чего расширение их обеспечено. При этом каждую трубу можно вытащить из обмуровки, не нарушая притом надолго работу Э. Обдувка труб этого Э. производится паром или воздухом автоматически при помощи специального аппарата. Обдувочный аппарат, выдвинутый за обмуровку, занимает место в зависимости от поверхности нагрева Э. 1 700 ÷ 2 500 мм, работающий же аппарат — ок. 1 765 мм. Водяной мотор расходует на одну очистку в среднем 100 л воды при 3—4 *atm*. Поверхность нагрева этих Э.: 150, 198, 200, 240, 250, 300, 308, 350, 396, 400, 420, 480, 490, 500, 560, 600 и 700 м².

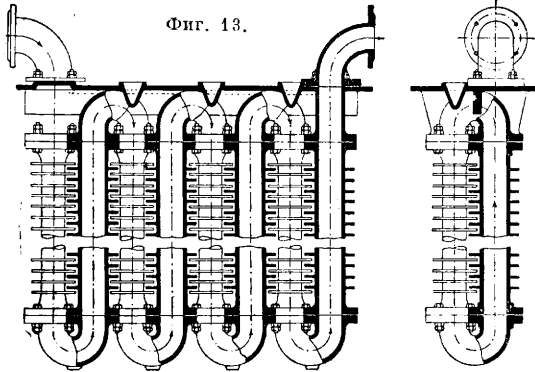
Э. Теплотехнич. института (фиг. 15) имеет трубы с квадратными ребрами, срезанными под углами. Ребра к своему основанию утолщаются, что облегчает отливку труб. На



Фиг. 12.

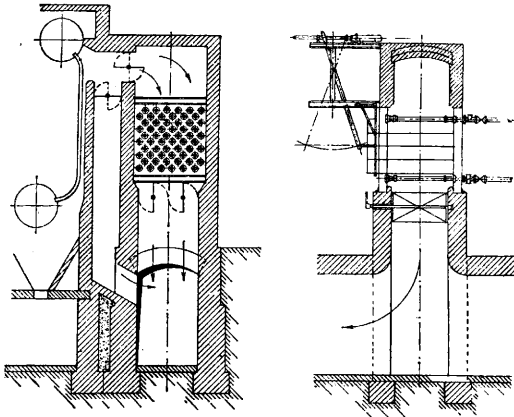
каждом конце труб по два фланца: квадратный и круглый. Квадратные фланцы сделаны большего размера, чем ребра, почему между последними получается нек-рый зазор. Сборка этих труб для образования требуемой поверхности нагрева производится так, чтобы каждая труба

соприкасалась с выпележащей соответственными сторонами своих квадратных фланцев. Последние т. о. не только фиксируют положение труб относительно друг друга, но и образуют сплошную перегородку, отделяющую дымовые газы от наружного воздуха. Для большего же уплотнения стыка этих фланцев в них сделаны канавки, приспособленные для уплотнения асбестовым шнуром и для расчеканки



Фиг. 13.

свинцом. Вторые (круглые) фланцы предназначены для последовательного соединения калачами труб Э. В виду того что эти круглые фланцы расположены вне обмуровки, головки болтов, закладываемые сбоку в имеющиеся в них прорезы, не подвергаются действию высоких t° и окисляющему действию дымовых газов. Подвод воды производится в одну из крайних труб нижнего горизонтального ряда. Вода, пройдя последовательно все трубы нижнего ряда, переходит по калачу в трубу второго от низа ряда, а, пройдя последовательно все трубы этого ряда, идет в третий ряд и т. д. до выхода из одной из крайних труб верхнего ряда в водопровод. Воздухоотводчик (один на весь Э.) расположен в самой верхней его части. Нормально газы

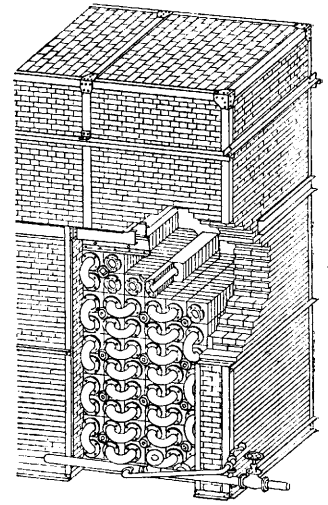


Фиг. 14.

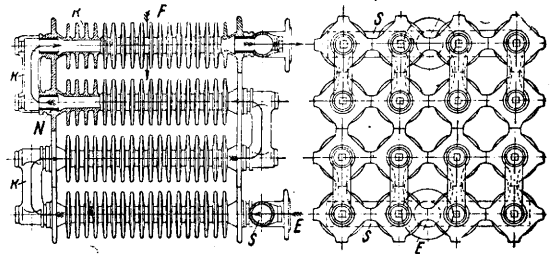
двигаются сверху вниз, но не исключается возможность хода газа и в горизонтальном направлении. Между каждыми четырьмя прямоугольными фланцами прикреплены сальники с набивкой из асбестового шнура, через к-рые вставлены трубы для обдувки наружной поверхности Э. Эти обдувочные трубы или находятся все время внутри обмуровки между срезанными на угол ребрами или могут двигаться вперед и назад, причем установка труб м. б. только с одной стороны Э. или с двух его сторон. Э. собирается последовательным укладыванием труб, причем

нижний горизонтальный ряд опирается квадратными фланцами на железную балку. С боков и сверху Э. стягивается рамой из швеллеров, нажимающих на квадратные фланцы крайних вертикальных рядов. Такой способ сборки Э. практически неудобен, т. к. представляет известные затруднения при замене аварийных труб. Поверхность нагрева каждой трубы равна $7,5 \text{ м}^2$.

Чугунные трубы экономайзера «О h n e» (фирмы Hugo Szamatolski, Берлин) снабжены круглыми ребрами, причем соединение их между собою (фиг. 16) производится с помощью крышек k с ниппелями N из меди, бронзы, нержавеющей стали и другого материала. Развальцовка этих ниппелей производится через отверстия, расположенные против них и закрываемые бронзовыми пробками. Ниппели при развальцовке отбортовываются с обоих концов. Наличие ниппелей дает возможность иметь допуски длины труб значительно большими, чем то можно сделать в случае со-

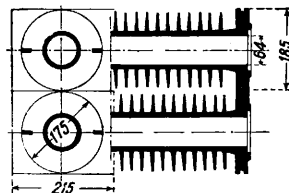


Фиг. 15.



Фиг. 16.

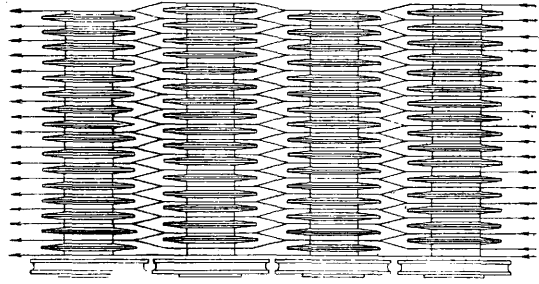
единений с помощью фланцев. Вода через фланец E вступает в соединительную трубу S , а из нее во все трубы первого ряда, пройдя к-рые, по коробкам переходит во второй ряд и т. д. Газы двигаются по стрелке F . Допустимым давлением для этих Э. считают до 100 atm , основным для чего служит пробное давление до $200-300 \text{ atm}$. Предельное давление, к-рое выдержал этот Э. при испытании его фирмой Ганомар, 390 atm ; при этом давлении разорвался не ниппель, а крышка k .



Фиг. 17.

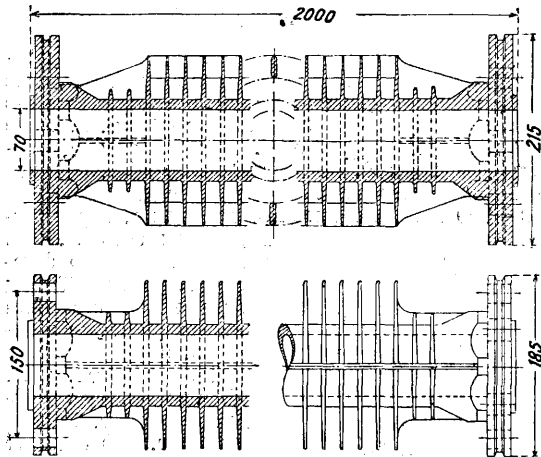
Рибристый Э. Главенергопрома по сист. Реймера (фиг. 17) состоит из чугунных труб с прямоугольными фланцами, соединяемыми внизу и сверху с помощью коллекторов, а в остальных рядах с помощью колен. Расстояние первого ребра (фиг. 18) от фланца у каждых двух смежных труб разное, что способ-

ствует перемешиванию дымовых газов и уменьшению мертвых углов. Трубы выполняются в двух конструкциях: одна для низких давле-



Фиг. 18.

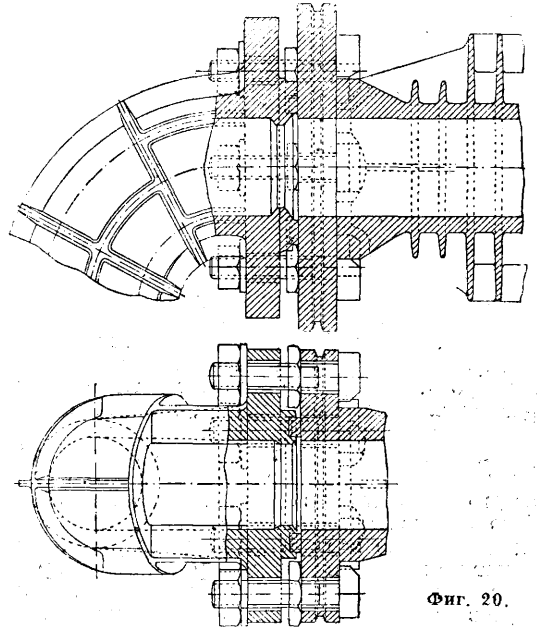
ний—в виде нормальных ребристых труб—и другая для высоких давлений (до 65 atm при 100 atm во время гидравлич. пробы)—в виде ребристых труб (фиг. 19), снабженных двумя продольными ребрами и с утолщением у фланцев; на концах труб также имеются добавочные продольные ребра, связанные для жесткости с поперечными ребрами уменьшенного размера. При высоких давлениях выполняются с ребрами и переходные колена и коллекторы (фиг. 20). Э. эти снабжаются специальным трубопроводом (фиг. 21) и эжектором *М*. Нормально д. б. открыты вентили *A*, *D* и *K*, причем вода от насоса *H*, пройдя вентиль *D*, эжектор *M* и вентиль *K*, вступает через коллектор во все трубы нижнего ряда Э. Нагретая вода, пройдя последовательно все ряды Э., выходит из труб Э. в коллектор, а из него через вентиль *A* в магистраль к котлу. В тех случаях, когда питательная вода подается насосом *H* с t° ниже точки росы, открывают вентиль *B*, почему в силу эжекции питательной воды от насоса будет засасываться некое количество нагретой воды из верхней части Э., в результате чего повысится t° воды, вступающей в нижние трубы Э. В силу того что давление в трубопроводе до Э. больше, чем в трубопроводе за Э., то при слабой эжекции в аппарате *M* не исключаются перепуски питательной воды через вентили *B* и *A* в трубопровод горячей воды. Вентиль *E* назна-



Фиг. 19.

чен для питания котла помимо Э. Промывка Э. производится через вентиль *C*, для чего открывают лишь вентили *D* и *B*. Обдувочный аппарат состоит из системы горизонтальных или верти-

кальных труб, располагаемых между ребристыми трубами и с тем расчетом, чтобы каждая труба могла обдуваться со всех четырех сторон. Конструкция обдувочного аппарата жесткая, передвигаемая по длине труб посредством роликовых направляющих. Поверхность нагрева одной трубы при длине 2,0 м равна 4 м². Недостатки этого Э. общи с подобными конструкциями, собираемыми путем наложения труб одна на другую и без каких-либо промежуточных опор, позволяющих вынуть любую трубу,



Фиг. 20.

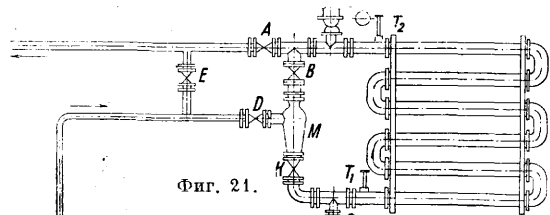
не нарушая всей системы Э. Чугунные Э., указанные на фиг. 17, 3-ды Главэнергопрома выполняются до рабочего давления в 65 atm, при больших же давлениях они собирают трубы по модели 1932 г., изображенной на фиг. 22. Он состоит из цельнотянутых труб 1, на к-рые надеются в горячем состоянии (в дальнейшем предположена контактная сварка) ребристые восьмиугольные кольца 2 и установочные кольца по краям труб 3—4. Трубы вальцовываются во фланцевые крышки по 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Длина каждой трубы 4 м вместо 2 м в случае чугунных ребристых труб, что имеет большое значение в смысле уменьшения габаритных размеров по сравнению с чугунными трубами.

Э. для высокого давления системы Фастера (фиг. 23) состоит из цельнотянутых труб, на к-рые надеваются на резьбе чугунные ребристые элементы, назначенные для предохранения стальных труб от действия газа. Стальные трубы развальцовываются в стальных же коллекторах через лучки, сделанные против каждой трубы. В Америке делают также ребристые Э., подобные экономизерам сист. Фастера, но с ребристой рубашкой из стального литья, покрытого снаружи свинцом.

Игольчатые трубы (фиг. 24—26) в Э. сист. С. Amme (Liesen а. Со., Krefeld) отлиты по две вместе с одним фланцем, в силу чего упрощается их сборка, а газоходы уменьшаются, за-

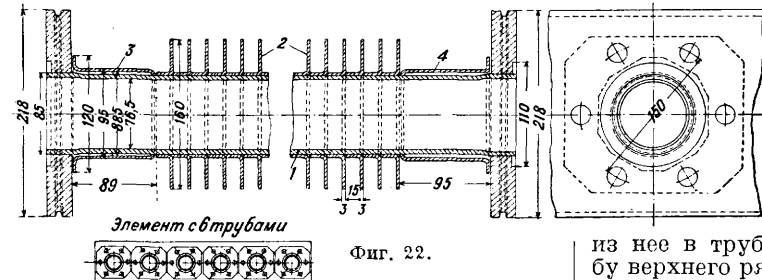
то при аварии одной трубы приходится удалять две трубы. На фиг. 26 вверху указан элемент воздушного Э., а внизу—водяного.

Э. непрямого действия системы Ш м и д т а (фиг. 27) состоит из железных змее-



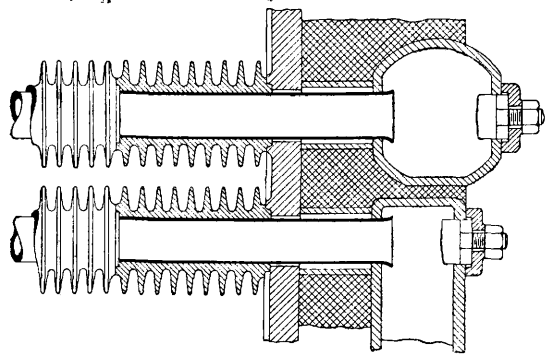
Фиг. 21.

виков с и f, соединенных между собою трубами d и e. Змеевики с расположены в газоходе, а f—в герметически закрытом баке i. Трубопровод соединен трубой b с паровым пространством a парового котла, в силу чего вся система труб с—f заполнена конденсатом. К низу бака i по трубопроводу g подводится питательная вода, к-рая, поднявшись в верх бака по трубопроводу h, направляется в паровой котел. В этом Э. сле-



Фиг. 22.

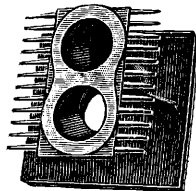
довательно по змеевикам с и f циркулирует одна и та же вода, воспринимающая тепло газа в змеевике с и отдающая тепло питательной воде через змеевик f. Осадки из питательной воды располагаются на днище бака и на трубах змеевиков f, причем для чистки приходится последние вынимать наружу, что представляет определенные неудобства. Кроме того с тепловой стороны эти Э. не представляют никаких преимуществ против Э. непосредственного действия, а стоимость их значительно выше.



Фиг. 23.

Вращающийся Э.-дымосос чехословацкой фирмы Nebrich (фиг. 28) состоит из разъемного корпуса A, в к-ром расположен ротор Q. Последний, приводимый в движение от мотора или трансмиссии через шкив T, производит подсос и нагнетание газов так же, как в

нормальных дымососах. Между всасывающим штуцером B для приема газа из боров и напорным C для отвода газа в боров находится шибер для выключения аппарата из потока газа. Ось ротора служит полый стальной вал J, оканчивающийся съемными концами K, проходящими через сальники W. Сальники снабжены масляным насосом L. Вал J покоится на подшипниках G с водяным охлаждением со стороны корпуса. В месте M полый вал имеет



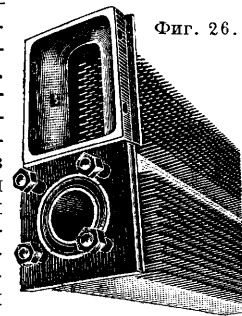
Фиг. 24.



Фиг. 25.

перегородку. На нем же укреплены специальные шкивы N, в ободу к-рых расположены медные или стальные нагревательные трубы X (фиг. 29) с железными пластинами Y. Последние насаживаются на трубы путем постепенного повышения давления в трубах до 600 atm. Два конца двух соседних трубок X завальцовываются в стальные коробки Z и притом так, чтобы мог осуществляться замкнутый поток воды по следующему направлению: через сальник W в полый вал J и через соединительную трубу P в трубу внутреннего ряда,

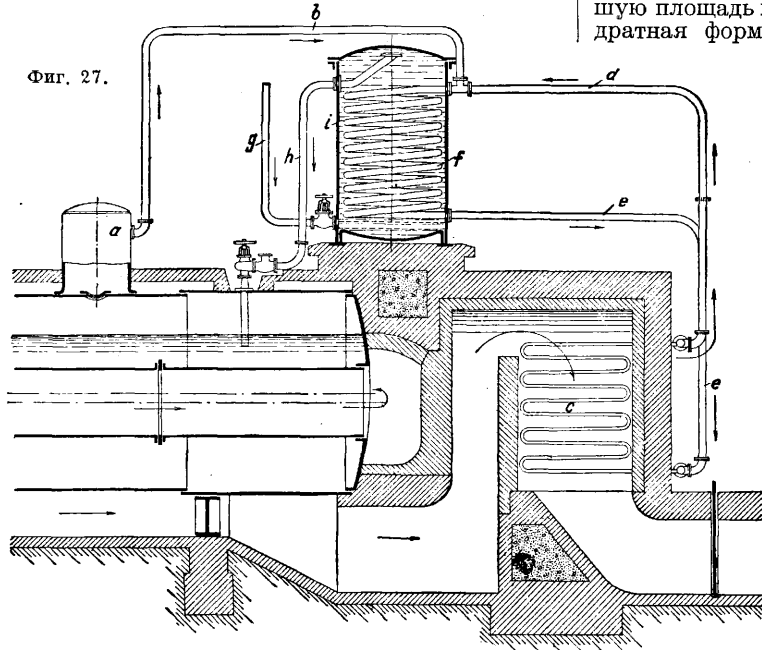
из нее в трубу среднего ряда, далее в трубу верхнего ряда, а из нее в следующую трубу верхнего ряда и т. д. до последней трубы верхнего ряда, после чего вода через коробку Z спускается в средний ряд, проходит последовательно все его трубы, спускается в первый внутренний ряд и, пройдя последовательно трубы этого ряда, вступает в трубу R. из нее в полый вал по другую сторону перегородки M и через сальник в соответствующий водопровод. Количество труб P и R делают в зависимости от размеров Э.— 2, 4 и больше, такое же количество получается и параллельных потоков воды. Для очистки труб от накипи предусмотрены в коробках пробки S. Число оборотов вращающегося Э. в зависимости от величины его колеблется в пределах 160—500 об/м. Создаваемая при этом тяга не только преодолевает собственное сопротивление Э., но и достигает величины в 50 мм



Фиг. 26.

вод. ст., причем по данным фирмы путем специальной конструкции тяга м. б. доведена до 100 мм вод. ст. Расход энергии на вращение аппарата около 1 HP на 1 000 кг воды при разрежении в 25 мм вод. ст. во всасывающем штуцере. Подогрев воды при нормальных условиях на 60—120°. Могут строиться эти Э. на любую производительность, начиная от 1 000 кг/ч, причем наибольший из построенных Э. имеет производительность 60 т/ч с поверхностью нагрева в 2 600 м². Давление, на к-рое могут эти Э. стро-

иться по данным фирмы,—до 150 atm, причем при повышенных давлениях нагревательные трубы выполняются из высококачественной стали. Хотя отложение золы на трубах и незначительно, все же предусмотрена обдувка их на ходу через специальные обдувочные устройства.



Фиг. 27.

Внутренняя очистка производится через отверстия пробок *S*. Вследствие компактности и портативности вращающийся Э. доставляется на место установки в собранном виде; длительность монтажа 7—8 дней.

Условия теплопередачи во вращающемся Э. благоприятны по нижеследующим причинам: а) достигается большая скорость движения газов; б) двигаясь вдоль поверхности нагрева, газы разбиваются на большое число отдельных

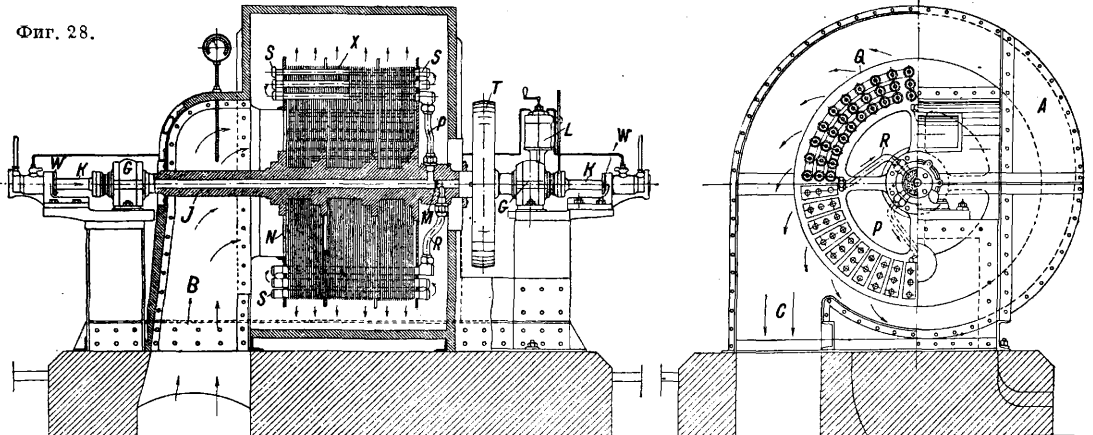
и тяговый аппарат. Отрицательным моментом также служит ременная передача, работающая в условиях относительно высоких t° .

Сравнительная характеристика в о д я н ы х Э. а) При одной и той же поверхности нагрева ребристые Э. занимают меньшую площадь пола, чем гладкотрубные. б) Квадратная форма ребра по сравнению с круглой формой ребра дает лучшее отношение полезной поверхности нагрева к абсолютной, меньшей габарит при одинаковой поверхности нагрева. в) Наибольшее омывание газами труб происходит при шахматном расположении их. г) Наибольший коэф. теплопередачи *K* при одинаково чистых поверхностях нагрева получается у железных гладкотрубных Э., ниже — у гладкотрубных чугунных типа Грин и еще ниже у ребристых Э.

Коэф-ты теплопередачи приведены в таблице и на фигурах: 1) фиг. 30—для железного Э. «Counterflow» с diam. труб 50 мм; 2) фиг. 31—для гладкотрубных чугунных Э.; кривая I—для нормального Грина, кривая II—для Грин-Крюгер, кривая III—для циркуляционного Грина; 3) фиг. 32—для ребристых Э.; 4) коэффициенты теплопередачи для Главэнгер

гопрома даны на фиг. 33; сопротивление этого Э. дано на фиг. 34. д) Загрязнение поверхностей нагрева Э. уменьшает коэф. теплопередачи больше у ребристых Э. (0,7—0,8 от чистого), чем у гладкотрубных (0,8—0,9 от чистого). е) В горизонтальных Э. с трубами, не имеющими наклона по ходу воды, на внутренней поверхности могут оседать: внизу ил (шлам), ухудшающий теплопередачу, а сверху газы, способствующие разъеданию стенок Э. ж) При одном

Фиг. 28.



струек; в) отсутствует т. н. пограничный слой холодных газов у поверхности нагрева; г) вследствие большой скорости движения газов и ротора отложение летучей золы незначительно; д) потеря тепла в окружающую среду незначительна, так как статор изолируется. При выборе подобных Э. необходимо предвидеть запасной агрегат, т. к. остановка его на ремонт и на чистку выключает не только подогрев воды, но

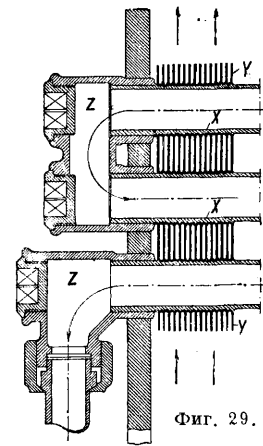
и том же расстоянии между трубами (фиг. 35), при потоке газов перпендикулярно к осям труб и при одной и той же затрате тяги наибольшая скорость в свободном промежутке f_s между трубами V_s получается у гладкотрубных Э. з) Для ребристых Э. по типу фиг. 36 при одном и том же количестве газа и при одном и том же теплоглощении число труб и общая их длина $d \cdot b$ согласно фиг. 37 (затрата тяги для Э. $A-D$ —

Характеристики экономайзеров.

Наименование Э.	Скорость движения газов, м/сек	K_{Σ}^* Cal/м ² ·ч·°C
Грин при перпендикулярном потоке газа	4 — 6	11—16
Грин при параллельном потоке	4	19
Каблиц	2,5—3,5	14—15
Железный	4 — 8	15—22
Теплотехнич. ин-та	8 — 10	10,0

* Коэф. теплопередачи при чистых поверхностях нагрева.

10 мм вод. ст., а для Э. Е—3,1 мм вод. ст.; Э. А—D сравниваются с естественной тягой, а Е—с искусственной). и) Гладкотрубные Э. с непрерывно действующими приспособлениями для очистки наружной поверхности нагрева имеют перед ребристыми и другими Э. с периодич. обдувкой то преимущество, что при правильной работе этих механизмов сохраняется постоянно коэф-т теплопередачи. Вместе с тем такой способ очистки труб, хотя и исключает надобность в паровой или воздушной обдувке, но зато сопровождается присосом воздуха внутрь обмуровки через отверстия для цепей или тросов и требует к тому же затраты



Фиг. 29.

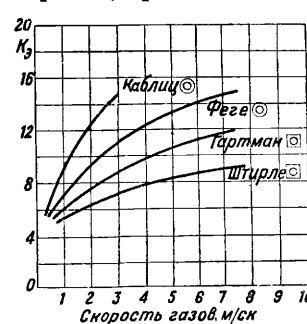
механич. энергии. к) Вес ребристых чугунных Э. на 1 м² приблизительно в 3 раза меньше, чем гладкотрубных чугунных Э. л) В смысле свободы расширения на первом месте стоят железные Э. с гнутыми трубками, далее вертикальные Э. типа Каблиц, горизонтальные Э. и наконец вертикальные Грина по типу фиг. 1. м) Наиболее чувствительны к степени очистки воды от накипеобразователей и от газа железные змеевиковые Э., почему надежность их работы м. б. только при абсолютной чистой и абсолютно деаэрированной воде. н) В смысле возможности осмотра фланцевых соединений наиболее неблагоприятны Э. с фланцевыми соединениями, находящимися в сфере действия горячих газов; в таком же положении находятся и места прессовок у Э. Грина. о) По стоимости 1 м² Э. распределяются так: наибольшая для железных, меньшая для гладкотрубных типа Грин и наконец еще меньше для ребристых Э.

Арматура и гарнитура водяных Э. должны быть в соответствии с отделом IV/2 правил органов надзора СССР относительно устройства, установки, содержания и освидетельствования водяных Э. Согласно § IV/6 все Э. должны подвергаться освидетельствованию и гидравлической пробе.

П и т а н и е водяных Э. должно производиться равномерно и без толчков, причем ре-

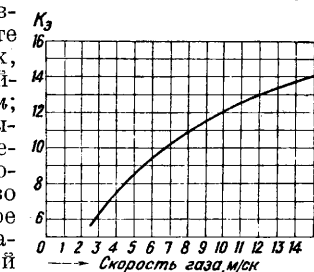
комендуется: а) устанавливать лишь те регуляторы питания, к-рые не могут запереться внезапно; б) питание производить с помощью центробежных насосов; в) при наличии лишь поршневых насосов дополнять питательный трубопровод воздушными колпаками, допуская лишь равномерную работу насосов; г) иметь на Э. аппараты для тщательного удаления из него газа и пара; примером последнего устройства может служить аппарат фирмы Негинг (фиг. 38).

Обмуровка водяных Э. должна соответствовать следующим требованиям: а) каркас Э. должен быть рассчитан на восприятие кроме нагрузок от действия веса металлич. частей Э. и находящейся в трубах и коллекторах воды, также и нагрузок от расширения кладки; б) кирпичная кладка д. б. плотной, для чего необходимо выполнять ее толщиной не менее 1,5 кирпича, при железо-асбестовой или подобной



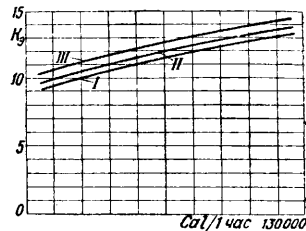
Фиг. 32.

обмуровке стыки отдельных щитов не должны пропускать воздух внутрь обмуровки; то же требование д. б. предъявлено как к стенкам, образуемым ребрами и коллекторами Э., так и к гарнитуре Э.; в) профиль обмуровки должен иметь минимальное количество мертвых углов, для чего подвод и отвод газа должны производиться по всему сечению Э.; г) зольные камеры д. б. достаточного объема, причем спуск из них золы желателен без нарушения работы Э.; д) в обмуровке д. б. достаточное количество смотровых люков размером не менее 400×400 мм, хорошо уплотненных и изолированных во избежание потери тепла в окружающую среду; е) промежутки между крайними трубами соседних элементов для возможности их осмотра д. б. не менее 350—400 мм; ж) при элементах, вынимаемых вверх, необходимо иметь свободную высоту под обмуровкой, равную высоте металлич. части их, увеличенной по крайней мере на 500 мм; при элементах, вынимаемых вбок, необходимо иметь свободное пространство от обмуровки, равное длине металлич. части Э., увеличенной по крайней мере на 300 мм; з) для возможности регулирования потока газа, а также и для выключения Э. на случай чистки и ремонта необходимо иметь обходный бороз, отключаемый от Э. плотными заслонками; и) все металлич. части Э., выступающие за обмуровку, д. б. по возможности изолированы; к) рас-



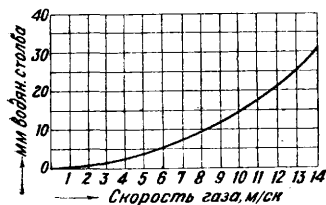
Фиг. 33.

коэффициент теплопередачи при чистых поверхностях нагрева.



Фиг. 31.

стояние между стеной здания и обмуровкой Э. должно быть не менее 70 мм; для уменьшения потери в окружающей среде этот промежуток д. б. заполнен изолирующим веществом (асбестом, инфузорной землей и т. п.).



Фиг. 34.

Механический расчет деталей водяных экономайзеров должен производиться по правилам для сосудов, находящихся под давлением выше атмосферного.

Температура питательной воды, вступающей в Э., во избежание наружного ржавления труб, ребер и других деталей Э., д. б. не ниже точки росы.

Сопротивление водяных Э. со стороны газа, возрастающее со скоростью движения газа, ориентировочно можно брать: а) для гладкотрубных Э. типа Грин

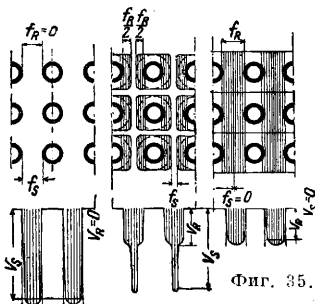
$$S_i = \frac{n}{10} \left(\frac{w}{4}\right)^2 \text{ мм вод. ст.};$$

б) для ребристых типа Каблиц

$$S_k = 0,06 n w^2 \text{ мм вод. ст.}$$

(n —число рядов труб вдоль потока газа, w — скорость движения газа в м/сек). Более точно значения сопротивления берутся по диаграммам испытаний, составленным по типу фиг. 39.

Установка водяных Э. в зависимости от системы их и экономич. подсчета делается или индивидуальной для каждого котла или групповой на несколько котлов. Все современные котлы высокого давления имеют индивидуальные Э., обмурованные с обходным боровом или без него. Последний способ обмуровки неудобен, т. к. при аварии с Э. приходится выключать весь котельный агрегат. Групповые Э.

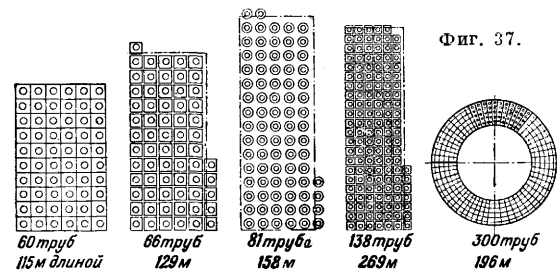


Фиг. 36.

При эксплуатации водяных Э. необходимо наблюдать прежде всего, чтобы приборы (термометры, предохранительные клапаны, манометры, газоудалители и вентили) работали исправно и чтобы рабочее давление не превышало разрешенного органами надзора СССР.

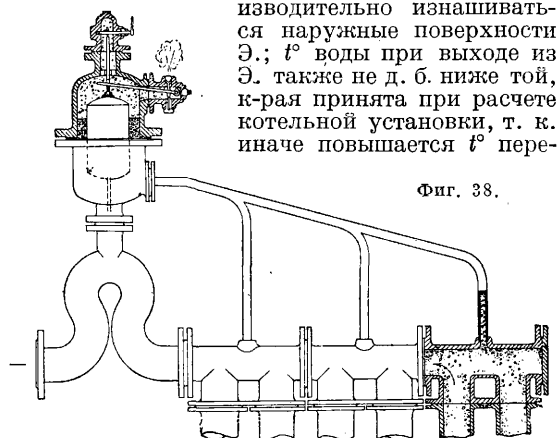
Наполнение водой Э., находящегося в горячем состоянии, из-за условий сохранения плотности фланцевых и других соединений недопу-

стимо. При наполнении Э. водой также необходимо следить, чтобы воздух удалялся из него полностью, для чего следует приподнимать



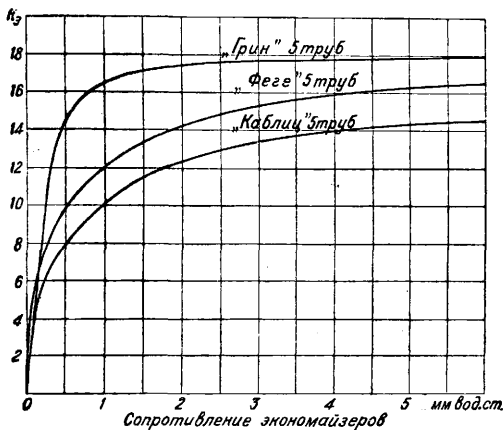
Фиг. 37.

предохранительный клапан. Нельзя допускать резких колебаний в t° питательной воды, т. к. последствием этого м. б. отрывы коллекторной коробки от труб и т. п.; t° питательной воды не д. б. ниже точки росы, т. к. иначе будут непроизводительно изнашиваться наружные поверхности Э.; t° воды при выходе из Э. также не д. б. ниже той, к-рая принята при расчете котельной установки, т. к. иначе повышается t° пере-



Фиг. 38.

гретого пара, достигая иногда (фиг. 40) недопустимо высоких значений. Заполнение выключенных Э. газами должно производиться после установления хорошего горения топлива, т. к. иначе в мертвых углах и в мешках обмуровки может образоваться гремучая смесь,

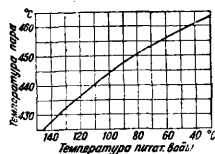


Фиг. 39.

ведущая к взрывам газов. Предохранительные клапаны должны регулярно испытываться на плотность и надежность работы. Регулировка тяги должна производиться с помощью шибера между трубой и Э., т. к. иначе при регистре, открытом полностью у дымовой трубы, будет

подсасываться через неплотности Э. значительное количество холодного воздуха.

Взрывы водяных Э. могут происходить от разных причин, из к-рых главные: гидравлич.



Фиг. 40.

удар, взрыв газа, изношенность отдельных деталей Э., неравномерная толщина стен труб, недоброкачество материала, неправильная конструкция, недостаточный запас прочности материала, наличие под коркой литья пустот или шлака. Взрывы Э. со-

провожаются разрушениями, не уступающими разрушениям, происходящим при взрывах паровых котлов. При повреждениях или взрывах Э. правила органа надзора СССР требуют применения ст. ст. 89—91, касающихся паровых котлов.

Лит.: Бишко К. и Мовшович А., Проблемы безопасности в эксплуатации котельных установок, Л., 1928; Блахер К., Теплотехника в лаборатории и производстве, пер. с нем., М.—Л., 1930; Бальке Г., Рационализация теплового хозяйства, пер. с нем., М.—Л., 1931; Грановский Р., Котельные установки, Л., 1930; Иванов В., Паровые котлы и техника безопасности котельных установок, М.—Л., 1931; Кирич К., Атлас котельных установок, М., 1923; е го же, Котельные установки, М., 1926; Кизер Г., Основы проектирования электрических станций, пер. с нем., Л., 1931; Ковалев А., Монтаж котельных установок, М., 1932; Лаговский И. А., Теплосиловые установки центральных электростанций, М.—Л., 1928; Ловин К. и Барсуков Б., Современные америк. электрические станции, М., 1927; Мерлович Э., Эксплуатация центральных электрических станций, М.—Л., 1928; Мюнцингер Ф., Пар высокого давления, пер. с нем., М., 1926; е го же, Расчет и эксплуатация водотрубных котлов; Нубер Ф., Тепловой расчет топок и котельных установок, пер. с нем., М., 1926; Полятов В. и Шилов К., Пример расчета электрич. станций, Л., 1929; Практика эксплуатации паровых котлов, пер. с нем., Л., 1929; Ромм Э., Расчеты паровых котлов, Киев, 1927; Работа экономайзеров (патент Каблин) на сахарных производствах в производстве 1912, Киев, 1912; Ставровский И. А., Результаты исследований работающих экономайзеров, Киев, 1914; Тенбош, Теплопередача, пер. с нем., М.—Л., 1930; Теппер Ф. и Гейрих О., Паровые котлы, пер. с нем., М.—Л., 1932; Томас Г., Котлы высокой мощности, пер. с нем., М., 1925; Шротер В., Паровые котлы и пароприемники, М., 1928; Бекетов П., Материал, конструкция и работа современных экономайзеров, «ИТЭ», 1929, 4 (47); Ветчинкин Я., Самойлов Д. и Лукашик С., Две котельных Могэса на торфу, там же, 1927, 7 (30); Власов О., Ребристые нагревательные приборы, там же, 1928, 6 (39); Домоктович В., Теплосиловая станция высокого давления для треста «ГЭЖ» («Жирность»), там же, 1927, 8 (31); Елизаров П. и Комков П., Монтаж котлов на ГЭС им. Р. Э. Классона, там же, 1928, 7 (40); Материалы к V Всесоюзному теплотехнич. съезду, Ребристый водяной экономайзер сист. «Утилизатор», там же, 1929, 9 (52); Невский И. А., К вопросу о выборе темп-ры газов за котлом и темп-ры уходящих газов, там же, 1929, 5 (48); Толкалов П., Испытание экономайзера «Утилизатор» сист. И. Круглова, там же, 1928, 9 (42); Шаховский А., К вопросу о рационализации тепло-силового хозяйства, там же, 1927, 6 (29); Шубин Е., Новый способ подсчета точки росы дымовых газов, там же, 1933, 1—2 (30); Вольфович М., Вращающийся экономайзер-дымосос, «Тепло и сила», М., 1932; Гукровский И. А., О системах экономайзеров, там же, 1923/24, 3—4; Лиднера А., Тепловые схемы современных теплосиловых установок, там же, 1931, 10; Моначов Х., Старение экономайзеров, там же, 1932, 3; Попов С., Взрыв экономайзера сист. Грин пов. нагр. 224 м² на Пермской городской электр. станции, там же, 1928, 5; Ромм Э., О рациональном выборе поверхности нагрева паровых котлов, там же, 1928, 11; Реймер М., О материале для воздушных и водяных экономайзеров, там же, 1931, 11; Самойлов Д., Котлы высокого давления, там же, 1930, 2; Кирич К., Исследование паровой установки Фроловской шерстопрядильной фабрики, «Известия Мех. ин-та МВТУ», М., 1906, 4; е го же, Исследование комбин. и водотр. котлов ЛПК в комбинации с ребристым экономайзером при напряжениях до 55 кг/м² час, там же, 1912; е го же, Современные вертикальные водотрубные котлы и их успехи за последние годы, «Труды 43 Съезда уполномоченных и инженеров Межд. союза об-ва для надзора за паровыми котлами», М., 1914; Экономайзер сист. инж. Липского, «Новости техники», М., 1932, 6; Ruhl C., Die Speisewas-

servorwärmung mittels Kesselabgasen, В., 1927; Spalckhaver R., Schneiders Fr. u. Ruster A., Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörteilen u. Hilfseinrichtungen, 2 Auflage, В., 1924; Neussel E., Gasströmung u. Wärmefaufnahme bei Rippenrohr-Vorwärmern, «Archiv f. Warmwirtschaft u. Dampfkesselswesen», В., 1932, 10; Truelsen, Nadel-Ekonomaiser u. Lufterhitzer, ibid., В., 1932, 10; Zsoldos L., Ekonomaiser Schwierigkeiten bei hohen Speisewasser-Eintrittstemperaturen, ibidem, В., 1932, 12.

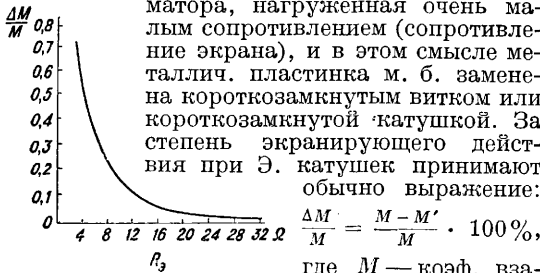
А. Ставровский.

ЭКРАНИРОВАНИЕ, в электротехнике и радиотехнике, способы устранения взаимных влияний между отдельными схемами или между отдельными цепями или их элементами путем заключения отдельных схем или цепей или их элементов в металлич. оболочку, называемую экраном. Э. применяется для обеспечения действия отдельных цепей или их элементов при взаимной независимости происходящих в них процессов. Э. позволяет ограничить действие электрич. и магнитных полей, создаваемых отдельными цепями (и их элементами) и обуславливающих паразитные связи между этими цепями (или элементами их), пространством, находящимся по преимуществу внутри экрана; при этом Э. является наиболее радикальным и наиболее принципиально простым и технически реализуемым средством для этих целей. Способы Э. различны в зависимости от назначения экранов и требований, предъявляемых к ним; общие же принципы Э. при этом остаются одними и теми же. Прежде всего способы Э. меняются в зависимости от характера экранируемых полей; они различны: 1) при Э. постоянных полей—электростатич., магнитостатич.—и 2) при Э. переменных полей. В зависимости от характера поля должны изменяться следующие свойства экранов: 1) форма самого экрана и его расположение относительно экранируемых объектов, 2) толщина стенок экрана и 3) металл, из которого д. б. осуществлен экран для получения оптимального эффекта.

Э. постоянных полей. При Э. некоторого пространства от электростатич. поля экран м. б. выполнен в виде металлич. решетки (клетка Фарадея), при этом род металла играет незначительную роль. Если объект, создающий электростатич. поле, помещается внутри этой клетки, то для улучшения действия экранирования последняя заземляется. Э. постоянного магнитного поля осуществляется применением совершенно замкнутых экранов, выполненных из магнитных материалов, причем Э. тем лучше, чем больше магнитная проницаемость металла, из к-рого выполнен экран, и чем толще его стенки. Для избежания потерь в экранируемых объектах от присутствия экрана материал последнего должен обладать высоким сопротивлением для токов Фуко. Этому требованию удовлетворяют в полной мере высокие сорта трансформаторного железа, напр. пермалой. Рационально применение нескольких экранов, расположенных один в другом.

Э. электромагнитного поля. В большинстве случаев практики Э. электромагнитных полей встречается необходимость в Э. катушек или контуров, несущих токи высокой частоты, к-рые создают в окружающем пространстве поле рассеивания. Э. в этом случае осуществляется или в виде металлич. пластинок, располагаемых между экранируемыми катушками, или в виде металлич. цилиндров, в к-рые помещаются экранируемые катушки. Э. в обоих случаях обуславливается *вихревыми токами* (см.), развивающимися в экранирую-

щем металле и создающими противодействующие поля, причем Э. тем лучше, чем меньше уд. сопротивление металла экрана. Экран действует здесь как вторичная обмотка трансформатора, нагруженная очень малым сопротивлением (сопротивление экрана), и в этом смысле металлич. пластинка м. б. заменена короткозамкнутым витком или короткозамкнутой катушкой. За степень экранирующего действия при Э. катушек принимают обычно выражение:



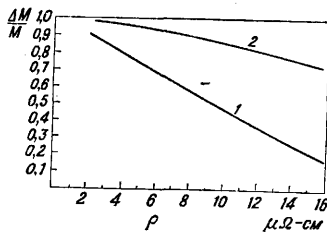
Фиг. 1.

где M — коэф. взаимной индукции между экранируемыми катушками при отсутствии экранов, а M' — то же при экране. Для короткозамкнутой катушки эта величина

$$\frac{\Delta M}{M} = k \frac{\omega^2 L_2^2}{Z_3^2},$$

где k — коэф. связи ($k = \frac{k_{12} \cdot k_{22}}{k_{12}}$, причем индексы 1 и 2 обозначают экранируемые катушки, а индекс 3 — экранирующую катушку), L_2 и Z_3 — самоиндукция и полное сопротивление экранирующей катушки. Для выявления роли сопротивления экранов на фиг. 1 показана зависимость $\frac{\Delta M}{M}$ от R_3 при $L_1 = 0,776$, $L_2 = 0,73$ и $L_3 = 0,75$ мН. Измерения сделаны при частоте 1 кГц.

При применении в качестве экрана металлич. пластин или цилиндров в общем имеет место та же самая картина. Но понятно, что в определении основных свойств экранов решающую роль играет уд. сопротивление металла, из к-рого сделан экран. На фиг. 2 показана зависимость величины $\frac{\Delta M}{M}$ от ρ (уд. сопротивления металла), снятая для 2 частот: кривая 1 для 2 000 Нз и кривая 2 для 8 000 Нз. Так же, как и при короткозамкнутых катушках, степень Э. зависит от частоты, увеличиваясь при увеличении частоты. Однако при увеличении частоты свыше 1 500 кГц наступает предел экранного действия благодаря резкому увеличению влияния *скин-эффекта* (см.) материала экрана на при этих частотах на сопротивление экрана. С другой стороны, при очень низких частотах металлы даже с очень малой величиной уд. сопротивления также не обеспечивают удовлетворительного Э. При низких частотах лучшее Э. обеспечивают металлы с большой магнитной проницаемостью. Кривые фиг. 3 дают представление об экранном действии различных металлов в зависимости от частоты. За степень Э. на фиг. 3 принято отношение $\ln \frac{H_a}{H_i}$, где H_a — магнитное поле во внешнем пространстве, H_i — магнитное поле внутри экрана. Кривые даны для следующих металлов: 1 — для меди ($\rho = 0,017 \Omega \frac{мм^2}{м}$, $\mu = 1$), 2 — для железа



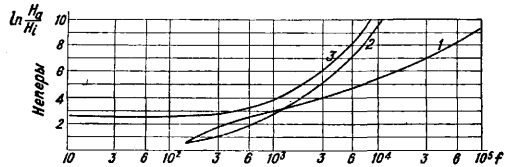
Фиг. 2.

($\rho = 0,1 \Omega \frac{мм^2}{м}$, $\mu = 20$) и 3 — для железа с высокой проницаемостью ($\rho = 0,067 \Omega \frac{мм^2}{м}$, $\mu = 2 000$). Все экраны, рассматриваемые на фиг. 3, — шарообразной формы при радиусе шара 10 см и толщине его стенок 1 мм. Для получения хорошего Э. на низких частотах чрезвычайно важным обстоятельством кроме того является герметич. замкнутость экранируемого пространства, — самое незначительное отверстие в экране может значительно понизить экранирующее действие всего экрана в целом.

Форма экранов и их чехлов. При применении замкнутых экранов самая форма экранирующих чехлов играет маловажную роль. В самом деле теория показывает, что экранирующее действие цилиндра бесконечной длины больше только на 33% экрана, выполненного в виде полого шара, если выразить экранирующее действие отношением $\ln \frac{H_a}{H_i}$ при условии, что радиусы цилиндра и шара и толщина металла равны. При формах, применяемых на

практике, это отличие экранирующего действия экранов различных форм практически уже совершенно ничтожно.

Толщина стенок экранов. При правильно выбранных металле для экрана и форме экрана, удовлетворяющей условиям расположения экранируемых объектов (катушек), основным моментом, подлежащим определению, является толщина стенок экрана. Необходимая толщина стенок экрана для получения желаемой степени Э. может быть найдена по графику, приведенному на фиг. 4; для этого по величине желаемого Э., т. е. $\ln \frac{H_a}{H_i}$, для заданного радиуса экранирующего чехла R



Фиг. 3.

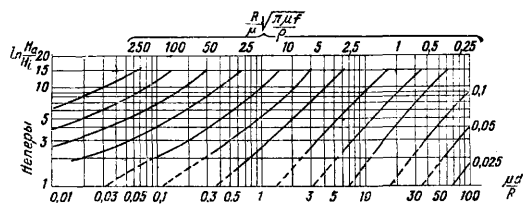
заданного радиуса экранирующего чехла R

находят по величине $\frac{R}{\mu} \sqrt{\frac{\pi \mu f}{\rho}}$ соответствующую кривую и, проектируя найденную на этой кривой точку на ось абсцисс, находят величину $\frac{\mu d}{R}$, из к-рой уже легко определяется желаемая толщина d стенок экрана.

Реакция экранов на экранируемые объекты. При Э. электромагнитных полей кроме внешнего эффекта — уменьшения поля во внешнем относительно экранируемого объекта пространстве — экраны вызывают «внутренний» эффект, заключающийся в том,

или расстояния от экранирующей пластины при пластинчатом Э.) и для заданной частоты f находят по величине $\frac{R}{\mu} \sqrt{\frac{\pi \mu f}{\rho}}$ соответствующую кривую и, проектируя найденную на этой кривой точку на ось абсцисс, находят величину $\frac{\mu d}{R}$, из к-рой уже легко определяется желаемая толщина d стенок экрана.

Реакция экранов на экранируемые объекты. При Э. электромагнитных полей кроме внешнего эффекта — уменьшения поля во внешнем относительно экранируемого объекта пространстве — экраны вызывают «внутренний» эффект, заключающийся в том,



Фиг. 4.

что поле, создаваемое токами, индуктируемыми в металле экрана, уменьшает поле, создаваемое экранируемыми катушками, не только во внешнем пространстве, но и внутри, в полости катушки, что сказывается в конечном итоге на уменьшении самоиндукции катушек, а также благодаря поглощению энергии в экране—на увеличении действующего сопротивления катушек. В этом отношении экран м. б. представлен как вторичная обмотка трансформатора, работающая на очень низкое сопротивление нагрузки, эквивалентные сопротивление R_2 и самоиндукция L_2 контура м. б. определены тогда из следующих выражений:

$$R_2 = R_1 + R_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2}$$

и

$$L_2 = L_1 - L_2 \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + \omega^2 L_2^2},$$

где R_1 , L_1 —соответственно активное сопротивление и коэф. самоиндукции контура без экрана, R_2 , L_2 —активное сопротивление и коэф. самоиндукции экрана и M —коэф. взаимной индукции между контуром и экраном. Оба эти эффекта конечно неразрывно между собой связаны и при практич. осуществлении экранов д. б. учтены и согласованы. В самом деле Э. получилось бы максимальным, если бы экран возможно теснее окружал катушку, так как в этом случае поля, создаваемые во внешнем пространстве экраном и катушкой, полностью соответствуют друг другу. Однако тесно окружающий катушку экран не удовлетворителен по причине значительного внутреннего эффекта, оказываемого в этом случае экраном на катушку. Наилучшим решением вопроса является получение желаемой степени Э. при минимальной реакции экрана на катушку. При цилиндрич. экранах, широко используемых в практике строения радиоаппаратуры, для выполнения этого условия diam. сечения катушек должен составлять $0,3 \div 0,5$ диаметра поперечного сечения экранирующего цилиндра. Для цилиндрических экранов изменение самоиндукции, обусловливаемое реакцией экрана, определяется из следующей ф-лы:

$$\frac{L}{L_0} = 1 - \frac{2}{3} k \frac{V_s}{V_h},$$

где V_s —объем катушки, V_h —объем экрана, $k = \frac{10^9 l}{4\pi n^2 P} \cdot L_0$, где l —длина катушки в см, n —число витков, P —среднее поперечное сечение катушки, L_0 —самоиндукция катушки в присутствии экрана. Сопротивление, вносимое экраном, определится из выражений

$$R_2 = 9,5 \cdot 10^7 \cdot \frac{n^2 p^2}{R^4} \sqrt{\varrho} \quad (\text{при } p > 1)$$

и

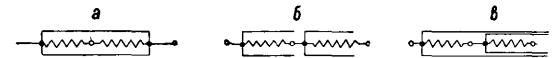
$$R_2 = 4,8 \cdot 10^5 \cdot \frac{n^2 p^2 \varrho}{d R^4} \quad (\text{при } p < 1);$$

здесь ϱ —уд. сопротивление $\frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$ и d —толщина стенки. Все размеры в см; p —величина, характеризующая вихревые токи в экране,

$$p = 2 \cdot 10^{-2} d \sqrt{\frac{f}{\varrho}}$$

Э. в измерительных приборах. В измерительных приборах для токов высокой частоты Э. выполняет также и другую роль—оно обеспечивает независимость действия электрич. элементов схемы от местоположения элементов и всего аппарата относительно земли и других

тел. На фиг. 5, а, б, в даны способы Э. двух величин наиболее характерных измерительных схем, состоящих из комбинации полных сопротивлений (двух полных сопротивлений, включенных последовательно), и на фиг. 5, г—Э.



Фиг. 5.

резонансного мостика. Принципы Э. измерительных схем, показанные здесь, с одинаковым успехом применимы для всех частот. Опыт показывает, что до самых высоких частот,

при к-рых делались точные измерения, методы Э., применяемые для средних частот, не требуют никаких корректив при увеличении частоты.

Заземление экранов. Экраны, применяемые для Э. электромагнитных переменных полей в аппаратуре, для отчетливого действия их как электростатич. экранов (т. е. экранов, защищающих отдельные элементы схемы от электрич. полей, создаваемых соседними элементами или проводниками) обычно заземляются. При высоких частотах в виду распределенного характера потенциала на экране заземление экранов и присоединение к ним отдельных заземляемых участков схемы совершаются в одной точке. Последнее особенно существенно в гетеродинах коротких волн для ликвидации излучения от них, в генераторах, применяемых в *компараторах* (см.) для измерения электрического поля коротких волн, и других приборах, предназначенных для аналогичных целей.

Лит.: Никитин Н., О влиянии металлич. экранов на период и энергию колебательного контура, «ТГТБЛ», 1919, декабрь; Моркрофт Дж. и Тернер А., Экранирование электрич. и магнитных полей, пер. с англ., «Радиосборник секции радиоспециалистов ОДР», ч. 2—3, М., 1930; Шаров В., Радиотехнич. измерения и расчеты, стр. 12, Л., 1932; Григорьев А., Об испытаниях экранирующих материалов, «Труды научно-исследовательск. ин-та связи», М., 1933, сб. 11; Листов В., Курс многочастотной проводной связи, стр. 105—123, М.—Л., 1932; Smith-Rose R., On the Electromagnetic Screening of a Triode Oscillator, «Proc. of the Phys. Soc.», L., 1922, v. 34; Watt R., Herd J., Note on Electromagnetic Screening, «Wireless World», L., 1923, v. 11; Barfield R., Some Experiments on the Screening of Radio Receiving Apparatus, «Journ. of the Institute of the Electrical Engineers», L., 1924, v. 62; Morecroft J. A., Turner A., Shielding of Electric a. Magnetic Fields, «Proc. of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1925, v. 13; Smith-Rose, How to Obtain Effective Screening, «Wireless World», L., 1925, v. 17; Dreyer J., Manson R., Shielded Neutrodyne Receiver, «Proc. of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1926, v. 14; Wilmotte R., A General Theorem on Screened Impedances, «Phil. Mag.», L., 1928, v. 6; Ardenne M., Verstärkermesstechnik, p. 203, B., 1929; Kaden H., Die Schirmwirkung metallischer Hüllen gegen magnetische Wechselfelder, «Jahrbuch d. drahtlosen Telegraphie», B., 1932, B. 32, H. 3; Hillers N., Die Abschirmung des magnetischen Feldes von Zylinderspulen, «Telefunken Zeitung», B., 1932, 62; Smith-Rose R., Effective Screening, «Wireless World», L., 1930, v. 27; Ollendorf F., Die Rückwirkung Flächenhafter Leiter auf das magnetische Feld von Spulen, «Elektrische Nachrichten-Technik», 1929, B. 6, H. 12; Clemons D., The Shielding Problem, «QST», P., 1926, t. 10, 3; Manson R., The Shielding Efficiency of Metals, ibid., 1928, t. 15, 2; Ferguson J., Shielding in High Frequency Measurements, «Bell System Technical Journal», N. Y., 1929; King L., Electromagnetic Shielding at Radio Frequencies, «Phil. Mag.», L., 1933, v. 15, 97; Lyons W., Experiments of Electromagnetic Shielding at Frequencies between One and Thirty Kilocycles, «Proc. of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1933, v. 21, 4; Scroggill M., Screening—Effective and Ineffective, «Wireless World», L., 1933, v. 32, 15; Kaden H., Die Rückwirkung metallischer Spulenkapselfen auf verluste Induktivität und Aussenfeld einer Spule, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1933, B. 10, H. 7. Нусенко.

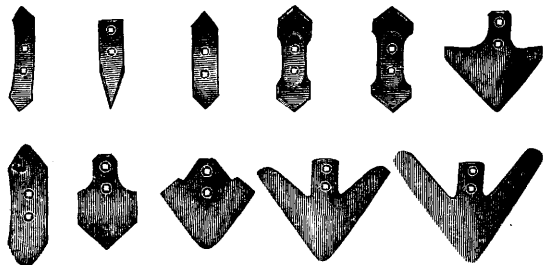
ЭКСГАУСТЕР, см. Вентилляция.

ЭКСКАВАТОР, см. *Землечерпательные снаряды.*

ЭКСПОЗИЦИЯ, см. *Фотография.*

ЭКСТИРПАТОР, с.-х. орудие, предназначенное для искоренения сорных трав. По классификации Гранвуаниэ для группы культиваторов-Э. характерным является форма рабочих органов—лап, предназначенных для подрезывания и отчасти выдергивания корней сорняков. Лапы эти в зависимости от вида удаляемой растительности имеют форму зубьев или косо поставленных ножей или же двойных и односторонних лап (см. фигуру). Все эти органы имеют острое лезвие, находящееся под некоторым углом и к направлению движения орудия и к поверхности земли.

К Э. относится самая обширная группа культиваторов-полольников, включающая ручные, конные и тракторные *пропашники* (см.) и мотыги. Из ручных и одноконных Э. в садовом, огородном и полевом хозяйствах получил распространение культиватор «планет», который



имеет целый набор рабочих органов разной формы. Из конных Э. у нас в свеклосахарных хозяйствах широко применяется конная мотыга «Украинка», являющаяся вариантом культиватора Зидерслебена. Ее рабочие органы, переставные на раме, могут быть приспособлены для обработки разных междурядий. Сама рама подвижная и при помощи двух рукояток м. б. передвигается на ходу вправо и влево, если упругие животные отклонятся в сторону. В сцепке эту мотыгу применяют и для тракторной тяги. Всесоюзным ин-том механизации был переконструирован культиватор МКУМ и под названием «Вимэ № 1» строится на Первомайском з-де в Бердянске. Этот культиватор одинаково пригоден как для сплошной обработки полей, так и для междурядных культур. «Вимэ № 1» имеет высокие стойки у лап, благодаря чему им можно пропахивать междурядья различных растений (зерновых, масличных, табака, хлопчатника, свекловича, каучуконосов и т. п.) высотой до 50 см. Ширина его захвата равна 4 м. На почвах со средним сопротивлением потребная сила тяги равна ок. 300 кг. Т. о. к одному трактору СТЗ или ХТЗ можно прицепить три орудия. Габарит культиватора: длина 3 117 мм, ширина 3 500 мм, высота 960 мм. Вес ок. 400 кг. На испытаниях, проведенных Правительственной комиссией в 1933 г., хорошие результаты показал Э. конструкции агронома Соловья, марки УКС. Ширина захвата Э. равна 5 м и им можно обрабатывать междурядья даже тогда, когда растения имеют высоту и более 50 см.

Лит.: Мотыга «Украинка», М.—Л., 1931; Агротехника подсолнечника, М.—Л., 1933; Смирнов, Пастухов, Никифоров, Справочник по механизации сельского хоз-ва, М.—Л., 1933. Н. Сладков.

ЭКСТРАКЦИЯ, экстрагирование, технологич. процесс, при помощи которого смесь веществ (сырье) разделяется на составные части на основе большей растворимости в данном ра-

створителе одного или нескольких входящих в состав сырья соединений. Обработке могут подвергаться как твердые или жидкие, так и газообразные продукты, причем в последнем случае процесс Э. может совпадать с *адсорбцией* (см.). В качестве растворителя обычно применяются жидкие при t° проведения Э. вещества; в широком же смысле слова к Э. могут быть отнесены процессы, при к-рых извлекаемое вещество образует соединения, легко разлагающиеся с обратным выделением извлекаемого продукта в чистом виде. В этих случаях для Э. могут применяться твердые вещества. Технологич. процесс Э. распадается на следующие стадии: обработка сырья растворителем, отделение полученного раствора извлекаемого вещества (мисцеллы) от остатка (шрота), отделение извлеченного вещества от растворителя (в большинстве случаев осуществляемое отгонкой при обычном давлении или в вакууме), извлечение растворителя, удерживаемого экстрагируемым сырьем, и регенерация и улавливание растворителя при отгонке. В зависимости от природы сырья первая стадия технологически может значительно различаться. В простейшем случае извлекаемое вещество находится на поверхности сырья (шерстяной жир) или оно легко выщелачивается (неорганич. соли из осадков). В этом случае при расчетах исходит из предпосылки устанавливающегося равновесия между твердой и жидкой фазой, и полнота извлечения при n заливках растворителем определяется из ф-лы:

$$b = \frac{1}{(a+1)^n}, \text{ где } a \text{—отношение объема раство-}$$

рителя, слитого с сырьем, к объему растворителя, оставшегося на сырье, а b —отношение первоначально содержавшегося в сырье вещества к оставшемуся после n -й заливки. Для Э., производящейся по принципу противотока,

$$b = \frac{1}{1+a+a^2+a^3+\dots+a^n}. \text{ Процесс Э. значительно}$$

замедляется и отстает от этой закономерности, если извлекаемое вещество адсорбировано экстрагируемым сырьем, напр. Э. масел из отбельных земель. Гораздо сложнее процесс Э. протекает, когда извлекаемое вещество включено в особые вместилища, ограниченные непроницаемыми перегородками, каковыми являются например стенки клеток растительного сырья при Э. сахара из свекловича, дубильных экстрактов из дубителей и т. д. В этих случаях Э. зависит от процессов диффузии, и помимо разности концентраций извлекаемого вещества приходится учитывать время, потребное для процесса, что в свою очередь часто приводит к экономич. нецелесообразности извлечения небольших остаточных количеств экстрагируемого вещества. Ускорение процесса Э. достигается: а) увеличением поверхности соприкосновения растворителя с сырьем, т. е. измельчением сырья, причем ограничения в данном случае возникают из-за большой плотности загрузки при слишком мелком измельчении, б) перемешиванием растворителя, чем достигается выравнивание концентраций в разных слоях растворителя, а следовательно поддержание наибольшей разности концентраций на поверхности соприкосновения растворителя и сырья, и в) повышением t° . Кроме этих общих моментов для отдельных случаев необходима для ускорения и достижения полноты Э. предварительная подготовка сырья, напр. подсушивание, свертывание белковых веществ и т. п. Принцип устройства экстрак-

ционной аппаратуры основан либо на многократной обработке загрузки сырья свежим растворителем (тип экстрактора Сокслета, Мерца и др.) либо на систематическом выщелачивании, при котором свежий растворитель поступает на загрузку, уже почти исчерпанную, затем на менее истощенное сырье и перед спуском—в упариватель на свежее сырье. Аппаратура последнего типа конструируется также для непрерывного процесса (системы Дорра, Доунса, Вильбушевича, Больмана и др.). Кроме этих систем существуют типы вращающихся экстракторов (см. *Батарея экстракционная и Маслоэкстракционное производство*). Весьма существенным вопросом для Э. является выбор растворителя, т. к. от этого зависят экономичность процесса и качество конечного продукта; поэтому от растворителя требуется: а) чтобы он извлекал по возможности только те вещества, к-рые желательны, и не извлекал балластных веществ, б) чтобы он химически был инактивен по отношению к извлекаемому продукту и сырью в целом, в) чтобы растворимость в нем извлекаемого вещества была очень велика, г) чтобы при прочих равных условиях он обладал наименьшим уд. в., низкой $t_{кип.}$, небольшой скрытой теплотой парообразования и уд. теплоемкостью, а также был по возможности огнебезопасен. Большое значение как растворители приобрели продукты разгонки нефти (бензин, петролейный эфир), ароматич. углеводороды и продукты их гидрирования (тетралин), а также хлорированные углеводороды жирного ряда (четырёххлористый углерод, трихлортилен и др.), а также жидкий сернистый ангидрид. Э. применяется в различных отраслях промышленности, являясь одним из распространеннейших элементов переработки растительного, животного и отчасти минерального сырья, напр. при получении растительных масел, животных жиров, сахара, дубителей, озокерита, а также при использовании многих отходов.

Лит.: Шехтерле Э., Экстракционные аппараты, пер. с нем., М., 1929; Гавриленко И., Маслоэкстракцион. завод, М., 1932; Schechterle E., Extraktions-Apparatur, В., 1927; Pollmann F., Extraktion, Ullm. Enz., 2 Aufl., В. 4; Badger W., Mc Cabe, Elemente der Chemie-Ingenieur-Technik, В., 1932.

ЭКСТРАПОЛИРОВАНИЕ данной таблицы, вычисление значений f -ин для аргументов, лежащих вне области, охватываемой таблицей Э. обычно выполняется по ф-ле Ньютона (для таблиц с равными интервалами аргумента):

$$y = y_k + \frac{u}{1} \Delta y_k + \frac{u(u-1)}{2!} \Delta^2 y_k + \frac{u(u-1)(u-2)}{3!} \Delta^3 y_k + \dots$$

Техника вычислений здесь та же, что и при интерполировании (см. *Вычисления приближенные*). Точность результатов Э. тем ниже, чем дальше от данной области лежит аргумент. В экстраполируемом интервале f -ия не должна иметь особых точек (см. *Кривые*).

П р и м е р. Вычислить $\lg 160$ и $\lg 250$, зная $\lg 100$ — $\lg 140$ через 10 единиц. Составляем таблицу:

x	y	Δy	$\Delta^2 y$	$\Delta^3 y$	$\Delta^4 y$
100	00000	04139			
110	04139	03779	-00360		
120	07918	03476	-00303	00057	
130	11394	03219	-00257	00046	-00011
140	14613				

Согласно ф-ле Ньютона

$$\begin{aligned} \lg 160 &= 2 + \frac{6}{1} \cdot 0,04139 - \frac{6 \cdot 5}{2!} \cdot 0,00360 + \\ &+ \frac{6 \cdot 5 \cdot 4}{3!} \cdot 0,00057 - \frac{6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3}{4!} \cdot 0,00011 = \\ &= \left| \begin{array}{l} 2,00000 \\ 0,24834 \\ 0,01140 \end{array} \right| - \left| \begin{array}{l} 0,05400 \\ 0,00165 \end{array} \right| = 2,20409: \end{aligned}$$

по таблицам $\lg 160 = 2,20412$;

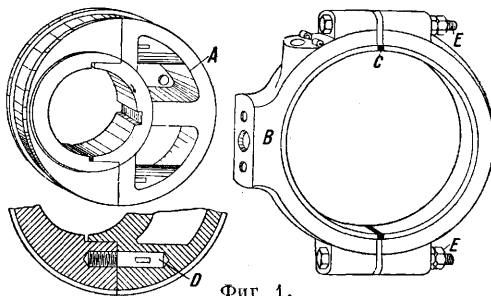
$$\begin{aligned} \lg 250 &= 2 + \frac{15}{1} \cdot 0,04139 - \frac{15 \cdot 14}{2!} \cdot 0,00360 + \\ &+ \frac{15 \cdot 14 \cdot 13}{3!} \cdot 0,00057 - \frac{15 \cdot 14 \cdot 13 \cdot 12}{4!} \cdot 0,00011 = \\ &= 2,62085 + 0,25935 - (0,37800 + 0,15015) = \\ &= 2,35205 \text{ вместо } 2,39794. \end{aligned}$$

Другие примеры для Э. могут дать таблицы натуральных тригонометрич. функций, таблицы квадратов чисел, таблицы расчета на прочность балок для разных нагрузок и т. п. При Э. могут применяться также ф-ла Лагранжа (см. *Практическая математика*) и ф-ла Тейлора с остаточным членом вида:

$$R_n = \frac{h^{n+1}}{(n+1)!} f^{(n+1)}(x + \theta h),$$

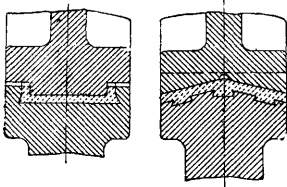
т. е. с остаточным членом в форме Лагранжа. *Лит.:* см. *Вычисления приближенные*. В. Никаноров.

ЭКЦЕНТРИК к р у г л ы й, часть механизма, служащего для преобразования непрерывного вращательного движения в поступательно-возвратное. В кинематическом отношении Э. тождествен с *кривошипом* (см.) или с коленчатым валом и получается из кривошипа при



увеличении цапфы кривошипа до таких размеров, что она включает в себя вал машин (метод «уширения цапф»). Э. применяется вместо кривошипа или коленчатого вала в тех случаях, когда радиус кривошипа и передаваемое им усилие малы. Главной областью применения Э. являются паровые машины, в к-рых он служит внешним парораспределительным органом (в золотниковых, клапанных и крановых парораспределениях, см. *Паровые машины*); Э. применяется также для приведения в движение поршня в небольших питательных насосах. Э. простейшего устройства изображен на фиг. 1. Внутренней частью его является обыкновенно разъемная шайба А, надеваемая на вал в любом месте. Шайба эта состоит из двух половин, соединенных между собой шпильками D и клиньями. Внутри шайбы сделана вырезка для шпонки, сидящей на валу; т. о. шайба эта получает вращение. общее с валом. Центр шайбы и центр вала не совпадают (отсюда название «эксцентрик»); расстояние между ними называется *э к с ц е н т р и с и т е т о м*; это расстояние кинемати-

чески соответствует радиусу кривошипа. На шайбу надевается бугель или хомут В, тоже состоящий из двух половин, стягиваемых болтами Е. Стягивание хомута регулируется толщиной прокладки С. К хомуту прикрепляется при помощи болтов эксцентриковая тяга; в малых машинах последняя часто отковывается за одно целое с хомутом; применяются также и другие способы закрепления. Хомут охватывает шайбу, на которой делаются прямоугольные выступы, как показано на фиг. 2. Иногда сечение хомута выполняют по двум конич. поверхностям, как показано на фиг. 3.



Фиг. 2.

Фиг. 3.

также и другие способы закрепления. Хомут охватывает шайбу, на которой делаются прямоугольные выступы, как показано на фиг. 2. Иногда сечение хомута выполняют по двум конич. поверхностям, как показано на фиг. 3.

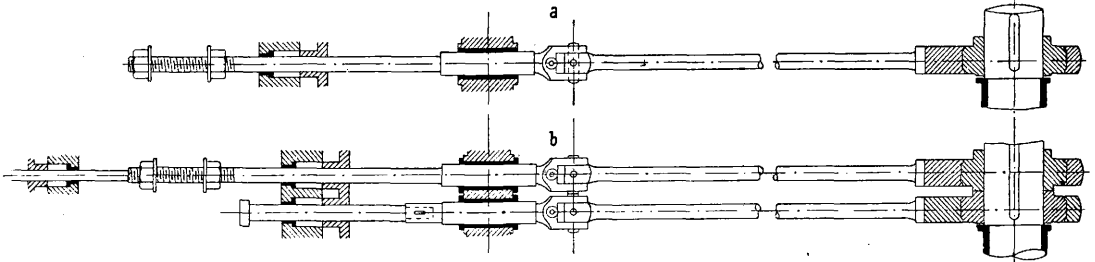
хомут, рассчитывают на растяжение по ф-ле

$$\sigma_z = \frac{P}{2 \frac{\pi}{4} s^2} \text{ кг/см}^2, \quad (4)$$

где s —диам. болта; σ_z допускаются до 300—400 кг/см². Поверхность шайбы проверяется по условию удаления тепла (см. *Цапфы и шты*). Для этого применяется ур-ие

$$b \geq \frac{Pn}{W},$$

где b —ширина хомута в см, n —число об/м., W —коэф., к-рый берется равным 10 000 для хомутов из литого железа, работающих по чугунным шайбам, и равным 20 000—для хомутов из литого железа с заливкой баббита, работающих по чугунным шайбам. Эксцентриковая тяга рассчитывается на продольный изгиб и проверяется на изгиб (появляющийся вследствие сил трения в шайбе и в цапфе,



Фиг. 4.

См. также *Паровые машины*, фиг. 29, на к-рой показан большой Э. с заливкой хомута баббитом. Полные эксцентриковые механизмы с золотниковыми эксцентриковыми тягами изображены на фиг. 4: а для простого и в для двойного золотника. Материалом для эксцентриковых шайб служит обыкновенно чугун, для хомутов—литое железо.

Расчет Э. Эксцентриковый хомут рассчитывается прежде всего на прочность. Полное усилие P , действующее на Э., складывается из силы трения золотника и силы инерции возвратно движущихся масс. Назвав L —расстояние между болтами, e —внутренний диам. хомута (фиг. 5), получим для плеча силы $\frac{P}{2}$, изгибающей хомут, выражение

$$x = \frac{L}{2} - \frac{e}{4}. \quad (1)$$

Момент сопротивления сечения хомута будет

$$W = \frac{bh^2}{6}. \quad (2)$$

Поэтому получим ур-ие

$$\frac{bh^2}{6} \sigma_b = \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{e}{4} \right). \quad (3)$$

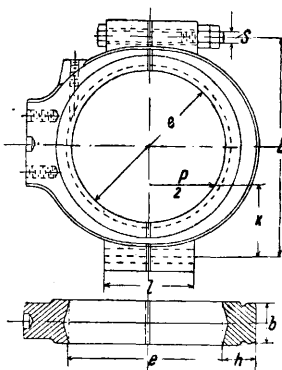
Для хомута, сделанного из литого железа, допускают σ_b до 300 кг/см². Болты, скрепляющие

соединяющей эксцентриковую шайбу с золотниковой тягой). Расчет на продольный изгиб:

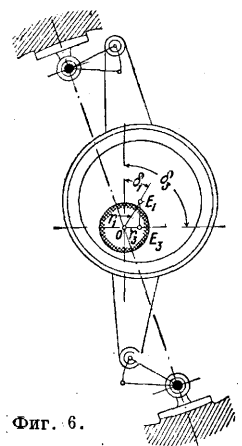
$$P = \frac{\pi^2 EI}{mL^2},$$

где E —модуль упругости ($= 2\,000\,000$ кг/см²), I —момент инерции сечения эксцентриковой тяги, m —коэф. безопасности, к-рый берется для паровых машин со скоростью поршня 1,5—2 м/сек равным 25, а при меньших скоростях—еще больше; для двигателей внутреннего сгорания $m = 20$ и для насосов $m = 40$ —60; L —расстояние между центром шайбы и центром цапфы, соединяющей эксцентриковую тягу; P —полное осевое усилие, действующее на Э. Расчет на растяжение (сжатие) и изгиб: сжатие $\sigma_z = \frac{P}{f}$ кг/см², где f —площадь поперечного сечения эксцентриковой тяги; изгибающий момент $M_b \max = \frac{Pule}{2L}$, μ —коэф. трения, e —наружный диам. шайбы Э., l —длина эксцентриковой тяги (от места прикрепления к Э. до центра цапфы, соединяющей эксцентриковую тягу с золотниковой).

Поворотные Э. В парораспределениях паровых машин, управляемых плоскими регуляторами (см. *Паровые машины*), элементы Э. должны быть переменными; поэтому Э. не д. б. закреплен на валу, а должен иметь возможность перемещаться, что достигается различ-



Фиг. 5.



Фиг. 6.

ным образом. Примеры таких Э. приведены в ст. *Паровые машины* (см.), фиг. 30 и 31, и на фиг. 6 (регулятор Штейна).

Равнодействующий Э. В парораспределениях с двумя золотниками (Мейера, Ридера) относительное движение верхнего золотника по нижнему происходит по тому же закону, как движение простого золотника по неподвижному зеркалу. Поэтому в теории парораспределений (см. *Паровые машины*) даются правила для отыскания элементов этого «относительного» Э., определяющего собой относительное движение верхнего золотника по нижнему. В выводах этих пренебрегают конечностью длины эксцентриксовой тяги, что вполне допустимо в виду малости отношения величины эксцентриситета к длине эксцентриксовой тяги. В этом предположении эксцентриситет относительного Э. и угол опережения его находятся построением параллелограмма на эксцентриситетах распределительного и расширительного золотников (аналогично построению равнодействующей двух сил, действующих под нек-рым углом на одну точку), см. Жирицкий Г. С. [2]. Таким же образом строится основная теория кулисных парораспределений (см. *Паровые машины*), действие к-рых тоже стремятся заменить действием воображаемого простого Э. Этот воображаемый Э. имеет переменные элементы в зависимости от положения кулисы. Этому воображаемому Э. дают различные названия: равнодействующего, результирующего, заменяющего Э. [5, 7, 8]. Теория некрутых и пространственных Э. дана Малышевым А. П. [9].

Лит.: 1) Вах К., Детали машин, их расчет и конструкция, пер. с нем., т. 2, Л.—М., 1930; 2) Жирицкий Г., Паровые машины, 5 изд., М.—Л., 1933; 3) Польгаузен А., Поршневые паровые машины, 3 изд., М., 1927; 4) Хедер Г., Паровые машины, пер. с нем., М., 1930; 5) Вауэр В., Судовые паровые машины, М.—Л., 1932; 6) Конструирование и расчеты (пер. с нем. Н. Хаедер, Konstruieren und Rechnen), т. 2, Л., 1929; 7) Кестнер Е., Динамика и парораспределение паровозов, М.—Л., 1931; 8) Брикке Ф., Золотниковое парораспределение, Л., 1928; 9) Малышев А., Кинематика механизмов, М.—Л., 1933.—Ните, Справочная книга для инженеров, 25 изд., Берлин, 1926; R ö t s c h e r F., Die Maschinenelemente, В. 1—2, В., 1927—29. А. Радиг.

ЭКСПЕСС, сферический избыток, ϵ , превышение суммы углов сферического тр-ка над 180° :

$$\epsilon = A + B + C - 180^\circ,$$

где A, B, C —углы сферич. тр-ка (см. *Тригонометрия*). Если известна площадь P сферич. тр-ка, то Э., выраженный в ск. дуги, найдется по ф-ле

$$\epsilon'' = \frac{P}{R^2 \sin^2 I''},$$

где R —радиус сферы.

Э. находит себе большое практич. применение в геодезии при решении тр-ков триангуляционной сети высших классов. Если длины сторон тр-ков меньше 10 км (триангуляция 3, 4 и 5 классов), то тр-ки могут считаться плоскими и Э. их не вычисляется. При длинах сторон, больших 10 км, уже приходится иметь дело со сферич. тр-ками. Решение сферич. тр-ков в практике СССР производится обычно по теореме Лежандра, устанавливающей, что сферич. тр-ки с малыми относительно радиуса шара сторонами можно с совершенно достаточной точностью вычислять как плоские; необходимо лишь все углы A, B, C данного сферич. тр-ка заменить приведенными плоскими углами A_1, B_1, C_1 по ф-ле:

$$A_1 = A - \frac{\epsilon''}{3}; B_1 = B - \frac{\epsilon''}{3}; C_1 = C - \frac{\epsilon''}{3};$$

причем при обычных размерах сторон 12—60 км (триангуляции 1 и 2 классов) величина Э. вычисляется по ф-ле

$$\epsilon'' = \frac{b \cdot c \cdot \sin A}{2R^2 \sin^2 I''},$$

где b и c —длины сторон измеренного сферич. угла A . При длинах сторон 60—250 км величина Э. вычисляется по ф-ле

$$\epsilon'' = \frac{b \cdot c \cdot \sin A_1}{2R^2 \sin^2 I''} \cdot \left(1 + \frac{m^2}{8R^2}\right),$$

где

$$m^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{3}.$$

При длинах сторон, больших 250 км, приходится иметь дело уже со сферич. тр-ками, и перевод углов и вычисление Э. производится по другим усложненным ф-лам. В триангуляции 1 и 2 классов Э. вычисляется по четырехзначным логарифмам, и величина $\frac{1}{2R^2 \sin^2 I''}$ берется по аргументу широты места из специальных геодезич. таблиц (Шарнгорста или Урмаева). Для равностороннего тр-ка Э. имеет следующие примерно величины (в ск. дуги): при длине стороны $b = 30$ км $\epsilon'' \approx 2''$, при $b = 60$ км $\epsilon'' \approx 8''$, при $b = 111$ км $\epsilon'' \approx 27''$.

Лит.: Красовский Ф., Высшая геодезия, ч. 2, Л., 1932; Урмаев Н., Руководство по обработке триангуляций, М., 1932; Филоненко А., Практическое руководство для производства триангуляции 3, 4 и 5 классов, вып. 1, М., 1927; Витковский В., Практическая геодезия, 2 изд., СПб, 1911; Цингер Н., Курс высшей геодезии, СПб, 1898; Лавров В., Сферическая тригонометрия, М., 1915; Дитц О., Сферическая тригонометрия, М., 1925. Н. Веселовский.

ЗЛАТЕРИТ, см. Дополнительный тон.

ЭЛЕВАТОР, термин, применяемый для многих подъемных установок, а также для сооружений, служащих для хранения сыпучих материалов (см. *Силосы*). К числу подъемных установок, встречающихся под термином Э. в качестве синонима, относятся: *нория* (см.), *самотаска* и т. д. Элеваторы как подъемные механизмы разделяются на ковшевые, ленточные, пневматические и подвесные. Принцип их действия описан в ст. *Подъемные машины* (см.). Разные комбинации элеваторов с заменой основных рабочих деталей типовых конструкций другими деталями широко применяются в разных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Ковшевые Э., применяемые в гидротехнич. деле, см. *Нория*, *Землечерпательные снаряды* и *Подъемные машины*. В мукомольном деле Э. известен более под термином *самотаска*. Эти Э. являются необходимой частью оборудования мукомольных мельниц. Для мучных самотасок применяют плоский ковш, изготовляемый в СССР из оцинкованного или белого железа, и для зерновых элеваторов—глубокий ковш из черного железа. Ковши делают со швами в фальц и с закладкой проволоки по краям ковша для жесткости. Прикрепляют ковши к бесконечной ленте самотаски и болтиками и разной конструкции. Общепринятые размеры шкивов мельничных самотасок и числа их об/м. приведены в таблице на ст. 375.

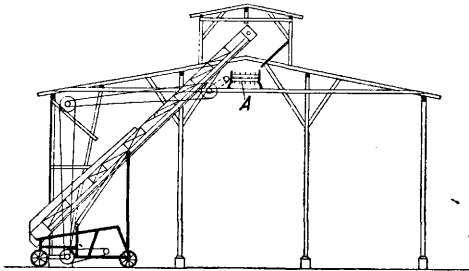
Производительность ординарной самотаски с размером шкива 400×165 мм 5—7 т зерна в час в зависимости от числа ковшей на 1 м пасса. Производительность при шкивах 500×200 мм 8—10 т зерна в час. Производительность на разные продукты помола уменьшается соответственно удельному весу. Элеваторы для зер-

Соотношение размеров шкивов и числа оборотов.

Конструкция	Диам. шкива, м	Число об/м.	Окруж. скор. шкива, м/сек
Бюлер (Швейцария)	0,400	71	1,48
	0,500	56	1,47
Бюлер и Бауман (Германия)	0,400	65	1,36
	0,500	55	1,45
Союзпродмашина	0,400	60	1,25
	0,500	60	1,57

новых силосов-зернохранилищ строят мощностью в 37,5; 75; 150; 500 т/ч.

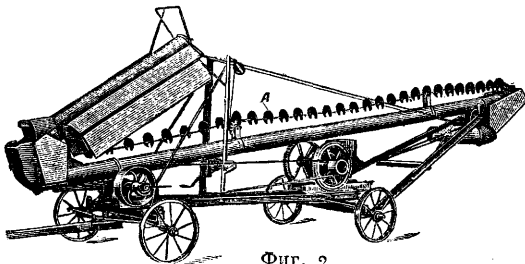
К разряду ковшевых Э. следует отнести Э. типа нории, в к-рых черпаки заменяют особыми острыми шипами (спицами). Такие Э. служат в с. х-ве для перегрузки снопов и охапок сена. Видоизменением того же типа служит элеватор для передачи снопов с места на воз по нагибаемой к нему стреле Э. Перевозные элеваторы типа нории могут ставиться и наклонно, благодаря чему могут быть легко и просто введены под кровли сараев. В больших складах,



Фиг. 1.

чтобы не переставлять податчик, обыкновенно пользуются добавочной горизонтальной передачей А вдоль верха сарая (фиг. 1). Элеваторы норийного типа имеют большое распространение в сельском хозяйстве; их применяют при нагрузке складов картофеля, свеклы, силосной резки и пр.

Ленточные Э. (см. *Подъемные машины*, фиг. 40 и 41) чаще называют ленточными транспортерами (см. *Конвейеры*). Эти Э. имеют чрезвычайно широкое применение в разных отраслях пром-сти. Видоизменением Э. ленточного

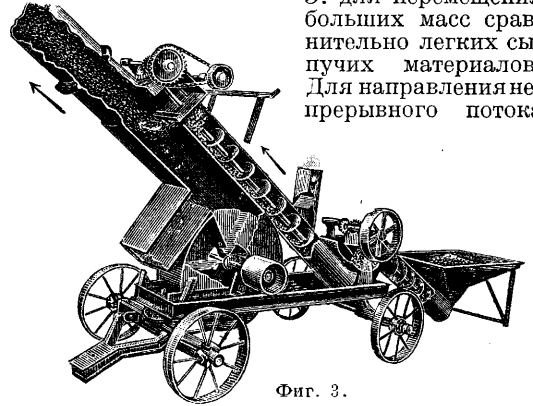


Фиг. 2.

типа служит Э., в к-ром прикреплены диски (гребки) А (фиг. 2) к бесконечной цепи, которая помещена внутри стальной трубы. Труба поддерживается в требуемом наклонном положении упорками. По концам трубы установлены два шкива, по к-рым и движется бесконечная цепь. Э. приводится в действие от небольшого индивидуального двигателя, укрепленного под трубой на раме колесного хода. Другим видоизменением ленточного Э. слу-

жит планковый Э., представляющий собой бесконечную ленту-цепь, к к-рой прикреплены на равном расстоянии друг от друга планки (поперечные набойки). Планковые Э. применяют для транспортировки мешков, тюков и пр.

В пневматических Э. используется энергия движущейся струи воздуха (воздушного потока). Применяют пневматические Э. для перемещения больших масс сравнительно легких сыпучих материалов. Для направления непрерывного потока



Фиг. 3.

перемешаемого продукта применяют металлич. трубы. Пневматич. Э. могут подаваться зерно, сено, силосная резка (см. *Силосная башня*, *Силосорезки*), солома, полова и снопы. При трубопроводе длиной до 60 м такой податчик может доставлять 8—9 т сена в час или 60—70 снопов в мин. При двигателе в 12—15 HP пневматич. Э. применяют также для разгрузки повозок и передачи зерна в помещение зернохранилища, для проветривания слежавшегося зерна, для подачи его на переработку на различные машины (дробилки, плющилки, мельничные поставы и пр.). Простейший тип пневматич. Э. представляет зерноэлеватор «Либерти», состоящий из вентилятора, в очко к-рого из приемника поступает зерно и выдувается по трубе потоком воздуха. Недостаток Э. этой системы заключается в том, что при поступлении зерна в вентилятор от ударов его крыла частично повреждаются зародыши зерна (и даже частично дробится зерно). Более усовершенствованный пневматич. Э. представляет собой машина «Nu Way» (США), применяемая для приема зерна от молотилки и передачи его в зернохранилище, для передачи из одного силоса-закрома в другой, для загрузки вагонов и пароходов. На фиг. 3 показано, что зерно поступает не в вентилятор, а за ним в трубу и уносится потоком воздуха по трубам. При данной конструкции Э. меньше риска повреждения зерна. Особенность всех пневматич. Э. в том, что одновременно с перемещением зерна оно проветривается и уничтожается запах затхлости, получаемый при долгом хранении зерна. Часто применяют пневматические элеваторы для охлаждения самонагревающегося сырого зерна. При пропускании его несколько раз через машину достигаются понижение температуры зерна и уменьшение его влажности.

Подвесные (канатные) Э. имеют широкое применение в горной и металлургич. пром-сти и строительном деле (см. *Подъемные машины*), в с. х-ве для подачи и распределения кормов, вывозки навоза, транспортировки молочных бидонов и пр. В канатных Э. для

транспортировки грузов применяют подвесные гележки, кошелки, грейферы (кошки) и слинги (сетки-вязанки). В с. х-ве применяют последние три типа. Подвесные кошелки служат для распределения кормов по скотным дворам и стойлам (и вывозки навоза). Воздушный путь лучше всего осуществляется при помощи металлических тросов, хотя встречаются установки и с воздушными рельсовыми путями.

Лит.: см. Конвейеры, Подъемные машины.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ТЕПЛОФИКАЦИЯ.

Электрификация (сокращенно далее обозначаемая через Э.), перевод хозяйства страны (в том числе земледелия и транспорта) на техническую базу современной крупной машиностроительной промышленности на основе применения электрической энергии.

Теплофикация, централизованное снабжение теплом на расстояние на базе комбинированной выработки тепла и электрической энергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). В условиях социалистического хозяйства СССР экономические преимущества теплофикации реализуются более полно по сравнению с капиталистическими государствами.

Электрификация отдельных промышленных предприятий, начавшая интенсивно развиваться в конце 19 и в начале 20 вв. во всем мире, заключалась в замене механического (в большинстве случаев парового) привода электрическим. При этом являлась возможность избежать установки громоздких трансмиссий и других передаточных устройств, сконцентрировать разбросанные прежде по всей территории промышленного предприятия первичные двигатели в одну крупную установку машин большой мощности, сделать работу отдельных станков независимой друг от друга, подобрать двигатели, наиболее удобные для данного рода обрабатывающих машин и т. п. Все эти мероприятия имели своим прямым следствием экономии в расходовании топлива, улучшение обслуживания первичных двигателей и повышение качества привода. Электродвигатель начал как бы расти в обрабатывающие машины, становясь необходимой и незаменимой частью их. Он придал им чрезвычайно простое регулирование скорости в любых пределах, простоту реверсирования, возможность весьма плавного пуска и остановки, возможность дистанционного управления, автоматизации и т. п. Но если в предприятиях, требующих механич. привода, Э. лишь усовершенствовала этот привод, то целый ряд новых производств, основанных на электролитич. и электрохимич. процессах, стал возможен только вследствие Э. промышленных предприятий. Сюда относятся производство алюминия, производство синтетич. аммиака и т. п. На основе Э. получили сильное развитие производства, основанные на высоких t° (и в первую очередь электрометаллургия), появились всякого рода электропечи, в том числе печи для плавления высокосортных примесей стали (ферросплавов), в которых плавка на коксе могла бы изменить химич. состав шихты. Одно из достоинств электропечей заключается в том, что они не боятся «козлов», т. е. в случае прекращения процесса плавки и застывания содержимого печи «козел» м. б. легко расплавлен вновь последующим включением. К Э. промышленных предприятий относится также Э. внутризаводского транспорта при помощи аккумуляторных тележек, кранов и вагонов, а так-

же контактных поездов и кранов, питаемых от троллейных проводов. В особенности актуален электрифицированный внутризаводской транспорт в предприятиях, где малые габариты, огнеопасность и необходимость экономить кислород исключают применение паровозов, напр. в угольных шахтах. Параллельно с Э. производственных процессов развивается электрич. освещение, толчок к которому был дан открытием Яблочкова и Ладыгина, а всеобщая универсальность применения — конструкциями Т. А. Эдисона. Э. освещения, переконная Э. промышленных предприятий, захватывает крупнейшие города мира.

Развитие электротехники в 20 в. создало новые предпосылки для развития Э. и для перевода ее на следующую ступень — от Э. отдельных промышленных предприятий к охвату городов, районов и областей. Сюда относятся в первую очередь трансформирование электроэнергии и создание высоких напряжений, значительно увеличившее радиус действия энергоцентралей. Это позволило увеличивать мощность отдельных агрегатов и тем самым повышать экономичность их работы. Открытие и усовершенствование трехфазного переменного тока чрезвычайно упростили конструкцию электродвигателей, создавая надежный и дешевый привод. Параллельно с этим успехи машиностроительной техники и в особенности появление паровых турбин промышленного типа стимулировали постройку первичных двигателей большой мощности, и электростанции э-дов и городов стали перерастать в электроцентрали районного значения. Вследствие развития техники высокие напряжения стали доступными для использования природные энергетич. ресурсы, расположенные на большом расстоянии от центров потребления электроэнергии. Импералистич. война, отрезав ряд европ. стран от их колоний и разрушив европ. угольные базы, одновременно с этим чрезвычайно увеличила потребление энергии на производствах, так или иначе связанных с ведением войны. Возникла необходимость экономить высококалорийное топливо (нефть, уголь) для металлургич. и химич. производств, морского и воздушного флотов и т. п., а потому внимание энергетиков обратилось на водные ресурсы и низкокалорийное топливо (бурые угли, торф, сланцы), к-рое, не выдерживая конкуренции с углем при перевозке на большие расстояния, а также в металлургич. процессах, дало хороший результат при сжигании его на месте добывания под котлами электростанций. Особенно большие успехи по использованию низкосортного топлива были за время войны достигнуты в Германии. Необходимость экономить энергетич. ресурсы поставила со всей остротой вопрос об увеличении использования отдельных машин и снижении коэф-та резерва. Отсюда наряду с мерами к искусственному уплотнению графика нагрузки (введение двухсменных и трехсменных работ и перевод часовой стрелки) появилась потребность в «кустовании» электростанций, т. е. в объединении их в одну общую сеть. Кроме уменьшения общего для такой кустованной сети резерва мощности это позволило в различные часы суток включать в работу наиболее подходящее к требованиям нагрузки количество машин соответствующей мощности, тем самым увеличивая их использование. Осуществляемая в процессе кустования отдельных электростанций параллельная работа паровых стан-

ций с гидравлическими обнаружила новые преимущества их объединения, а именно большую гибкость при регулировании мощностей и выработки энергии в течение суток и частей года и более полное использование энергии водотока. Вследствие появления всех этих предпосылок уже во время войны возникают районные электроцентралы, отстоящие иногда на сравнительно больших расстояниях от мест потребления энергии, базирующиеся как правило на низкосортном или местном топливе или на водной энергии и снабжающие не отдельные промышленные предприятия, а целые города и районы. Возникает также районная сеть электропередачи высокого напряжения, соединяющая районные электростанции с потребителем энергии и объединяющая ряд заводских и коммунальных электростанций района.

В предвоенный период и во время империалистич. войны Э. в России развивалась теми же путями, что и за границей, но, как и все остальные отрасли народного хозяйства, с большим отставанием. Развиваясь от замены механич. привода электрическим к Э. отдельных промышленных предприятий с собственными электростанциями и к кустованию мелких установок объединяющей их сетью, Э. царской России имела своей основой частный капитал, гл. образом иностранный. Конкуренция отдельных предприятий придавала Э. часто совершенно уродливые формы; так, из 4 электростанций Петрограда каждая имела собственную систему тока, исключавшую возможность их объединения: станция об-ва 1886 г. (ныне I ГЭС)—трехфазный ток 50 Hz, станция «Гелиос» (ныне II ГЭС)—однофазный ток 50 Hz, станция бельгийского об-ва (ныне III ГЭС)—однофазный ток 43 Hz и трамвайная (ныне IV ГЭС)—трехфазный ток 25 Hz. Стремясь к максимальной прибыли и к быстрейшему возвращению затраченного капитала, предприниматели игнорировали местные низкосортные виды топлива и водные ресурсы, поэтому количество гидростанций, построенных до революции, было ничтожно; в их числе следует упомянуть «Белый уголь» на р. Подкумок (близ Кисловодска) и гидростанцию Садонских рудников Алагирского з-да на р. Цейдон (по Военно-Осетинской дороге). Электроснабжение Петрограда базировалось целиком на привозном англ. угле, а электроснабжение Москвы—гл. обр. на нефти. Лишь в разгар империалистич. войны, когда закрытие границ, потеря Домбровского угольного бассейна и разруха ж.-д. транспорта отрезали крупные промышленные центры от их топливной базы, были сделаны первые робкие попытки использования торфа. Были составлены проекты—в Петрограде электростанции «Уткина Заводь» (ныне «Красный Октябрь»), а в Москве «Электропередача» (ныне Богородская ГРЭС им. Классона), не получившие однако до революции своего полного развертывания. Равным образом не увенчались успехом и попытки использовать энергию водопада Имата (на р. Вуоксе в Финляндии) несмотря на несомненную выгоду этого предприятия. В отношении кустования мелких электростанций некоторые успехи были достигнуты в Москве, где к концу войны были объединены общей сетью электростанции гл. обр. текстильных ф-к. Представление об электрохозяйстве царской России дает табл. 1.

В период, последовавший непосредственно за войной, электрификация в зарубежных стра-

Табл. 1.—Электрохозяйство царской России в 1916 г.

Род станций	Число станций	Устан. мощность в тыс. kW	Средняя мощность одной станции в kW	Выработка энергии в млн. kW
Общего пользования 5 000 kW и более	9	168	18 600	—
Менее 5 000 kW	241	332	1 300	—
По станциям общего пользов.	250	500	2 000	1 000
Фабр.-зав. станции	6 000	1 500	250	3 000
По всем станц.	6 250	2 000	320	4 000

нах получила дальнейшее развитие. Этому обстоятельству в значительной степени содействовали дешевая рабочая сила и имевшая место в большинстве стран инфляция. Мировой электробаланс, составивший до войны 35—40 млрд. kWh, возрос до 187 млрд. kWh в 1925 г. и до 284 млрд. kWh в 1929 г. Особенно сильное развитие он получил в США и Германии, где был создан ряд крупнейших электроцентралей (табл. 2 и 3).

Табл. 2.—Развитие электрификации в США.

Характеристики	1900	1910	1920	1929
Мощн. стационарных установок, млн. HP	19	38	56	79
Электробаланс, млрд. kWh	—	—	82	117

Табл. 3.—Развитие электрификации в Германии.

Характеристики	1913	1925	1929
Мощность всех электростанций, млн. kW	3,6	8,7	12,4
Электробаланс, млрд. kWh	7	20,3	30,7

Пытаясь развитием Э. достичь улучшения народного хозяйства в целом, что разумеется весьма подтапливалось успешным опытом СССР, правительства капиталистич. стран создавали государственные органы, ведающие ею; в некоторых странах были созданы даже министерства Э. (Италия, Англия; в последней были созданы «комиссары» по Э.). К началу мирового экономич. кризиса Э. получила весьма сильное развитие в целом ряде капиталистич. стран. Так, в США в 1930 г. существовало 1 575 энергосистем, объединяющих 3 837 станций с общей установленной мощностью 32 млн. kW и годовой выработкой энергии 90 млрд. kWh. В Германии, занимавшей первое место в Европе, суммарный энергобаланс составлял 30,7 млрд. kWh. Табл. 4 дает представление о четырех крупнейших в мире энергосистемах США. Крупнейшие в мире тепловые электростанции имеют следующие мощности: станция Хелл-Гейт—610 MW, станция Гудзон-Авеню—770 MW, станция Ист-Ривер—1 000 MW. Крупнейшие гидростанции: Коновингтон—598 тыс. HP, Моск Шолле—600 тыс. HP, Квинстон—525 тыс. HP. Четыре крупнейших энергосистемы Германии даны в табл. 5.

Табл. 4. — Крупнейшие энергосистемы США.

Название энергосистемы	Колич. гидростанц	Общ. устан. мощность, млн. кВт	Колич. тепловых станц.	Общ. устан. мощность, млн. кВт	Общая выработка, млрд. кВтч
Ниагара-Гудзон	23	1,04	6	0,5	5,7
Нью Йорк	—	—	8	2,36	4,98
Common Wealth Edison	—	—	5	1,10	3,20
Тихоокеанская (Pacific Gas Electric)	48	808	15	0,315	3,70

Из сравнения их с американскими видно, что хотя Германия и значительно отставала от США,

Табл. 5. — Крупнейшие энергосистемы Германии.

Название электросистемы	Установл. мощность, тыс. кВт	Электробаланс, млн. кВтч	В том числе произв. на собств. станциях, млн. кВтч	Уд. в. (в %) системы в производ. энергии	
				*1	*2
Рейнско-Вестфальская	770	2 628	—	16,2	8,5
Электроверке	736	2 332	2 332	14,4	7,6
Берлинская (БЕВАГ)	644	1 460	1 118	7,2	3,9
Саксонская	398	1 118	914	5,6	3,0

*1 Станции общего пользования. *2 Все станции страны.

тем не менее абсолютные цифры ее развития были достаточно велики. Особенно показательны герм. данные по использованию бурого угля (в млн. т): в 1900 г.—48,0; в 1910 г.—76,9; в 1929 г.—153,0.

Говоря об успехах капиталистич. Э., необходимо упомянуть о таких гигантских электрообъединениях, как 220-kV сеть Пенсильванской, Филадельфийской и Public Service компаний. Весьма больших успехов достигло диспетчерское управление такими крупными системами, неразрывно связанное с телемеханикой и автоматизацией. Рост электрич. сетей является весьма характерным для америк. Э. Ежегодные капиталовложения в линии передачи высоких напряжений в США увеличились с 119 млн. долл. в 1921 г. до 570 млн. долл. в 1930 г. Значительно возрос средний кпд установок. Удельный расход топлива с 1,4 кг/кВтч в 1920 г. упал до 0,68 кг/кВтч в 1931 г. Рекордный удельный расход был 0,4 кг/кВтч. Энерговооруженность (на одного рабочего) выросла в 1919—1929 гг. в добывающей промышленности с 3,3 HP до 4,9 HP, а в обрабатывающей с 6,8 HP до 9,3 HP. Данные Германии, уступая в общем американским, являются по абсолютной величине весьма высокими. Так, станция Клингенберг имеет мощность 270 MW, станция Вест—120 MW с запроектированным расширением до 240 MW, станция Шарлоттенбург—104 MW. Средний кпд крупных электростанций со времени войны вырос приблизительно вдвое. Средний удельный расход топлива за тот же период снижен с 1,1 кг/кВтч до 0,56 кг/кВтч. Примеры США и Германии являются наиболее характерными для развития капиталистич. Э. в послевоенный период. Остальные страны имеют зна-

чительно более низкие показатели, хотя их успехи также очень велики. В особенности следует упомянуть об Италии, сильно развившей свою электротехнич. пром-сть, Японии, Канаде. Следует упомянуть также о создании единой высоковольтной сети Англии. Значительные также успехи в области электрификации ж.-д. транспорта. Длина электрифицированных дорог Германии увеличивалась сл. обр. (в км):

1913	1919	1925	1926	1927	1928	1929
160	300	950	1 066	1 228	1 515	1 558

Протяженность электрифицированных линий на 1 января 1930 г. в главнейших странах видна из табл. 6.

Табл. 6. — Протяженность электрифицированных линий.

Страны	км	% к общей протяженности	Страны	км	% к общей протяженности
США	3 833	0,98	Швеция	1 189	7,6
Швейцария	3 418	62,3	Франция	1 197	2,8
Япония	3 097	16,1	Англия	915	2,8
Германия	1 558	2,9	Австрия	779	13,4
Италия	1 710	10,3	Испания	274	1,7

Особенно успешно внедряется электрич. тяга в пригородное движение. Большая часть европ. столиц перешла на полную Э.

Несмотря на эти успехи развитие Э. капиталистич. стран имело весьма существенные, если можно так выразиться, органич. дефекты. Сюда относится, во-первых, большая неравномерность развития. Наряду с крупнейшими электрообъединениями и турбогенераторами мощностью 160 MW продолжают существовать и строятся мелкие полукустарные предприятия, к-рые стремятся к независимому существованию. Во-вторых, имеет место разрыв между потенциальными возможностями энергосистем и фактическим их использованием. Рядом исследований было показано, что рабочие мощности растут значительно быстрее фактич. нагрузок, а установленная мощность станции растет еще быстрее. В результате непроизводительный резерв ложится тяжелым накладным расходом на электроснабжение. В лучшие годы развития капитализма перед началом мирового кризиса средний коэф. использования в отдельных капиталистич. странах имел следующие значения: Англия и Франция 1 800 ч., Германия 2 200 ч., Италия и Бельгия 2 500 ч., США и Япония 3 000 ч. В-третьих, идея Э., в существе своем предполагающая плановое хозяйство как в части производства, так и в части распределения и потребления энергии, не могла рано или поздно не вступить в конфликт со всем строем частного хозяйства. Действительно в период бурного развития электрификации в различных странах делались попытки подвести под нее плановую базу. К таким попыткам относится клингенбергский план централизованного электроснабжения Пруссии, план Э. Германии, составленный проф. О. Миллером, всевозможные прогнозы различных америк. авторов, пытающихся предсказать ожидаемое потребление энергии на год и ряд лет вперед, и т. п. Общие для всех этих попыток свойства: 1) принципом построения такого плана является экстраполяция предыдущих периодов, к-рая часто обманывает их авторов; 2) единственным критерием

для намечаемого развития является стремление к извлечению возможно больших прибылей без какого-либо учета общих народнохозяйственных интересов; 3) планирование касается только какой-либо одной части энергохозяйства (в большинстве случаев только станций общего пользования, без учета фабрично-заводских станций, теплоцентралей и пр.). Среди ряда возникших до мирового кризиса планов объединения сетей весьма интересными с технич. точки зрения и показательными для буржуазного планирования являются планы паневропейской единой высоковольтной сети по проектам Вьеля, Шёнгольца и Оливена. Имея по существу вполне правильные предпосылки о выравнивании электробаланса отдельных стран, объединении резервов, использовании максимума из-за географич. причин и т. п. и весьма остроумные решения отдельных технич. затруднений, все они строились без какого-либо серьезного энерго-экономич. обоснования. Каждый из этих планов является социальным заказом соответствующей капиталистич. группировки и потому в первую очередь отражал интересы этой группировки. При этом Вьель, соединяя между собой все страны Европы, заканчивал сеть на границе СССР, Оливен захватывал кроме того ДнепрогЭС и Ростов, а Шёнгольцер—даже Ленинград, Москву и Харьков. Все три плана вполне подтверждали прогноз Ленина: «...современная передовая техника настоятельно требует электрификации всей страны и ряда соседних стран по одному плану... такая работа вполне осуществима в настоящее время. Но ... пока остаются капитализм и частная собственность на средства производства, электрификация целой страны и ряда стран, во-первых, не может быть быстрой и планомерной; во-вторых, не может быть произведена в пользу рабочих и крестьян. При капитализме Э. неминуемо поведет к усилению гнета крупных банков и над рабочим классом и над крестьянами... При сохранении власти капиталистов неизбежно, что электрификация не будет планомерной и быстрой, а поскольку она вообще будет, она будет новой кабалой для крестьян, обрабатываемых финансовой олигархией» (Л е н и н, Сочинения, 3 изд., т. 27, стр. 106).

Все внутренние противоречия капиталистич. Э. со всей силой сказались при наступлении мирового экономич. кризиса. Начавшись в конце 1929 г., он с разной скоростью охватил все страны, прогрессируя от года к году. Весьма резко его влияние сказалось на выработке электроэнергии. Так, электробаланс США сократился в 1930 г. на 3 млрд. kWh, в 1931 на 5,1, а в 1932 на 13,9 млрд. kWh. При этом особенно пострадали крупные электроцентралы, для к-рых сокращение выработки в 1932 г. оказалось равным 15%. Еще более резко кризис ударил по Германии. Снижение выработки началось в 1930 г., причем последние месяцы дали ок. 15% снижения по сравнению с тем же периодом 1929 г. Дополнительное снижение на 13% дал 1931 г., а в 1932 г.—15% от данных 1931 г., или 25% от данных 1930 г. Так же чувствительно уменьшился прирост новой мощности для США, он составил 2,4 млн. kW в 1930 г., 970 MW в 1931 г. и всего 490 MW в 1932 г. Нек-рые объединения Германии в 1931 г. дали даже снижение установленной мощности, т. к. нового прироста не было или он был в ничтожном количестве, а наряду с этим кончились сроки амортизации и вышли из строя старые машины.

Обострившаяся под влиянием кризиса конкуренция отдельных видов пром-сти повлекла за собой общее снижение темпа развития техники. Так, в Англии против Э. ж. д. стали решительно возражать угольные компании, опасаясь сокращения потребления топлива. На этом же основании ими был отвергнут проект строительства крупных электростанций на штыбе и других топливных отбросах. Параллельно с переходом к низким давлениям пара в котлах появилось стремление к уменьшению концентрации мощностей. Характерно, что делались попытки научно обосновать это явное отступление разговорами о будто бы существующем оптимуме концентрации мощности. Резкой критике подверглись проекты объединенного снабжения отдельных стран и в особенности паневроп. сетей. Вместо этого был выдвинут тезис о самостоятельности и независимости энергохозяйства в национальном и даже областном масштабе. Чрезвычайно обострились проблемы тарифов и сбыта энергии. Этого краткого обзора достаточно, чтобы понять, что в капиталистич. странах в начале кризиса Э. пошла на убыль.

Послевоенные годы (1919—20), давшие значительный подъем Э. за границей, были годами наибольшего ее упадка в СССР. Последовавшие вслед за революцией гражданская война и интервенция отрезали все топливные базы, разрушили существующие электростанции и лишь героическими усилиями рабочего класса удалось поддержать на минимальном уровне электроснабжение Москвы и Петрограда. Прирост мощности (главным образом мелких местных электростанций) не превышал 10 MW в год. С первых же месяцев после Октябрьской революции В. И. Ленин поставил вопрос о восстановлении пром-сти, связав это восстановление с Э. страны. Один из тезисов его знаменательного письма Академии наук в 1918 г. по поводу составления плана восстановления народного хозяйства гласил: «...обращение особого внимания на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию. Использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевозку горючего. Водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию» (Л е н и н, Сочинения, т. 22, 2 изд., стр. 434). Ленин предвидел, что для догона передовых индустриальных стран, без чего невозможно построение социализма, восстановление пром-сти с первых же шагов должно базироваться на самых совершенных формах, т. е. на базе Э. Электрич. энергия является самой универсальной, легко превращаемой во всякий другой вид энергии и к тому же легко передаваемой на большие расстояния. Лишь на этой базе возможен максимально эффективный баланс технологич. преобразований вещества и энергии. План ГОЭЛРО формулировал эту мысль сл. обр.: «Составить план народного хозяйства России на электрич. основе конечно невозможно, не отдавая себе более или менее ясного отчета о перспективах этого хозяйства в целом. Более того, составить план электрификации России—это означает дать красную руководящую нить для всей созидательной хозяйственной деятельности, построить основные леса для реализации единого государственного плана народного хозяйства». В докладе комиссии ГОЭЛРО VIII Съезду Советов значение Э. для

восстановления народного хозяйства сформулировано первыми двумя тезисами доклада.

«1) Единственный путь для выхода из хозяйственной разлухи—подъем в возможно более короткий срок производительности народного труда с расходом минимума трудовых единиц и материальных ресурсов страны. Такой результат может получиться при одновременной работе в трех направлениях: а) подъем напряженности труда (интенсификация), б) увеличение участия в трудовом процессе механических двигателей и приспособлений (механизация), в) общее упорядочение, взаимная согласованность и соответствие с современными требованиями научной техники как самих операций труда, так и использования его продуктов и отходов производства (рационализация). 2) Анализ показывает, что наиболее надежным орудием для интенсификации, механизации и рационализации труда является Э. народного хозяйства страны. Поэтому Э. и должна явиться основной идеей нашего строительства». Еще более резко формулировал роль Э. сам В. И. Ленин: «Единственной материальной основой социализма может быть крупная промышленность, способная реорганизовать и земледелие... Соответствующая уровню новейшей техники, способная реорганизовать земледелие крупная промышленность есть электрификация всей страны». «Под электрификацией страны,—говорит Сталин,—Ленин понимает не изолированное построение отдельных электростанций, а постепенный „перевод хозяйства страны, в том числе и земледелия на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства“, связанного так или иначе прямо или косвенно с делом электрификации». Отсюда понятен боевой лозунг Ленина, ставший достоянием широчайших масс трудящихся: «Коммунизм—это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

В марте 1920 г., в разгар всеобщей разлухи народного хозяйства, была создана Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО) под председательством Г. М. Кржижановского в составе лучших специалистов по энергетике и смежным с ней областям, работавшая под зорким наблюдением В. И. Ленина. Начав с анализа довоенной экономики России и учета возможностей отечественных з-дов, с необходимыми поправками, взятыми из опыта наиболее передовых капиталистических стран, Комиссия в результате своих работ развернула широкий план восстановления всего народного хозяйства, рассчитанный на 10—15 лет. Основные положения плана ГОЭЛРО в части строительства электростанций и сети сводились к следующему. 1) Использование гидравлических ресурсов страны в качестве основной энергетической базы тех районов, где они имеются. 2) Широкое использование низкосортного топлива (торф, бурый уголь) путем строительства электростанций непосредственно на месте залегания этого топлива. Для центральных и северных областей, бедных водными ресурсами, низкосортное топливо должно стать основной энергетической базой. 3) В районах, богатых высокосортным топливом, и в районах крупной металлургии Э. должна базироваться на производственных отходах и отбросах этого топлива (штыб, коксин, доменные и коксовые газы). 4) Э. должна развиваться гл. обр. по пути строительства районных станций большой мощности, позволяющих использовать крупнейшие агрегаты, но парал-

лельно с ними должны расширяться и строиться вновь заводские электроцентралы, в которых выработка электроэнергии объединяется с технологич. использованием пара, а также мелкие станции местного значения для Э. сел и деревень. 5) Электрич. станции должны объединяться линиями передачи высокого напряжения, позволяющими уменьшать общую резервную мощность и наилучшим образом использовать машины. 6) Одновременно с строительством электростанций д. б. начата планомерная Э. ж.-д. транспорта для полного его восстановления на новой базе. 7) Особое внимание д. б. уделено Э. сельского хозяйства как путем создания мелких с.-х. электростанций, так и гл. обр. путем охвата с.-х. районов сетями крупных районных централей. Как видно из изложенного, план ГОЭЛРО не только учел весь опыт капиталистич. Э., но и дал принципиально новую установку, невозможную для капитализма, а именно—развитие всего народного хозяйства по единому перспективному плану и тесная увязка этого развития с планом электрификации. Из подсобных цехов отдельных промышленных предприятий электростанции вырастают в ведущее звено всего народного хозяйства.

Детальная проработка плана велась и по следующим районам: 1) Северный, включая Ленинград, Олонецко-Мурманскую, Архангельско-Вологодскую, Новгородскую, Псковскую и Витебскую области. 2) Центрально-Промышленный, включая Москву, Тверь, Ярославль, Кострому, Нижний-Новгород, Владимир, Пензу, Рязань, Тулу, Калугу, Орел, Смоленск, Минск, Могилев, Курск, Тамбов, Гомель и Иваново-Вознесенск. 3) Южный, включая Воронеж, Харьков, Полтаву, Чернигов, Подольск, Волинь, Херсон, Екатеринослав, Крым и Область Войска Донского. 4) Приволжский, включая Казань, Симбирск, Самару, Саратов и Астрахань. 5) Уральский, включая Вятку, Пермь, Уфу, Оренбург и войсковую часть Уральской области. 6) Кавказ, включая Черноморский район, Кубань, Терский, Дагестано-Каспийский, Куринский, Араксинский. 7) Западная Сибирь, включая губернии Тобольскую, Томскую, Алтайскую и области Акмолинскую, Семипалатинскую и Тургайскую. На востоке пределы района были раздвинуты до Енисея. 8) Туркестанский, включая 5 бывших русских областей: Закаспийскую, Самаркандскую, Ферганскую, Сыр-Дарьинскую и Семиреченскую. Интересно отметить, что первые же попытки планирования народного хозяйства потребовали расширенного толкования административно-хозяйственных областей и подобно тому, как план ГОЭЛРО лег в основу построения всех дальнейших планов, районы, намеченные ГОЭЛРО, послужили основанием для последующего районирования Союза. Каждый из этих укрупненных районов был обследован с точки зрения имеющихся природных богатств, были намечены наиболее целесообразные для каждого района производства и в результате получены программы «А» и «Б» первой и второй очереди сооружаемых электростанций и сетей, а также линий электрифицируемого ж.-д. и водного транспорта. Всего было намечено в первую очередь 30 новых районных электроцентралей с общей рабочей мощностью 1 425 MW и с общей установленной мощностью 1 750 MW. Из них в программу «А» вошло 1 500 MW установленной мощности. Полная

первоочередная программа предусматривала сооружение 10 гидростанций с общей установленной мощностью 535 MW, или 31%, и 20 новых с общей мощностью 890 MW, или 69% от полной. Последние, с девятью уже существовавшими станциями, дали следующее распределение их по топливу (табл. 7).

Табл. 7 — Топливная база районных ГЭС по плану ГОЭЛРО.

Топливо	Число станций	Мощность в MW	%
Уголь	10	620	52
Торф	5	190	16
Штыб	2	40	3,5
Нефть, мазут, газ	4	120	10
Смешанное	8	220	18,5
Всего	29	1 190	100

По отдельным районам это давало следующую картину (табл. 8). Кроме станций план преду-

Табл. 8.—Сводка данных по электрификации России (1-й очереди).

Общие данные	Северный район	Центр.-промышл. район	Южный район	Волжский район	Уральский район	Кавказский район	Сибирь, Туркестан	Всего
Паровые станции	1	6	4	3	3	2	1	20
Гидравлич. станции	3	—	1	—	1	3	2	10
Рабочая мощность паров. ст., kW	30 000	280 000	280 000	100 000	140 000	20 000	40 000	890 000
Рабочая мощность гидроэлектрич. ст., kW	130 000	—	200 000	—	25 000	100 000	80 000	535 000
Установленная мощность паров. ст., kW	40 000	360 000	330 000	120 000	180 000	30 000	50 000	1 110 000
Установленная мощность гидроэлектрич. ст., kW	155 000	—	230 000	—	30 000	125 000	100 000	640 000

сматривал в первую очередь постройку до 7 000 км линий передачи 110 kV и до 8 700 км линий передачи 35 kV. В части Э. жел. дор. было намечено в первую очередь 610 км пригородных путей, 2 500 км магистральных линий и 340 км подъездных путей и веток. 22 декабря 1920 г., т. е. через 9 месяцев с начала работ Комиссии, план ГОЭЛРО был доложен VIII Всероссийскому Съезду Советов и принят Съездом в качестве генерального плана восстановления и развития народного хозяйства. В резолюции, принятой Съездом, отмечено, что Съезд «одобряет работу ВСНХ... и в частности Комиссии, разработавшей план электрификации России... Съезд видит в этом плане первый шаг грандиозного экономич. начинания. Съезд поручает ВЦИК закончить разработку плана и его утверждение в кратчайший срок... Съезд требует чтобы были приняты все меры, чтобы насколько возможно широко популяризировать план во всей стране». В своем историч. письме В. И. Ленину о плане ГОЭЛРО т. Сталин писал: «Превосходная, хорошо составленная книга. Мастерской набросок действительно единого и действительно государственного плана без кавычек». Для мобилизации инженерно-технической общественности вокруг плана ГОЭЛРО он был рассмотрен VIII Всероссийским съездом электротехников и окончательно утвержден IX Всероссийским Съездом Советов 28 декабря 1921 г. С этого времени начинается его осуществление. Комиссия ГОЭЛРО была преобразована в Государственную комиссию по планированию народного хозяйства—Госплан—с назначением даль-

нейшего учета и планирования всего народного хозяйства Республики.

Осуществление плана ГОЭЛРО и дальнейшее развитие Э. Союза разбивается на следующие 3 этапа: 1) восстановительный и реконструктивный периоды с 1922 по 1929 г.; 2) первая пятилетка с 1929 по 1932 г.; 3) вторая пятилетка, связанная с расширенными задачами. Восстановительный период характеризуется восстановлением основного капитала, доставшегося в наследство от царской России. Не имея своей машиностроительной базы и не имея регулярных дипломатич. отношений с заграницей, невозможно было быстро развивать Э. Тем не менее в этот период, наравне с восстановлением существующих электростанций, были заложены первичные ячейки новых районных центральных: Шатурская временная ГРЭС собиралась из судовых котлов, снятых с разоруженных миноносцев, Каширская ГРЭС дала первые 5 000 kW Москве, началось строительство «Красного Октября» в Ленинграде и наконец форсированным темпом строился перве-

нец советской Э.—Волховстрой. Табл. 9 и вкл. л., 1 дают представление о динамике Табл. 9.—Динамика установленной мощности на электростанциях СССР (в MW на конец года).

Годы	Районные	Фабрично-заводские	Местные	Прочие	Всего
1913	177	750	151	20	1 093
1925	367	756	210	70	1 397
1926	456	815	235	80	1 586
1927	525	843	245	85	1 698
1928	626	913	279	87	1 905
1929	938	956	321	91	2 306
1930	1 419	1 034	340	90	2 883
1931	2 376	1 166	323	102	3 967
1932	2 998	1 246	244	112	4 590
1933	3 666	1 292	283	119	5 360

установленной мощности на электростанциях СССР. Табл. 10 и вкл. л., 2 дают представление Табл. 10.—Производство электрич. энергии на электростанциях СССР (в млн. kWh).

Годы	Районные	Фабрично-заводские	Местные	Прочие	Всего
1913	431	1 255	259	—	1 945
1925	935	1 505	390	99	2 925
1926	1 190	1 743	456	119	3 508
1927	1 543	1 994	539	129	4 205
1928	2 001	2 222	638	146	5 007
1929	2 786	2 475	815	156	6 252
1930	4 541	2 799	966	164	8 450
1931	6 474	3 058	959	191	10 682
1932	9 217	3 202	734	237	13 390
1933	11 400	3 418	780	257	15 855

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ

Ленинград

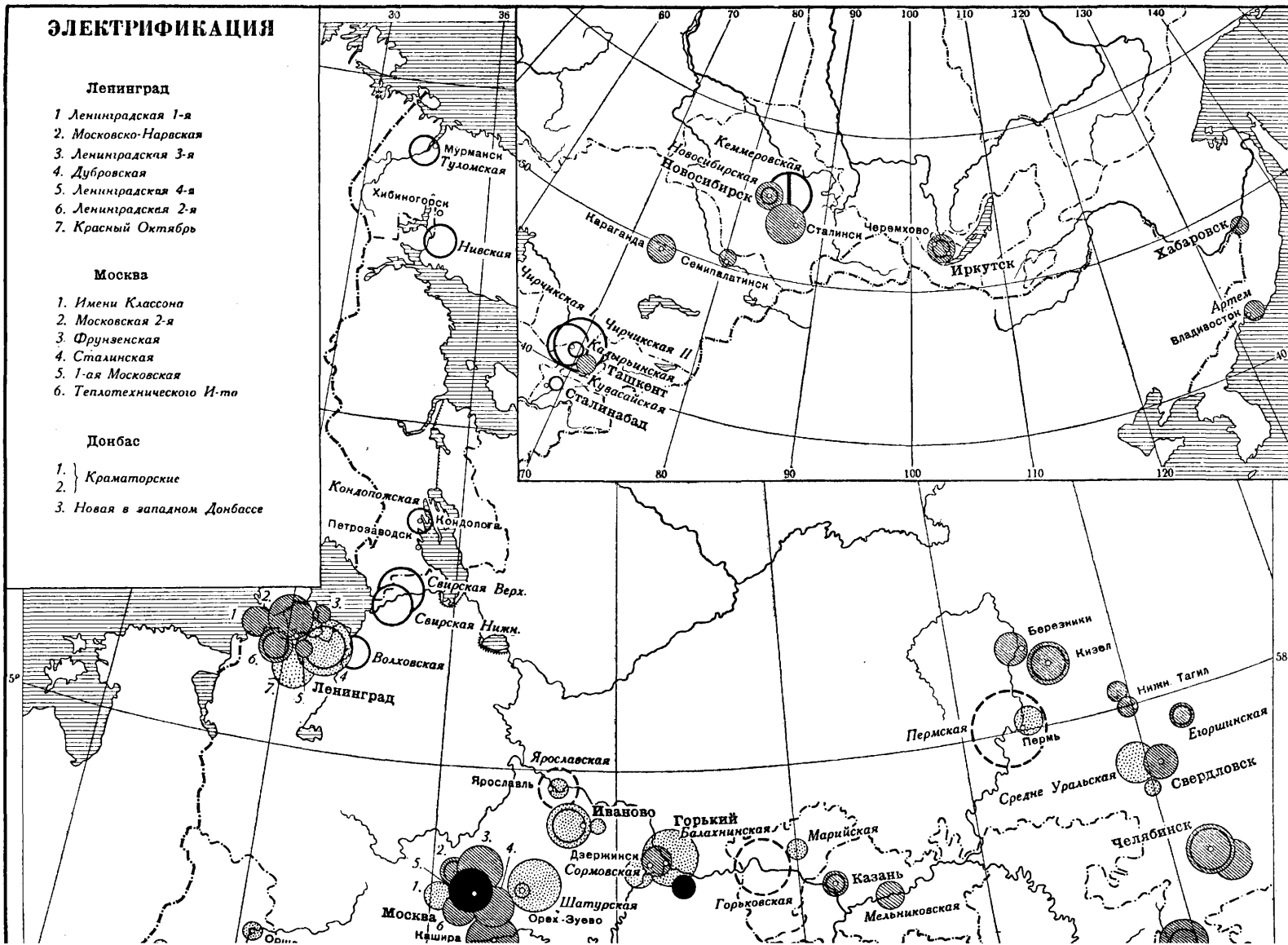
1. Ленинградская 1-я
2. Московско-Нарская
3. Ленинградская 3-я
4. Дубровская
5. Ленинградская 4-я
6. Ленинградская 2-я
7. Красный Октябрь

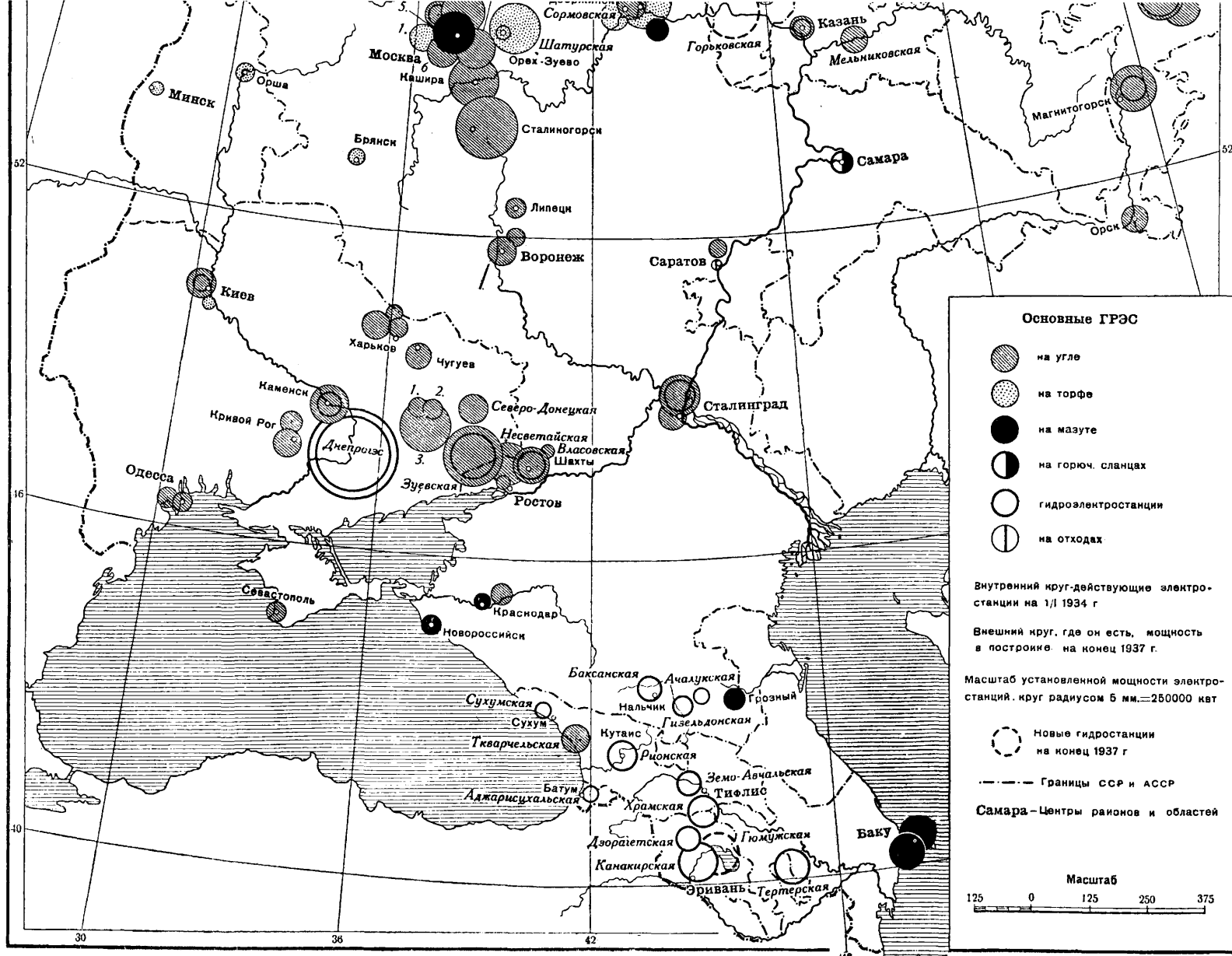
Москва

1. Имени Кларсона
2. Московская 2-я
3. Фрунзенская
4. Сталинская
5. 1-ая Московская
6. Теплотехническою И-то

Донбас

1. } Краматорские
2. }
3. Новая в западном Донбассе






Основные ГРЭС

-  на угле
-  на торфе
-  на мазуте
-  на горюч. сланцах
-  гидроэлектростанции
-  на отходах

Внутренний круг — действующие электростанции на 1/1 1934 г.

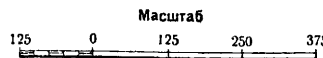
Внешний круг, где он есть, — мощность в постройке на конец 1937 г.

Масштаб установленной мощности электростанций: круг радиусом 5 мм. = 250000 квт

 Новые гидростанции на конец 1937 г.

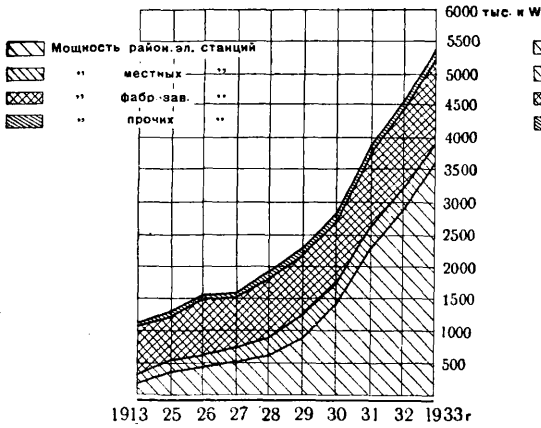
--- Границы ССР и АССР

Самара — Центры районов и областей



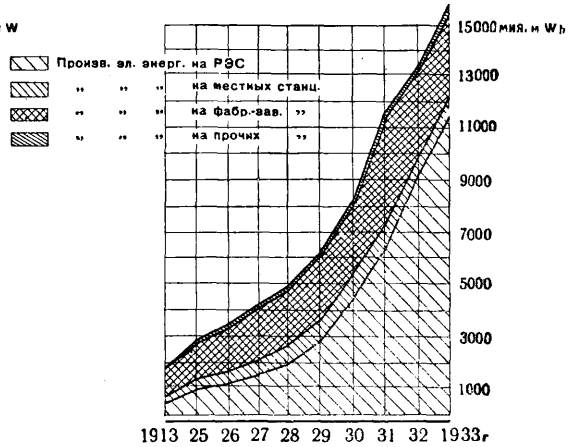
1

ДИНАМИКА УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ НА ЭЛ. СТАНЦИЯХ СССР
(в тыс. квт. на конец года)



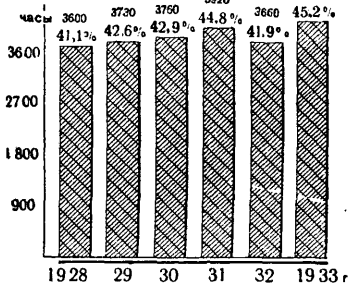
2

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛ. ЭНЕРГИИ НА ЭЛ. СТАНЦИЯХ СССР
(в мил. квт.-ч.)



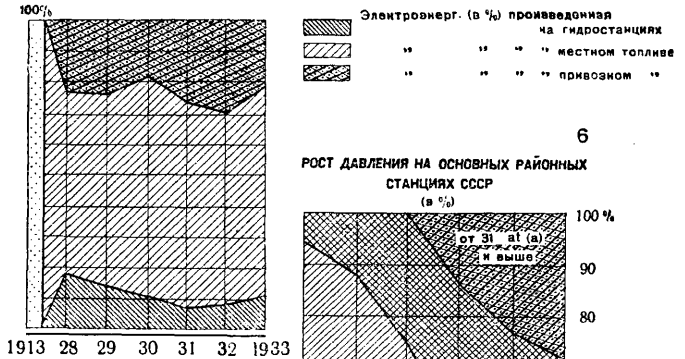
4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ РЭС



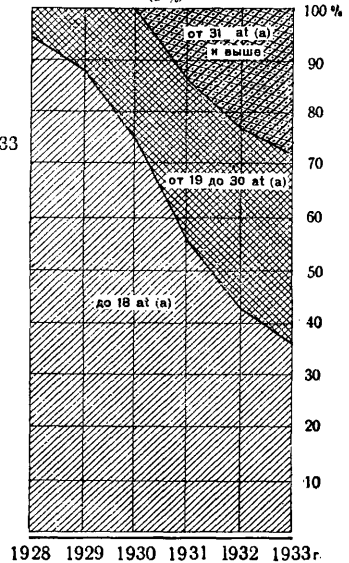
3

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛ. ЭНЕРГИИ НА МЕСТНОМ И ПРИВЗОМНОМ ТОПЛИВЕ

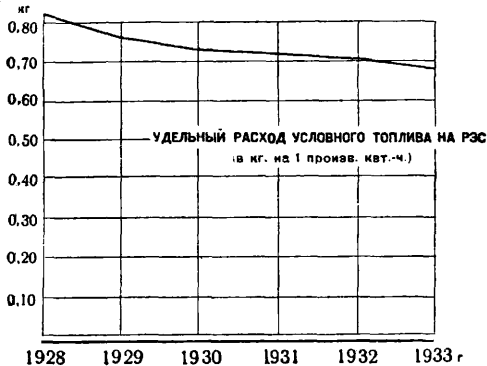


6

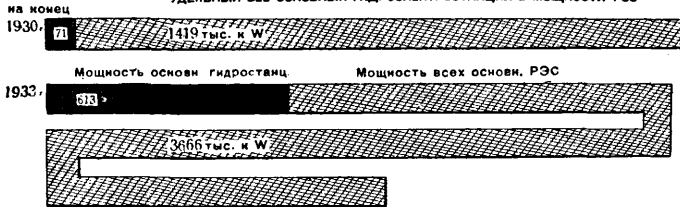
РОСТ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВНЫХ РАЙОННЫХ
СТАНЦИЯХ СССР
(в %)



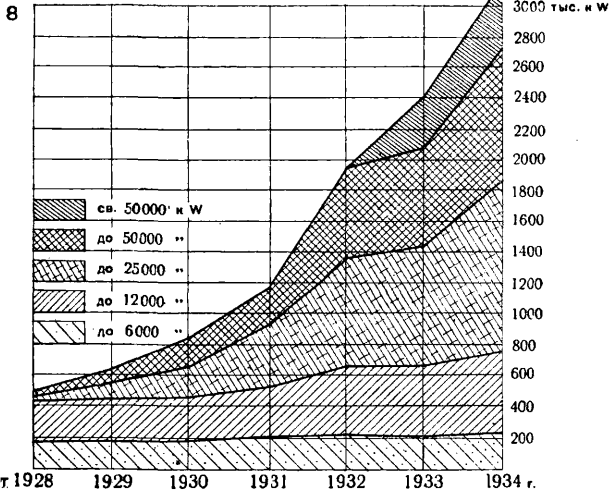
5



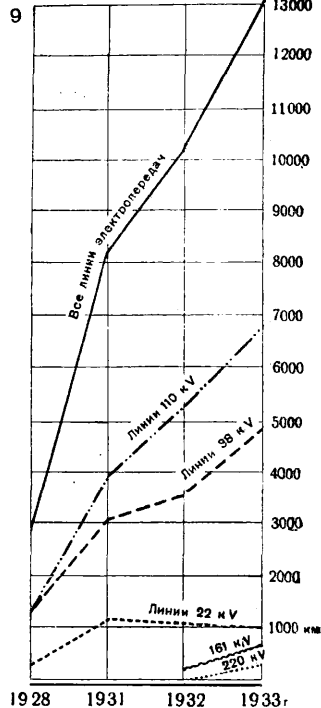
УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ОСНОВНЫХ ГАЙДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В МОЩНОСТИ РЭС



ДИНАМИКА УДЕЛЬНОГО ВЕСА ТУРБИН РАЗЛИЧН. МОЩНОСТИ УСТАНОВЛЕННЫХ НА ОСНОВНЫХ РЭС

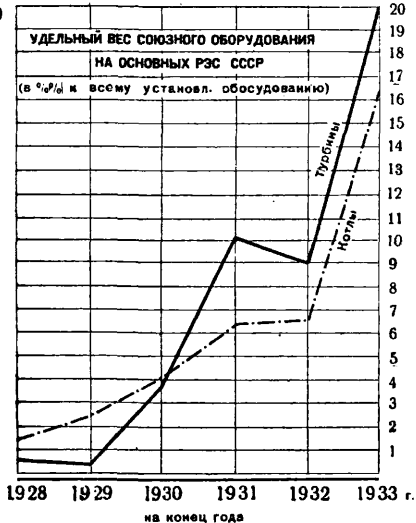


ПРОТЯЖЕННОСТЬ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В КМ.



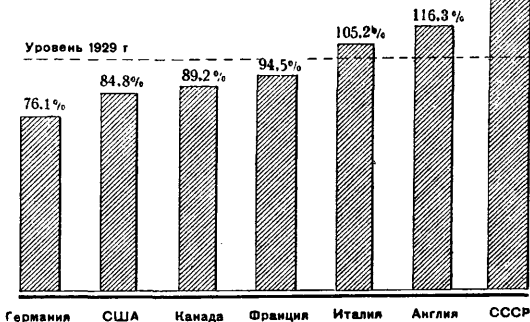
10

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС СОЮЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВНЫХ РЭС СССР (в %/о к всему установл. оборудованию)



11

ТЕМПЫ РОСТА ЭЛЕКТРОБАЛАНСА СССР И КАПИТАЛИСТ. СТРАН ЗА 1929-32 г.г.



вление о производстве электрической энергии на электрических станциях СССР. Табл. 11 и вкл. л., 3 показывают производство электрич. энергии на местном и привозном топливе. Из таблицы видна общая тенденция к сокращению привозного топлива.

Табл. 11.—Производство электрич. энергии на местном и привозном топливе.

Годы	Произведенная электрич. энергия в %		
	на привозном топливе	на местном топливе	на гидро-энергии
1913	100,0	—	—
1928	22,8	58,5	18,7
1929	23,2	62,8	14,0
1930	18,3	71,0	10,7
1931	25,3	66,9	7,8
1932	29,7	63,2	8,1
1933	20,8	68,6	10,6

К концу восстановительного и особенно реконструктивного периода, с приведением в порядок машиностроительных э-дов и транспорта, Э. получает реальную базу для развития. К этому времени завязываются дипломатич. отношения с большинством капиталистич. стран. Во время первой пятилетки резко увеличиваются темпы Э. Строительство электростанций разворачивается одновременно почти во всех районах, т. к. всюду недостаток электроэнергии тормозит развитие хозяйства. Значительно увеличивается ежегодный прирост установленной мощности, резко изменяется качество новых электростанций, которые строятся по последнему слову зарубежной техники (табл. 12 и вкл. л., 4). Количество станций, вводимых в

Табл. 12.—Использование установленной мощности РЭС.

Годы	Использование уст. мощности		Годы	Использование уст. мощности	
	в часах	в %		в часах	в %
1928	3 600	41,1	1931	3 920	44,8
1929	3 730	42,6	1932	3 660	41,9
1930	3 760	42,9	1933	3 950	45,2

работу в течение года, сильно возрастает. Одновременно значительно возрастает концентрация мощности в районных установках. Последнее обстоятельство сл. образом охарактеризовано в докладе Госплана Январскому пленуму ЦК и ЦКК 1933 г.: «До 1929 г. мы не имели ни одной станции мощностью в 100 MW, крупнейшая станция была в 75 MW. В 1913 г. не было ни одной станции мощностью свыше 25 MW. Сейчас у нас работает 10 станций мощностью свыше 100 MW:

Станция	Мощность в MW	Станция	Мощность в MW
Кашира . . .	186	Днепрогэс . . .	434
Шатура . . .	180	Горьковская . . .	204
МОГЭС . . .	119,8	ГРЭС . . .	100
«Кр. Октябрь» . . .	111	Челяб. ГРЭС . . .	85
Штеровка . . .	157	Баянская . . .	
Зуевка . . .	150	«Кр. звезда» . . .	

Эти 10 гигантских станций дают в общей сложности 33% всей выработки электроэнергии в стране». В таких районах, как Донбасс, Приднепровье, Горький, где много лет под ряд недостаток электроэнергии тормозил развитие народного хозяйства, электрич. голод ликвидируется радикальным образом. Он сильно смягчается также для Москвы и Ленинграда. Значительно улучшается характеристика от-

дельных станций. Так, средний уд. расход топлива по сравнению с 1913 г. снизился на 31,5%, составив в 1928 г. 0,82 кг/kWh, а в 1933 г.—0,68 кг/kWh; у отдельных станций, например Шатуры, он в 1930 г. был равен 0,6 кг/kWh (табл. 13 и вкл. л., 5). Не говоря уже о том, Табл. 13.—Уд. расход условного топлива на РЭС (в кг на 1 произведенный kWh).

Годы	В среднем по РЭС	Годы	В среднем по РЭС
1928	0,82	1931	0,72
1929	0,76	1932	0,71
1930	0,74	1933	0,68

что как правило районные тепловые станции работают на низкоортном и отбросном топливе (Шатура, НИГРЭС, «Красный Октябрь»—на торфе, Кашира—на подмосковных бурых углях, Штеровка и Зуевка—на штыбе), по своему оборудованию они могут конкурировать с лучшими зарубежными станциями. В то время как к началу революции максимальная поверхность нагрева паровых котлов составляла 750 м², на Кашире установлены агрегаты по 3 100 м², на Дубровке котлы по 2 500 м² и на большинстве остальных станций по 1 500—2 000 м² (табл. 14 и вкл. л., 6).

Табл. 14.—Рост давления на основных районных станциях СССР в %.

Годы	до 18 ат(а)	19—30 ат(а)	св. 31 ат(а)
1928	94,7	5,3	—
1929	87,7	12,3	—
1930	74,5	25,5	—
1931	54,5	30,9	14,6
1932	43,0	33,6	23,4
1933	36,0	35,8	28,2

Примером весьма совершенной гидростанции, построенной в первую пятилетку, может служить Днепрогэс им. Ленина. Полная проектная мощность ее составляет 558 MW. Она оборудуется 9 турбогенераторами, состоящими из вертикальных одноколесных турбин типа Френсис америк. э-да Newport News Shipbuilding and Dry Dock Co., мощностью по 94 000 IP (с перегрузкой до 107 000 IP) с генераторами мощностью по 62 MW при расчетном коэффициенте 0,8 или 77,5 MVA; 88,25 об/мин. Пять генераторов поставлено фирмой General Electric Co., остальные 4—э-дом «Электросила». Генераторы представляют собой солидную сварную конструкцию, диам. статора равен 11 м, общий вес генератора 840 т, из к-рых ок. 460 приходится на вращающиеся части. Нормальное напряжение генератора 13,8 kV ± 5%. Каждый из главных генераторов соединяется медными шинами со своей группой главных повысительных трансформаторов, повышающей напряжение с 13,8 до 160 kV. Мощность одной группы—78 MVA. Трансформаторы поставлены не резопрующего типа, т. е. обмотка их снабжается дополнительной емкостью, благодаря к-рой обеспечивается наиболее благоприятное распределение волны перенапряжения вдоль обмоток. Охлаждение трансформаторов производится маслом, циркулирующим в специальных водяных охладителях. Главные трансформаторы устанавливаются на станции, вдоль стены, обращенной к пшовой стенке. Энергия от трансформаторов передается под напряжением 160 kV на главную подстанцию, расположенную на берегу аванкамеры. Главная подстанция выполняется двухъярусного открытого типа. Две системы шин, выполненные в виде медных труб, крепятся на опорных изоляторах, устанавливаемых на железных столбиках. Энергия от трансформаторов и от шин к охлаждающим линиям передается по обычной схеме через масляный выключатель и два разъединителя в развилке. Вследствие весьма больших разрывных мощностей на шинах главной подстанции параллельная работа всех 9 генераторов невозможна. Поэтому шины разделены на 3 секции, нормально разомкнутые, к каждой из к-рых присоединено по три главных агрегата. Эти секции соединяются между собой через особую трансферную шину с подключаемыми к ней реакторами по системе Стотта. Т. о. разрывная мощность масляных выключателей, заказанных для подстанции, не вышла за пределы 2 500 MVA. На базе дешевой энергии Днепрогэс создана новая пром-сть Днепрокомбината, состоящая из ме-

таллургического завода с производительностью 1 200 000 т чугуна и соответственного количества стали и проката с цехами качественной, инструментальной и специальной стали, с заводом ферросплавов; из алюминиевого комбината с годовой производительностью 40 000 т алюминия; из коксохимического завода с производительностью 1 300 000 т. Кроме того Днепрогэс снабжает следующие старые промышленные районы: г. Днепропетровска с его крупнейшими металлургическими заводами им. Петровского, им. Ленина, им. Коминтерна, им. К. Либнехта; Каменского с его металлургическим заводом им. Дзержинского; Николая со строящимся трубным заводом и разветвленной с.-х. нагрусной; Кривого Рога с его рудниками и металлургическими заводами и г. Запорожья. Помимо энергетики и создания новой промышленности постройкой Днепрогэс разрешает судоходную проблему р. Днепра, перекрывая его пороги и обеспечивая грузооборот до 2 500 000 т в год. Наконец для строительного и эксплуатационного персонала станции и заводов создается новый социалистический город с 2 500 000 м² жилищной площади, свыше 100 км трамвайного пути, свыше 250 км шоссежных дорог, с образцовым водопроводом и канализацией и с большими площадями озеленения. Все это создается в течение 5—6 лет на голый до того времени степи.

Табл. 15.—Уд. вес основных гидроэлектростанций в мощности РЭС.

Дата	Мощность осн. РЭС в MW	В т. ч. мощность осн. гидроэлектростанций в MW
На конец 1930 г.	1 419	71
» » 1933 г.	3 666	613

Из рассмотрения этого примера видно, что по мере количественного выполнения плана Э. он получает значительное качественное развитие. Табл. 15 и вкл. л., 7 дают представление об уд. в. основных гидроэлектростанций в мощности РЭС. Речь идет, с одной стороны, о создании наряду с крупнейшими гидроэлектростанциями совершенно новых энергокомбинатов, основанных как правило на электроемких производствах, и, с другой стороны, о комплексном разрешении построения энергоузлов, где кроме чисто энергетич. проблем разрешаются также проблемы судоходства, коммунального строительства, химизации и т. п. Если в 1926 г. большим событием в жизни Союза был пуск одной Волховской гидроэлектростанции мощностью всего ок. 60 MW, снабжающей только Ленинград, то на протяжении 1-й пятилетки было создано заново или положено начало нескольким энергокомбинатам комплексного порядка. Сюда относятся Днепрогэс, Бобрики, Березники, Магнитогорск и т. д. Принципиально новым в Э. первой пятилетки явилось также широкое разворачивание строительства теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Применение промежуточного отбора пара турбин для технологич. целей и работа турбин с противодавлением были известны и в дореволюционное время. Целый ряд текстильных ф-к Московской области работал т. о., но никогда ранее отбросный пар не утилизировался в таких широких размерах. Кроме того впервые было применено массовое отопление отбросным паром поселков, городов и их районов. В настоящее время теплофикация быстро распространяется на ряд фабрично-заводских установок, а также коммунальных городских электростанций. В табл. 16 приведена сводка данных на 1 января 1934 г. о работающих в Союзе теплоэлектроцентралях. О строящихся и проектируемых ТЭЦ сводка данных приводится в табл. 20—24.

Не говоря даже о культурном и социально-гигиенич. эффекте, даваемом теплофикацией, она увеличивает во много раз использование топлива, повышая общий кпд установок с 18—22% в лучших конденсационных турбинах до

Табл. 16.—Работающие теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) на 1/1 1934.

Наименование ТЭЦ	Мощность в MW	Местонахождение
2-я Ленинградская	54,5	Ленинград
2-я Московская	38,5	Москва
Казанская	20	Казань
Харьковск. автоз.-да	15	Харьков
Кузнецкая	60	Кузнецк
Березниковская	83	Березники (Урал)
Ивановская	14	Иваново
Уральмашстрой	10	Свердловск
Самарская	15,2	Самара
Кемеровская	24	Кемерово
Горьковского автозавода	24	Горький

60—70% в теплоцентралях. Общая установленная мощность теплофикационных турбин доходит в настоящее время до 500 MW.

Следующим качественным показателем Э. первой пятилетки является освоение больших мощностей и высоких давлений паровых котлов и высоких напряжений линий передачи. Если во время строительства Волховской станции и первой очереди «Красного Октября» (период восстановления) турбины мощностью 10 MW считались исключительно большими, то к концу первой пятилетки стандартными турбинами районной электростанции стали агрегаты по 50 MW, а на гидроэлектростанции Днепрогэс появились агрегаты 77,5 MVA. В табл. 17 и на вкл. л., 8

Табл. 17.—Динамика уд. веса турбин различной мощности, установленных на основных районных станциях СССР.

На начало года	Средняя мощность одной турбины в MW	Суммарная мощность турбины в MW				
		до 6 000	6 001—12 000	12 001—25 000	25 001—50 000	свыше 50 000
1928	7,1	171	274	34	30	—
1929	7,9	174	274	89	74	—
1930	9,7	179	274	193	163	—
1931	10,6	202	335	405	209	—
1932	13,8	222	444	715	593	—
1933	16,0	212	455	761	669	310
1934	18,6	225	538	1 095	859	434

представлена динамика уд. в. турбин различной мощности, установленных на основных районных станциях СССР. К началу революции в России была только одна линия передачи с напряжением выше 35 kV, а в восстановительный период появилось несколько 110-kV линий; с пуском Днепрогэс освоено напряжение 160 kV, а с пуском Свирьской ГРЭС, состоявшимся 19 декабря 1933 г., вошла в строй первая линия в 220 kV. Что же касается 110-kV линий, то они являются в настоящее время основными питающими магистралями во всех районах, а в нек-рых (Ленинград, Москва) постепенно получают и распределительные функции. В табл. 18 и на вкл. л., 9 приведены сведения о

Табл. 18.—Протяженность высоковольтных линий электропередачи в км.

Годы*	22 kV	38 kV	110 kV	161 kV	220 kV	Всего
1928	297	1 300	1 300	—	—	2 897
1931	1 159	3 088	3 921	—	—	8 168
1932	1 100	3 600	5 300	200	—	10 200
1933	1 000	4 900	6 800	660	242	13 102

* На 31/XII соответствующего года.

протяженности высоковольтных линий электропередачи. Давления паровых котлов, применявшиеся в восстановительный период порядка 12—18 ат(а), повысились до 30—40, а в отдельных случаях и до 60 ат(а) (Московско-Нарвская ТЭЦ). Необходимо упомянуть также об Э. окраин Союза. Интересным примером в этой области является первая в Союзе Заполярная электростанция на р. Ниве мощности 86 MW, предназначенная для Э. разработки Хибинских апатитов и впоследствии—электростанции Мурманской ж. д. Эта станция, созданная в тайге в чрезвычайно трудных строительных условиях, явилась пионером в культурном и промышленном освоении Советского Севера. Наконец необходимо отметить, что к концу первой пятилетки окончательно оформились энергосистемы с несколькими районными электростанциями в каждой из них и большими питательными и распределительными сетями. Параллельно с развитием электростроительства не менее быстрыми темпами росла электропромышленность и машиностроение. Если в восстановительный период все крупные электростанции были оборудованы импортными машинами, то значительная часть станций, построенных в первую пятилетку, оборудована исключительно советскими заводами (табл. 19 и вкл. л., 10). Крупнейшим ус-

Табл. 19.—Уд. вес союзного оборудования на основных РЭС СССР (в % ко всему установленному оборудованию).*

Годы	Котлы	Турбины	Годы	Котлы	Турбины
1928	1,4	0,5	1931	6,4	10,1
1929	2,4	0,4	1932	6,6	9,0
1930	4,0	3,7	1933	16,3	20,1

* Данные приведены на конец года.

пехом советского электромашиностроения являлась постройка мощных гидрогенераторов Днепровской и Свирьской ГЭС. Не меньшие успехи были достигнуты в производстве высоковольтной изоляции, масляных выключателей и разъединителей высокого напряжения, высоковольтного кабеля и т. д. Достаточно упомянуть, что Свирьская линия передачи 220 kV оборудована целиком советскими изоляторами, трансформаторы 220/110 kV построены «Электрозаводом», а масляные выключатели и разъединители 220 kV—заводом «Электроаппарат». К концу первой пятилетки советская электрификация целиком избавилась от иностранной зависимости.

Что касается фактич. выполнения плана ГОЭЛРО, то в части строительства электростанций и сетей он был перевыполнен. К концу первой пятилетки было построено 25 новых районных станций и 15 значительно расширено. О порядке расширения дают представление примеры «Красного Октября», расширенного с 20 MW до 110 MW, и Каширы, расширенной с 12 MW до 186 MW. Это расширение означало в действительности строительство совершенно новых районных станций.

Отстающими участками Э. первой пятилетки оказались ж. д. и сел. х-ва. Тем не менее и в этом направлении было сделано следующее: электрифицировано пригородное движение Москвы по Северной и Нижегородской ж. д., пригородное движение Ленинграда по Балтийской ж. д., перевальный участок Закавказской ж. д. (Сурамский перевал), Луньевская линия (Урал)

и приступлено к постройке Московского метрополитена. В настоящее время ведутся работы по Э. Екатеринбургской ж. д. Между Донбассом и Кривым Рогом ведется подготовка к Э. и других магистральных линий. Массовая Э. сел. х-ва также начинается только теперь. Примененная в 1933 г. с большим успехом в ряде областей электромотольба должна дать чувствительный сдвиг в этом направлении. Подводя итоги выполнения плана ГОЭЛРО, следует еще упомянуть о внедрении электростанций в домашний быт. Стимулом для этого послужило освоение советскими з-дами бытовых электрич. приборов, получивших очень большое и быстрое распространение в тех системах, где имеется свободная мощность. Однако и в тех системах, где энергодобаланс все еще напряжен, спрос на бытовые приборы и бытовую энергию растет с каждым годом. Распространение бытовой энергии является прежде всего большим культурным завоеванием. Энергетическое его положительное значение заключается в том, что при правильном использовании бытовыми приборами (в части минимальной и средней нагрузки) оно ведет к уплотнению графика нагрузки и увеличению коэф-та использования машин.

Первая пятилетка, выдвинувшая ряд отраслей промышленности СССР на первые места в мире, значительно уменьшила отставание СССР от индустриально передовых капиталистич. стран в области Э. На вкл. л., 11 показаны темпы роста электрооборудования СССР и капиталистич. стран за 1929—32 гг. (изменение производства электроэнергии в 1932 г. по сравнению с 1929 г.). Если по выработке электроэнергии в 1928 г. СССР, занимая 12-е место, составлял $\frac{1}{28}$ электробаланса США и $\frac{1}{7}$ баланса Германии, то в 1932 г. СССР вышел на 4-е место в мире, причем его энергодобаланс составляет $\frac{1}{6,5}$ баланса США и в 1,5—1,7 раза меньше баланса Германии. Что же касается ежегодного абсолютного прироста установленной мощности, то СССР обогнал не только всю Европу, но и США. С началом второй пятилетки наряду с дальнейшим расширением и развитием народного х-ва был выдвинут лозунг освоения новых производств и нового оборудования. В применении к электростанции это означает улучшение эксплуатации систем, борьбу за безаварийную работу, повышение качества электрич. тока (постоянство частоты, напряжения). Для большинства систем это означает расширение установленной реактивной мощности, рационализацию совместной работы гидростанций с теплоцентралями и конденсационными паровыми станциями, улучшение качества добываемого торфа, более рациональное его состояние и т. п. Из новых видов топлива выдвигается широкое использование сланцев с одновременной утилизацией их отходов. Из новых видов энергии выдвигается утилизация ветра и энергии солнца.

Т. к. к началу второй пятилетки план ГОЭЛРО был исчерпан, а в отдельных районах и показателях значительно превзойден, потребовалось составление нового перспективного плана Э., охватывающего период не менее 10 лет, а с ним и генерального плана развития народного х-ва. В качестве первой наиболее конкретно разработанной части этого перспективного плана необходимо было составить план второй пятилетки. Второй генеральный план должен был существенно отличаться от плана ГОЭЛРО. Во-первых, его невозможно было составить ка-

кой-либо одной централизованной комиссии, хотя бы с привлечением крупнейших специалистов Союза и научно-исследовательских учре-

здать общую картину Союза с ориентировкой на 10—15 лет вперед. От нового генерального плана, в особенности от части его, относящейся

Табл. 20.—Электростанции на угле.

Наименование станции	Мощность в MW				Местонахождение
	на 1/I 1933 г.	на 1/I 1934 г.	на конец 1937 г.	строится до полной мощности	
Московско-Нарвская ТЭЦ	—	—	100	150	Ленинград
1-я Ленинградская ТЭЦ	54,5	54,5	72	—	»
Сталиногорская	—	—	250	—	Сталиногорск (Бобряки)
Сталинская ТЭЦ	—	—	100	—	Москва
ТЭЦ ВТИ (Теплотехниче- ского ин-та)	—	—	60	—	»
Фрунзенская ТЭЦ	—	—	125	—	»
2-я Московская ТЭЦ	33,5	38,5	54,5	—	»
Сормово-Канавинская ТЭЦ	—	—	50	—	Сормово
Воронежская ТЭЦ	—	—	49	—	Воронеж
Гизеловская *	28	70,0	100	—	Губаха
Егоршинская	10,5	22,5	33,5	—	Егоршино
Челябинская	99	99	150	—	Челябинск
Челябинская ТЭЦ	—	—	100	—	»
Казанская ТЭЦ	10	20	32	—	Казань
Орская ТЭЦ	—	—	50	—	Орск
Крымская	—	—	24	—	Севастополь
Карагандинская	—	—	43	—	Караганда
Семипалатинская ТЭЦ	—	—	15	—	Семипалатинск
Новосибирская левобереж- ная	—	20	49	—	Новосибирск
Иркутско-Черемховская	—	—	24	48	район Иркутска
Хабаровская	—	—	24	—	Хабаровск
Артемовская	—	—	24	—	Владивосток
Новая в Зап. Донбассе	—	—	200	300	Донбасс
Дзержинская	24	48	96	—	Каменское (УССР)
ЮРТ (Криворожская)	26	44	44	—	Криворожский бассейн
Одесская старая	26,3	26,3	31,5	—	Одесса
Одесская новая	—	—	24	—	»
Киевская	21	21	45	—	Киев
Краснозаводская ТЭЦ	—	—	62	—	Харьков
Ткварчельская	—	—	48	—	Ткварчельский бассейн
Кувасайная	—	—	24	—	Фергана
Северо-Донецкая ТЭЦ	70	70	70	—	Переездная (Донбасс)
Чугуевская	45,5	45,5	45,5	—	ок. Харькова (Чугуев)
Воронежская	—	24	24	—	Воронеж
Харьковского автозавода ТЭЦ	15	15	15	—	Харьков
1-я Харьковская	23	23	23	—	»
Каширская	186	186	186	—	Кашира
Кузнецкая ТЭЦ	36	60	108	—	Кузнецк
Березниковская ТЭЦ	61	83	83	—	Березники
1-я Ленинградская	65	65	65	—	Ленинград
3-я Ленинградская	14	14	14	—	»
4-я Ленинградская	16,9	16,9	16,9	—	»
Ростовская	10	10	10	—	Ростов
Власовская	11	11	11	—	Донбасс
Магнитогорская	48	48	48	—	Магнитогорск
Краматорская	25	25	25	—	Краматорск
Краматорская ТЭЦ	—	—	25	—	»
Н.-Тагильская ТЭЦ метал. 3-да	—	—	25	—	Н. Тагил
Н.-Тагильская ТЭЦ вагоно- строит. 3-да	—	—	25	—	»
Лицевая ТЭЦ метал. 3-да	—	—	25	—	Лицевк
Криворожская ТЭЦ	—	—	50	—	Кривой рог
Мельниковская	—	—	36	60	Мельниково (Тадж. ССР)

* В качестве топлива—уголь и отходы коксования.

ждений и ин-тов, т. к. за предшествовавший период отдельные республики, области и районы Союза во много раз развили свое хозяйство и усложнили хозяйственный организм. Поэтому основные наметки центра должны были детально проработаться на местах с участием широкой советской общественности. Если автором плана ГОЭЛРО было ок. 200 ученых и специалистов, то автором второго генерального плана уже д. б. громадный круг авангарда трудящихся Союза. Во-вторых, в эпоху составления плана ГОЭЛРО можно было лишь со-

мышленности в сторону Востока, создание второй угольно-металлургич. базы на основе природных богатств Урала и Кузбасса. 7) Специализация отдельных областей в тех отраслях пром-сти и сел. х-ва, к-рые в наибольшей степени соответствуют имеющимся природным богатствам и роли данной области в народном х-ве Союза. 8) Создание новых промышленных форм путем постройки промышленных комбинатов при энергоцентралях, ограничивая последовательные технологич. процессы на общей энергетич. базе, с максимальным использованием

ко второй пятилетке, требовалась конкретность сроков и размеров капиталовложений. По этим причинам составление генерального плана второго периода развития представило значительно более сложную задачу, чем в свое время составление плана ГОЭЛРО. Начало было положено в мае 1931 г. на расширенной конференции в составе лучших специалистов Союза, представителей научно-исследовательских институтов, представителей ведомств и мест, составленной Госпланом СССР.

Основные тезисы плана второй пятилетки развития народного хозяйства и генерального плана Э. сводились к следующему: 1) Полное уничтожение элементов капитализма и классов, уничтожение причин, вызывающих дифференциацию классов и эксплуатацию, превращение всех трудящихся в активных строителей бесклассового социалистического общества. 2) Быстрое развитие благосостояния трудящихся города и деревни. Повышение снабжения трудящихся к концу второй пятилетки в 2—3 раза по сравнению с концом первой пятилетки. 3) Создание новой современной технич. базы во всех отраслях народного х-ва. 4) Увеличение механизации всего народного хозяйства и транспорта в 3—3,5 раза по сравнению с 1932 г. с полным освобождением от иностранной зависимости. 5) Индустриализация и Э. с.-х. и полусельскохозяйственных областей и в частности областей наименьшинств и удаленных областей. 6) Развитие про-

фабрикатов, полуфабрикатов и отходов производства. 9) Радикальная реконструкция транспорта путем электрификации ж. д., применения двигателей внутреннего сгорания и широкой автомобилизации страны. 10) Дальнейшее развитие и реконструкция сел. х-ва расширением сети машинно-тракторных станций во все колхозы и внедрение механизации в с.-х. производственные процессы на основе Э. Как было указано выше, это—лишь самые общие и предварительные наметки нового генерального плана. В настоящее время ведется работа по дальнейшему его уточнению и конкретизации. На карте (вкл. лист) и в табл. 20—24 дана сводка данных об электростанциях СССР.

Достиженные в первой пятилетке успехи позволяют по-новому подойти к электрификации второй пятилетки в узком значении. В разрезе второй и дальнейших пятилеток конкретно встает вопрос о создании единой высоковольтной сети для всего Союза. По мере роста отдельных энергетических систем возникает технич. и экономич. целесообразность в постройке соединительных линий между ними для достижения большей маневренности и объединения резервов системы. Так, уже в настоящее время вполне целесообразно соединение Донбасса с Приднепровьем и Сев. Кавказом. Осуществление Валдайских гидростанций позволяет соединить между собой Московскую, Ленинградскую и Иваново-Вознесенскую системы. Наконец решение проблемы Большой Волги намечает сеть, которая захватит почти всю территорию Европейской части Союза. В этом имеется несомненно еще целый ряд технич. затруднений (ограничение разрывных мощностей коротких замыканий, устойчивость параллельной работы электростанций, проблема регулирования напряжений таких крупных синхронных мощностей); однако, с другой стороны, достижения советской техники позволяют уже вполне реально говорить о напряжениях порядка 380—400 kV как нормальных для будущих магистралей, о создании вполне надежных грозоупорных линий передачи и о полной возможности изготовления на советских з-дах всей необходимой аппаратуры. Вторая стадия осуществления генерального плана потребует несомненно кроме межрайонных маневренных линий электропередачи создания также и сверхпитательных магистралей для передачи больших мощностей на очень большие расстояния. Без них немислимы полное решение Урало-Кузбасской проблемы и исполь-

зование ресурсов Ангары—Енисей. Для таких сверхмагистральных линий напряжение 380 kV будет по видимому уже недостаточно. Здесь

Табл. 21.—Электростанции на штыбе (уголь).

Наименование станции	Мощность в MW			Местонахождение
	на 1/I 1933 г.	на 1/I 1934 г.	на ко- нец 1937 г.	
Воронежская	—	—	—	Воронеж Сталинград Шахты Ново-Павловка (Донбасс) Зуевка (Донбасс) Сталинград Краснодар Несветай (Донбасс) Саратов
Сталинградская	51	51	99	
Шахтинская	66	60	90	
Штеровская	—	—	—	
Зуевская	150	150	250	
Сталинградская ТЭЦ	—	—	50	
Краснодарская	11	11	35	
Несветайская	—	—	100	
Саратовская	22,5	22,5	22,5	

Табл. 22.—Электростанции на торфе.

Наименование станции	Мощность в MW				Местонахождение
	на 1/I 1933 г.	на 1/I 1934 г.	на ко- нец 1937 г.	строи- ся до полной мощ- ности	
Дубровская	—	100	100	200	ок. Ленинграда ст. Шатура М.-Каз. ж. д. Балахна
Шатурская	136	180	180	—	
Горьковская	158	204	204	—	ок. Ленинграда ст. Милово район Ярославля ок. Брянска
«Кр. Октябрь»	111	—	—	—	
Ивановская	75	75	124	—	Орша «Электропередача» (Моск. обл.) Иваново
Ярославская	36	36	36	—	
Брянская	22	22	22	—	Свердловск Дзержинск (Горьков- ский край)
Белорусская	20	20	32	—	
Классоновская	48	48	48	—	Марийская обл. ок. Перми
Ивановская ТЭЦ	14	14	14	—	
Орехово-Зуевская	12,6	12,6	12,6	—	ок. Свердловска Киев Минск
Уралмаш. з-да ТЭЦ	—	10,0	10,0	—	
Дзержинская	—	—	50	—	
Марийская	—	—	24	—	
Закамская	—	—	50	—	
Ср.-Уральская	—	—	100	—	
Киевская ТЭЦ	—	—	12	—	
Минская	—	—	12	—	

найдут свое применение линии с напряжением до 600 kV, линии, построенные на $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ волны, а также постоянный ток. В области применения постоянного тока для передачи больших мощностей на большие расстояния советскими учеными за последнее время сделан целый ряд весьма ценных открытий. Новейшие приборы ионного и электронного типа позволяют уже теперь преобразовывать постоянный ток в переменный и обратно в промышленных количествах. Применение постоянного тока радикально решит проблему устойчивости параллельной работы, упростит регулирование напряжения, снизит потери в линии и тем самым повысит надежность передачи. Применение постоянного тока в настоящее время рисуется в следующем виде: электрич. энергия вырабатывается на электростанциях трехфазного тока и трансформируется до напряжения 400—600 kV. После этого она преобразуется в ионных или электронных приборах в постоянный ток и поступает в линию передачи. На приемном конце постоянный ток вновь преобразуется в переменный с напряжением 100—400 kV и по распределительным сетям разводится по району. В этой схеме преимущество постоянного тока в линии передачи сочетается с легкостью генерации и удобством распределения трехфазного тока. Магистральные межрай-

онные линии единой высоковольтной сети неизбежно должны оказать сильное экономич. и культурное влияние на районы, по которым

стоянного тока был предложен вариант смешанной передачи постоянным и трехфазным током. В части трансформации энергии предлагалось

Табл. 23.—Гидроэлектростанции.

Наименование станции	Мощность в MW				Местонахождение
	на 1/I 1933 г.	на 1/I 1934 г.	на конец 1937 г.	строится до полной мощн.	
Волховская	58	58	58	—	Волхов
Свирьская нижняя . . .	—	—	96	—	ст. Лодейное поле Мур. ж. д.
Нивская	—	—	62	—	Нива
Нондопожская	4,5	4,5	26,5	—	Карельская АССР
Свирьская верхняя . . .	—	—	144	—	ст. Свирь Мур. ж. д.
Тулумская	—	—	48	—	Кольский полуост. ов
Ачалукская	—	—	15	—	ок. Орджоникидзе
Баканская	—	—	24,9	—	ок. Нальчика
Гизельдонская	—	—	22,5	—	район Орджоникидзе
Днепровская	310	434	548	—	Кичнас
Рионская	—	24,0	48	—	Кутаис
Земо-Авчальская	13	13	37	—	Тифлис
Аджарис-Цхали	—	—	16	—	район Батума
Храмская	—	—	60	—	район Бармакхыз (Грузия)
Дворagetская	—	15,0	22,5	—	Халагеран (Арм. ССР)
Канакирская	—	—	88	—	район Эривани
Сухумская	—	—	10,4	—	» Гумиста
Кадыринская	—	13	13	—	Ташкент
Чирчикская I оч.	—	—	170	—	с. Ниазбекское
Вараобская	—	—	7,5	—	Сталинабад
Ярославская	—	—	—	100	с. Горское
Горьковская	—	—	—	200	с. Васильево
Пермская	—	—	—	380	с. Левшино
Гюмушская	—	—	—	140	с. Гюмуши Арм. ССР
Тергерская	—	—	—	58	Азербайджанская ССР
Чирчикская II оч.	—	—	—	110	с. Троицкое

Табл. 24.—Станции на разном топливе.

Наименование станции	Топливо	Мощность в MW			Местонахождение
		на 1/I 1933 г.	на 1/I 1934 г.	на конец 1937 г.	
Самарская ТЭЦ	Сланцы	15,2	15,2	36	Самара
Саркомбайн. з-да ТЭЦ	Лесопильные отходы	—	12	12	Саратов
Кемеровская ТЭЦ . . .	Отходы коксования	—	24	148	Кемерово
Новороссийская	Мазут	20	20	20	Новороссийск
1-я Московская	»	107,5	119,5	119,5	Москва
Горьковского автозавода ТЭЦ	»	24	24	24	Горький
Краснодарская	»	11	11	11	Краснодар
Грозненская им. Коминтерна	»	25	25	25	район Грозного
«Кр. Звезда»	Газ, мазут	85	85	85	Баку
Им. Красина	»	67,6	67,6	67,6	»

они будут проходить, подобно тому как в начале прошлого века это было с ж.-д. линиями.

Проблема создания единой высоковольтной сети СССР была с особой отчетливостью выдвинута на конференции по передаче больших мощностей на большие расстояния, созванной в Ленинграде весной 1931 г. Сопоставляя проекты Велья, Оливена и Шенгольцера с практич. возможностями СССР, конференция пришла к выводу о том, что лишь именно в СССР имеются все предпосылки для реалистич. постановки и углубленной проработки этого вопроса. Говоря о конструкции самой линии, было установлено, что з-ды СССР в состоянии изготовить все необходимые элементы (опоры, провод, изоляция, аппаратура и т. п.). Для достижения необходимой устойчивости параллельной работы станций кроме схемы чисто по-

нии (а следовательно увеличения натуральной мощности), о схемах с промежуточным отбором активной и реактивной энергии (в частности схема Баусса и т. д.). Разрабатывается также возможность освоения более высоких напряжений порядка 660 kV. Имея в виду успехи, достигнутые советскими заводами по изготовлению высоковольтного кабеля на 110 и 220 kV, рассматривается и его применение для будущей сверхмагистралей единой высоковольтной сети. В заключение следует упомянуть также о проблеме аккумулирования энергии, разработка к-рой идет в основном в следующих трех направлениях: а) создание крупных водохранилищ для суточного, годичного и многолетнего регулирования гидростанций, б) соединение водохранилищ с ветро-силовыми установками и в) конструкции электротоплов с аккумулированием пара.

использовать каскадное соединение трансформаторов; кроме того были рассмотрены возможности постройки трансформаторов очень большой мощности и разобранные связанные с ними габаритные затруднения. Весьма обстоятельно был рассмотрен вопрос о высоковольтной и сверхвысоковольтной аппаратуре, в частности различные конструкции безмасляных выключателей. Большое внимание было уделено вопросам переключений и защиты линий передачи. В результате обсуждения конференции выдвинула ряд конкретных заданий научно-исследовательским ин-там и пром-сти и констатировала полную своевременность постановки вопроса. За два года, истекшие после конференции, идея единой высоковольтной сети СССР получила всеобщее признание, и сейчас идет работа по конкретизации отдельных ее участков первой очереди и по исследованию наиболее целесообразных методов передачи больших мощностей на большие расстояния. В этой области наряду с исследованием основных уже напряжений 150 и 220 kV в направлении их дальнейшего усовершенствования исследуются вопросы о передаче энергии линиями, настроенными на $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{2}$ волны, о применении расщепленного провода для уменьшения волнового сопротивления линии

Так этап за этапом мощно прокладывает свои своеобразные пути Ленинско-Сталинская Э. «всей страны» Советов. Ученические годы уже давно пройдены. Впереди необятные горизонты нового количественного и качественно-го разворота электроэнергетики, возможного лишь в условиях нашего социалистич. планового режима всего хозяйства.

Лит.: Маркс К. и Энгельс Ф., Сочинения, т. 14, стр. 516—520, 538—540, 572—630, М.—Л., 1930; и х ж е, т. 21, стр. 195—197, 199—201, М.—Л., 1929; и х ж е, т. 24, стр. 584, 587, 593, 594, 596, М.—Л., 1931; Либкнехт В., Воспоминания о Марксе, II, 1918; Энгельс Ф., 14 марта 1883, стр. 7—8, М., 1933; Маркс К. и Энгельс Ф., Архив, т. 1, стр. 342, М., 1924; и х ж е, Письма, под ред. В. Адоратского, стр. 320, М., 1932; Ленин В., Сочинения, 3 изд., т. 4, стр. 206—211, М.—Л., 1929; е го ж е, Сочинения, т. 16, стр. 368—369, М.—Л., 1930; е го ж е, Об электрификации, М.—Л., 1931; Ленинский сборник, т. 20, стр. 207—222, М., 1932; Сталин И., Вопросы ленинизма, 9 изд., стр. 133, 362—363, М., 1932; Стенографич. отчет VII Пленума ИККИ, т. 2, М., 1927; Резолюция и постановления IX съезда РКП(б), М., 1920; Савельев М. и Поскребышев А., Директивы ВКП(б) по хозяйственным вопросам, стр. 14, М.—Л., 1931; Резолюция XI съезда РКП(б), стр. 87, там же; Резолюция XII съезда РКП(б), стр. 110, там же; Резолюция XIII съезда РКП(б), стр. 168, 177, там же; Постановления V съезда Советов СССР, стр. 335, там же; Постановления ЦК ВКП(б) от 19/III 1930, стр. 681—684, там же; Резолюция XV съезда ВРП(б), стр. 413, 430, 431, там же; Резолюция XVII партконференции ВКП(б) [Об итогах XVII конференции ВКП(б)], стр. 51, М., 1932; Александров И., Днепрострой, М., 1927; Вейц В., Очерки по энергетическому перевооружению СССР и капиталистических стран (в книге: Энергетическое хозяйство СССР за 1928—29 г., т. 1, М.—Л., 1931); е го ж е, Современное развитие электрификации в капиталистических странах, Л., 1933; Электроэнергетика СССР, под рук. В. Вейца, т. 1, Л., 1934; Кржижаковски Г., Сочинения, т. 1. Электроэнергетика, М., 1933; Кузнецов Б., Единая высоковольтная сеть СССР в перспективном плане электрификации, М.—Л., 1931; Флаксерман Ю., Классики марксизма и партии об электрификации, М., 1932; Якобсон М., Энергетика и оборона, М.—Л., 1933; Всесоюзное совещание по составлению генерального плана электрификации СССР, М., 1931; Резолюция майского совещания по составлению генплана электрификации СССР (5—10 мая 1931), М., 1931; Всеукраинская конференция по составлению генерального плана электрификации, Харьков, 1931; Генеральный план электрификации СССР (Материал к Всесоюзной конференции), под ред. Г. Ломова, т. 1—7, М.—Л., 1932—33; Büggeln H., Die Entwicklung d. öffentlichen Elektrizitätswerke in Deutschland, Stg., 1930; Dohner K., Internationaler Stromtausch, Münster, 1931; Dunlop D., Power Resources of the World Potential, a. developed, L., 1929; Henderson F., The Economic Consequences of Power Production, L., 1931.

М. Шатален.

Теплофикация, централизованное снабжение теплом на расстояние на базе комбинированной выработки тепла и электрич. энергии на ТЭЦ. В условиях социалистич. х-ва Союза экономич. преимущества теплофикации реализуются более полно. Потребности в электроэнергии и тепле (пар и горячая вода) для промышленных, коммунальных и бытовых нужд м. б. покрыты различными способами их производства при различном экономическом эффекте; так, выработка электроэнергии в Союзе до последнего времени (1928—30 гг.) преимущественно осуществлялась тепловыми конденсационными электростанциями при кпд станции в целом 10—18% и для современных технически совершенных станций не свыше 25%. Тепловой баланс совершенной конденсационной станции с регенерацией представляется примерно в следующем виде [давление пара перед турбиной около 55 ат(а), перегрев пара 425°, давление в конденсаторе $p_k \approx 0,04$ ат(а)] в %:

Различные потери в котле	17—20
Потери при транспорте тепла от котла до турбины	1,5—1,6
Потери в турбине (механические и тепловые)	1,5—1,7
Потери с охлаждающей водой в конденсаторе турбин	55—61,8
Полезно использованное тепло на выработку электроэнергии	25—15

Удовлетворение потребностей в тепле для отопления м. б. произведено местными отопительными системами (печи различных систем) при среднем коэф-те использования топлива 50—60%. Промышленные нужды в тепле (паре и горячей воде), а также и потребность в тепле на отопление, вентиляцию, бани, прачечные м. б. удовлетворены местными котельными при среднем кпд 60—65%, эти же потребности целого промышленного или коммунального района м. б. покрыты от центральной котельной (теплоцентрали), отстоящей от потребителей тепла на нек-ром (3—5 км) расстоянии. Средний кпд (коэф. топливоиспользования) центральной котельной доходит до 70—75%. Централизованное снабжение теплом на расстоянии от котельных получило широкое развитие в США в конце 19 и в начале 20 вв., где в настоящее время имеется свыше 300 установок такого рода. По сравнению с индивидуальными котельными центральные представляют выгоды в отношении экономии топлива, возможности использования местных низких сортов топлива, уменьшения расходов на транспорт золы и экономии на обслуживающем персонале. Средний кпд транспорта тепла (потери теплопроводов) можно принять равным ~90%; средний общий кпд (топливоиспользования) всей центральной котельной, включая потери в тепловой сети, можно принять равным 63%. Как указано выше, крупные центральные котельные м. б. приспособлены для сжигания низкосортных топлив, что невозможно в мелких установках домовых котельных. Доставку топлива, а также вывозку золы, можно производить по ж.-д. путям или водным транспортом непосредственно к центральной котельной. Это особенно важно при использовании местных низкосортных малокалорийных и многозольных топлив. Стоимость отдельных местных котельных района равна примерно стоимости тепловой сети при центральной котельной. Для них разность в кпд. является экономией топлива, равной $63-55=8\%$.

Раздельное производство тепла (пар и горячая вода) и электроэнергии можно совместить в одном комбинированном процессе, если изменить работу пара в паровой турбине или поршневой машине так, чтобы часть его отводить (отбирать) в нек-рой промежуточной точке процесса его расширения. Обычно для технологич. целей пар отбирается при 10—12 ат(а) и для отопления и коммунальных нужд при 1,5—1,2 ат(а). В первом случае тепло подается потребителю непосредственно в виде пара, во втором—в виде горячей воды, для чего отъемным паром нагревают воду в пределах 90—130° в теплообменном аппарате (бойлере); горячая вода подается потребителю насосами. Такая комбинированная установка называется теплоэлектроцентралью, сокращенно ТЭЦ (см. *Электрические станции*), а процесс составляет энергетич. основу теплофикации. Тепловой баланс такой установки представляется в след. виде (в %):

Различные потери в котле	17—20
Потери при транспорте тепла от котла до турбины	1,5—1,5
Потери в турбине (механические и тепловые)	1,6—1,8
Потери с охлаждающей водой в конденсаторе турбины	9,9—16,7
Полезно использованное тепло:	
на выработку электроэнергии	20
отдано тепловым потребителям	77—15 } 80 45 }

Т. о. коэф. использования топлива для ТЭЦ может доходить до 70%. Потери на транспорте

тепла такие же, что и для ТЭЦ (кпд теплопроводов $\approx 0,9$). На первый взгляд может показаться, что в данном случае отсутствуют какие-либо преимущества перед централизованным снабжением теплом от центральной районной котельной, имеющей такое же использование топлива. Это происходит потому, что коэф. использования топлива для ТЭЦ не характеризует количества электроэнергии, выработанной на тепловом потреблении (в среднем 1 kW на каждые 7—10 кг пара, отданного потребителю), к-рое при раздельном производстве тепла и электроэнергии д. б. выработано на конденсационной станции с коэф-том использования топлива в 10—17%. При комбинированном производстве тепловой и электрич. энергии по сравнению с раздельным получают следующие соотношения: а) экономия в топливе, с учетом вырабатываемой электроэнергии, по сравнению с раздельной выработкой тепловой энергии на центральных котельных и электрич. энергии на конденсационной электростанции получается порядка 20—25%; б) экономия в топливе по сравнению с местными отопительными установками с собственными индивидуальными котельными составляет 30—35%.

В первоначальном виде теплофикационные установки, за единичными исключениями, представляли фабрично-заводские ТЭЦ, обслуживающие только одно промышленное предприятие паром и электрической энергией. В таких предприятиях само соотношение количеств требуемого тепла и электроэнергии благоприятствовало использованию комбинированного процесса. Параллельная работа с электрич. сетью данного района почти не проводилась. Также не отпускалось тепло за пределы данного промышленного предприятия. В соответствии с этими ограничениями, существо к-рых лежит в частновладельческой системе народного хоз-ва, мощность этих фабрично-заводских ТЭЦ незначительна: она колеблется от нескольких сот до нескольких тыс. kW. Лишь при особенно крупных ф-ках и з-дах она превышает 10 000 kW. Такие ТЭЦ являются типичными для Германии и отчасти Америки. Только после мировой войны, особенно под влиянием топливных затруднений, охвативших в это время страны Центр. Европы, начала развиваться теплофикация с охватом как промышленного, так и коммунального бытового потребления тепла. В ряде случаев производилось переоборудование старых чисто силовых городских электростанций в ТЭЦ, в других случаях строились новые ТЭЦ. Так возникли городские теплофикационные установки в Гамбурге, Берлине, Лейпциге, Мюнхене, Эльберфельде, Бармене и других городах Германии. В США ТЭЦ осуществлены в Рочестере и Портленде. Тепловое потребление жилых районов (максимальная часовая потребность тепла на одного человека) вновь проектируемых рабочих поселков и соцгородов Союза при полном централизованном удовлетворении всех культурно-бытовых потребностей населения по данным Всесоюзного теплотехнич. ин-та можно характеризовать след. средними показателями (в Cal/чв-ч.):

Отопление и вентиляция жил. зданий . . .	950
Отопление и вентиляция культурно-бытовых зданий	290
Горячее водоснабжение	250
Бани	70
Прачечные (при двухсменной работе) . . .	70
Фабрики-кухни (при двухсменной работе)	110

Итого . . . 1740

Этот расход тепла может дать около 0,5 kWh электроэнергии, вырабатываемой на централизованном снабжении теплом. Средняя годовая потребность тепла на одного человека характеризуется следующими показателями (в Cal/чв-ч.):

Отопление и вентиляция жил. зданий	2,25 × 10 ⁶
Отопление и вентиляция культурно-бытовых зданий	0,70 × 10 ⁶
Горячее водоснабжение жилых домов	0,60 × 10 ⁶
Бани	0,12 × 10 ⁶
Прачечные	0,26 × 10 ⁶
Фабрики-кухни	0,37 × 10 ⁶

Итого . . . 4,30 × 10⁶

Развернутое строительство теплофикации в Союзе началось одновременно с реконструкцией промышленности. Июньский (1931 г.) Пленум ЦК ВКП(б) в резолюции о московском городском хоз-ве и о развитии городского хоз-ва Союза указал на значение теплофикации и дал конкретный план ее развития. «Вместе с тем ЦК считает, что до настоящего времени не было уделено достаточного внимания вопросу теплоснабжения Москвы и Московской области и что теплоснабжение Москвы не было увязано с электроснабжением» и далее: «ЦК считает, что для полного удовлетворения возросшей потребности Москвы и обеспечения электрической и тепловой энергией новых промышленных предприятий и бытовых нужд населения города необходимо развитие всего энергетического хозяйства города в направлении теплофикации». К концу первой пятилетки в Союзе построено и передано в эксплуатацию 45 фабрично-заводских ТЭЦ на общую мощность 275 000 kW. Одновременно к построенным уже фабрично-заводским ТЭЦ присоединялись в качестве потребителей тепла дополнительно ф-ки и з-ды, а также жилые и другие здания района, и т. о. они превращались в районные ТЭЦ (Красно-Пресненская ТЭЦ и Первая ТЭЦ высокого давления в Москве, ТЭЦ им. Веры Слуцкой в Ленинграде и др.). Понятно с превращением фабрично-заводских ТЭЦ в районные было приступлено к переоборудованию нек-рых старых чисто силовых электростанций в ТЭЦ путем установки на них теплофикационных турбин. Это было произведено на 1-й государственной электростанции в Москве, на 2-й и 3-й электростанциях в Ленинграде и на бывшей Коммунальной электростанции в Харькове, наконец на городских электростанциях Ярославля и Костромы. Кроме того была сооружена новая небольшая городская ТЭЦ в г. Пскове. Однако осуществление плана электрификации страны с установкой на строительстве крупных районных электростанций стояло в противоречии со строительством мелких ТЭЦ; поэтому июньский Пленум ЦК ВКП(б) 1931 г. дал директиву: «в дальнейшем плане электрификации страны должна быть во всем объеме учтена задача развернутого строительства мощных теплоэлектроцентралей». В результате к XVII Партийному съезду централизованный отпуск тепла с ТЭЦ достигал значительных размеров. По станциям, входящим в систему Главэнерго, рост отпуска тепла по годам характеризуется следующими показателями (в тыс. MCal): в 1931 г.—1 300; в 1932 г.—1 900; в 1933 г.—2 300; в 1934 г.—3 400 (план). По Союзу в целом в 1933 г. отпуск тепла с ТЭЦ достиг 6,5—7 млн. MCal. Это показывает, что на базе теплового потребления выработано свыше 1 млрд.

kWh и достигнута экономия за один только год в размере 700 000—800 000 т условного топлива.

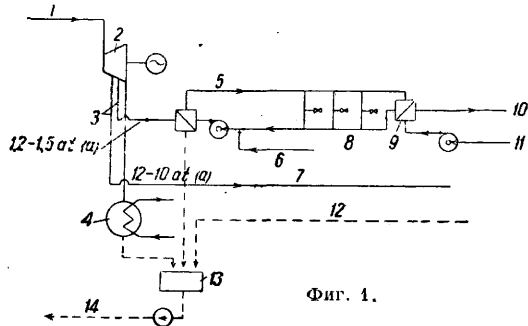
Тепловые сети. Под тепловыми сетями понимается внешняя сеть теплопроводов, передающих тепло в виде пара или горячей воды от теплоцентрали или ТЭЦ к отдельным потребителям тепла (ф-кам, з-дам, коммунальным предприятиям, домам).

Потребители тепла, присоединяемые к тепловым сетям, м. б. разбиты на следующие категории: а) отопление и вентиляция жилых, общественных и производственных зданий; б) бытовое потребление тепла (горячее водоснабжение); в) потребление тепла на производственно-технологические нужды промышленных и коммунальных предприятий. Для отопительно-вентиляционных нужд основным видом теплоносителя в настоящее время в СССР является горячая вода. Это касается как жилых и общественных, так и фабрично-заводских зданий, где вода как теплоноситель для отопления и вентиляции получает все большее распространение, вытесняя пар. Водяные отопительно-вентиляционные системы имеют те преимущества по сравнению с паровыми, что дают возможность центральной котельной регулировать количества подаваемого тепла в зависимости от t° наружного воздуха, требуют низких параметров теплоносителя, а также облегчают транспортировку тепла на большие расстояния. Бытовое потребление тепла может быть удовлетворено также с помощью горячей воды. Коммунальные предприятия для обслуживания своих производственно-технологических процессов требуют, в зависимости от предприятия, воду или пар или тот и другой вид теплоносителя. Так, бани м. б. удовлетворены исключительно горячей водой; для прачечных и фаб-

сеть на производство, 8—потребители, 9—водяной подогреватель, 10—горячая вода на бытовые или производственные нужды, 11—обратная вода от потребителя, 12—конденсат из производства, 13—конденсатный бак, 14—конденсат в котел).

Параметры теплоносителей, требуемые различными тепловыми потребителями, колеблются в широких пределах. Темп-ра воды для бытовых нужд д. б. порядка 60—80°; для отопления жилых зданий—не выше 90—95°; для вентиляционных целей и отопления фаб.-зав. зданий достигает 120—130°; для производственных нужд t° колеблется в широких пределах, достигая 120—130°, а в некоторых случаях и выше. Различные производственно-технологические процессы промышленных предприятий требуют пар самого различного давления. Так, текстильная пром-сть предъявляет требования на пар порядка 3—4 ат(а), целлюлозно-бумажная 3—4 ат(а) и 7—8 ат(а), нефтепергонная пром-сть для крекинг-процессов требует пар давлением 14 ат(а). В условиях снабжения теплом от ТЭЦ, как это имеет место в наших тепловых сетях, необходимо установить определенные параметры давления пара в сетях, чтобы сделать возможной стандартизацию отборов пара у турбин, снабжающих теплом сеть. В качестве таких стандартных давлений отбираемого пара от турбин принято: для производственно-технологич. целей 6 и 12 ат(а) и для отопительно-вентиляционных нужд 1,2—2,5 ат(а). Наивысшая температура воды, подаваемой в тепловую сеть, определяется требованиями потребителей и экономическим расчетом сети. В современных проектах тепловых сетей эта температура принимается в 120—140°.

Режимы регулирования тепловых сетей. Одним из существенных вопросов в работе водяных тепловых сетей является вопрос о режиме работы (режиме регулирования) сети. В водяных сетях могут применяться три режима регулирования: качественный, количественный и комбинированный. В помещениях с водяными системами отопления можно легко поддерживать требуемый t° -ный режим (постоянная t° воздуха в помещениях) путем изменения t° подаваемой воды при изменении t° наружного воздуха. При этом количество циркулирующей в отопительной системе воды остается постоянным. Подобный режим подачи постоянного количества воды в сеть и регулирования количества подаваемого тепла путем изменения t° воды, отходящей с ТЭЦ (в зависимости от t° наружного воздуха), носит название режима качественной регулировки. Такой режим имеет применение при обслуживании отопительно-вентиляционных потребителей, гл. обр. при теплофикации городов и фабрично-заводских поселков, где основной является отопительно-вентиляционная нагрузка. Постоянное количество циркулирующей в сети воды создает одновременно и постоянный гидравлич. режим работы сети, что особенно важно для отопительных систем, работающих с применением водо-водяного элеватора (эжектора), с помощью к-рого часть охладившейся в системе воды подмешивается к более горячей, чем требуемая для отопления, воде, подаваемой из тепловой сети, и т. о. в отопительной системе достигается требуемая t° воды. При режиме количественной регулировки поддерживается постоянной t° подаваемой воды и



Фиг. 1.

рик-кухонь требуется как пар, так и горячая вода. Промышленные предприятия для производственно-технологич. процессов требуют как пар, так и горячую воду, однако главную роль играет здесь пока пар. Следует отметить, что в последнее время в ряде производственных процессов сделаны известные успехи в отношении перехода с пара на горячую воду. Т. о. в настоящее время в тепловых сетях применяется два вида теплоносителей—пар и горячая вода, которыми м. б. удовлетворено подающее большинство тепловых потребителей. Не м. б. присоединены к тепловым сетям потребители, требующие тепло очень высокого потенциала (300—400°). Принципиальная компоновка ТЭЦ и увязка ее с потребителями через тепловую сеть видны из фиг. 1 (где: 1—пар из котла, 2—турбогенератор, 3—отборный пар из турбины, 4—конденсатор, 5—водяная сеть, 6—пополнение убыли воды в сети, 7—паровая

меняется количество воды. При присоединении отопительно-вентиляционных систем к тепловой сети, работающей по количественному режиму, отпадает возможность централизованной регулировки отпускаемого с ТЭЦ количества тепла при изменении t° наружного воздуха, и регулировка должна осуществляться вручную (или с помощью автоматики, устанавливаемой непосредственно у потребителя). При этом всякое заметное изменение количества циркулирующей в сети воды влечет за собой и изменение гидравлич. режима сети, что требует также дополнительной регулировки. Однако этот режим представляет существенный интерес для районов промышленных и смешанных (со значительным количеством промышленных потребителей, питаемых от той же сети, что и отопительные системы зданий), т. к. для производственных нужд требуется вода постоянной t° . При режиме качественной регулировки при высоких t° наружного воздуха t° подаваемой в сеть воды обычно бывает ниже 70° . Подобное понижение t° воды нежелательно в тех случаях, когда вода от тепловой сети служит напр. также для нагревания воды, предназначенной для бытовых нужд. В подобных сетях м. б. применен режим комбинированной регулировки. В случае питания от сети и бытовых нужд регулировка от низких t° наружного воздуха до t° воздуха, отвечающей t° воды (напр. в 70°), может осуществляться по качественному методу, а при более высоких t° наружного воздуха—по количественному методу; при этом, во избежание чрезмерного повышения температуры в зданиях в теплые дни, подача тепла может производиться с перерывами.

Системы тепловых сетей. Наличие двух теплоносителей в тепловых сетях (пара, предназначенного для удовлетворения производственно-технологич. нужд промышленных предприятий, и воды, предназначенной в основном для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения), различные требования к режиму работы, предъявляемые отопительно-вентиляционными системами, промышленным потреблением воды и горячим водоснабжением, определяют и характер системы тепловых сетей, применяемых для теплофикации отдельных районов. Для водяных сетей в жилых районах преимущественно с отопительно-вентиляционной нагрузкой и бытовым потреблением тепла основной системой является двухтрубная (одна прямая труба и одна обратная). Удовлетворение бытовых нужд при этой системе осуществляется путем нагрева горячей водой из сети городской воды в специальных водоводяных подогревателях (бойлерах). Осуществляемая в нек-рых случаях для жилых районов трехтрубная система (труба, подающая тепло для отопительно-вентиляционных установок, труба, подающая воду для горячего водоснабжения, и общая обратная труба) является более дорогой системой и получила меньшее распространение. Паровые сети в жилых районах предназначаются для удовлетворения производственных потребителей—фабрик-кухонь, прачечных и некоторых других коммунальных предприятий. В промышленных районах, где для производственно-технологических целей требуется пар, а для отопления и вентиляции—горячая вода, применяется смешанная система тепловых сетей, состоящая из паровых и водяных сетей.

Паровые сети при потреблении пара одного параметра обычно состоят из одной прямой трубы и одной обратной для конденсата, причем часто, и особенно при работе отопления и вентиляции также на паре, применяется еще вторая прямая труба, которая одновременно служит известным резервом на случай выхода одной из труб из работы. В случае потребления производством пара двух параметров при значительном количестве потребляемого пара обоих параметров устраивают две независимые системы паровых сетей. В отношении водяных сетей для промышленных районов м. б. распространены соображения, изложенные выше в отношении водяных сетей для жилых районов. Однако большая удельная теплоплотность промышленных районов дает и больше предпосылок для выделения горячего водоснабжения в независимую магистраль, в особенности при значительном потреблении горячей воды на технологич. нужды.

Схемы тепловых сетей в основном определяются географич. размещением тепловых потребителей (планировкой города, фабрично-заводского района). Различаются схемы однорадиальные (незамкнутые), многорадиальные (незамкнутые и замкнутые) и кольцевые. Первый тип сетей (однорадиальных) получил распространение в старых, сравнительно небольших городах, где в принципах старой планировки создавалась главная улица, застроенная наиболее крупными зданиями, оборудованными центральными системами отопления. Тепловая магистраль прокладывалась по этой главной улице, и ответвления давались в прилегающие переулки. Многорадиальная система применяется в городах со сравнительно равномерной застройкой и особенно применима в городах с правильной квартальной застройкой, как проектируются наши новые социалистич. города. Применение замкнутой системы (перемычки) дает возможность в случае аварии в том или ином участке сети частично переключить потребителей аварийного участка на исправное ответвление. Применение кольцевой системы, в особенности с перемычками между ответвлениями, дает возможность создать сеть наиболее надежную в смысле бесперебойности снабжения. Однако кольцевые сети являются наиболее дорогими по стоимости из рассмотренных типов сетей. Применение распределительных насосных подстанций позволяет увеличить радиус действия водяной теплофикационной сети до 10—15 км против 5—7 км для обычных сетей. Экономический радиус действия паровых сетей лежит в тех же пределах и ограничивается, с одной стороны, потерей давления, а, с другой, при повышении начальных параметров передаваемого на дальнее расстояние пара, уменьшением выработки электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении.

Основы экономического выбора сетей. Экономический выбор системы теплофикации в паровых сетях (наивыгоднейшего давления в начале тепловой сети и наивыгоднейших диаметров трубопроводов сети) и в водяных сетях (температура подаваемой в сеть воды, режима регулирования сети, схемы тепловой сети и диаметров трубопроводов) осуществляется, исходя из следующих положений. Теплофикационная система состоит из теплоэлектроцентрали, тепловой сети и теплоиспользующей аппаратуры у абонентов. Обычно со стороны потребителей тепла к параметрам теп-

лоносителей (давлению и темп-ре пара и воды) предъявляются совершенно определенные требования, вытекающие из условий технологического процесса. При проектировании тепловых сетей эти параметры обычно бывают заданными. Т. о. экономическому выбору подлежат диаметры паровой сети и t° воды и диам. водяной сети. Если экономический выбор системы осуществлять, исходя из годовых расходов по эксплуатации системы, то они для паровой сети будут определяться расходами, связанными с выработкой электрич. энергии на ТЭЦ (на тепловом потреблении), и расходами по эксплуатации тепловой сети. Последние определяются амортизационными отчислениями по сети, расходами на ремонт и обслуживание тепловой сети и размерами тепловых потерь. Понижение начального давления в тепловой сети вызывает увеличение полезного перепада в паровой турбине и увеличение выработки электрич. энергии. Но, с другой стороны, увеличение начального давления сети уменьшает располагаемое падение в тепловой сети, увеличивает ее диаметр, а следовательно и стоимость. Т. о. задача экономического расчета паровой сети сводится к нахождению оптимального начального давления тепловой сети, при к-ром экономичность установки была бы максимальной. На экономику водяной тепловой сети влияют температурный перепад воды в сети (разность темп-р в подающей трубе и обратной) и стоимость тепловой сети. Чем больше будет температурный перепад воды в сети, тем выше д. б. темп-ра воды, подаваемой в тепловую сеть, и тем следовательно выше д. б. давление отбираемого от турбины пара. Повышение давления пара в отборе уменьшает количество вырабатываемой электрич. энергии на ТЭЦ. С другой стороны, чем больше будет температурный перепад воды в тепловой сети, тем меньшее количество воды придется перекачивать по тепловой сети на единицу подаваемой тепловой энергии и тем меньше будут диаметры сети, а следовательно стоимость тепловой сети и расход электрической энергии на работу насосов. Таким образом задача экономического расчета заключается в том, чтобы найти такой температурный перепад воды в сети и диаметры трубопроводов, при которых экономичность всей системы (ТЭЦ+сеть) была бы максимальной. Задача эта может быть решена путем составления ряда сравнительных вариантов или аналитически.

Расчет тепловой сети составляется из расчетов гидравлического, теплового, механического и строительного. В задачу гидравлич. расчета входит определение падения давления в сети, выбор диаметров труб, определение мощности насосов и исследование поведения сети в гидравлич. отношении при изменении нагрузки в сети. В задачу теплового расчета входит расчет и выбор тепловой изоляции. В задачу механич. расчета входит выбор и расчет механич. сооружений тепловой сети (расчет прочности труб, компенсации, опор и др.). В задачу строительного расчета входит выбор и расчет строительных сооружений тепловой сети.

Гидравлический расчет сети. Падение давления в трубопроводе (для пара или для воды) может быть определено также по формулам:

$$p_1 - p_2 = \frac{\lambda}{2g} \cdot \frac{c^2}{d} \cdot l \cdot \gamma \text{ кг/м}^2,$$

или

$$p_1 - p_2 = \frac{\lambda}{2g} \cdot \frac{12,5}{10^8} \cdot \frac{G^2 l}{d^5 \gamma} \text{ кг/м}^2,$$

где p_1 и p_2 —давления теплоносителя (пара, воды) в начале и конце трубопровода в кг/м^2 (или $\text{мм Н}_2\text{О}$), λ —коэф. сопротивления трубы движению теплоносителя, c —скорость теплоносителя в м/сек , g —ускорение силы тяжести в м/сек^2 , G —вес протекающего теплоносителя в кг/ч , d —диам. трубопровода в м , l —длина трубопровода в м , γ —удельный вес теплоносителя в кг/м^3 .

Коэф. сопротивления λ зависит от характера течения теплоносителя и степени шероховатости труб. В тепловых сетях имеет место исключительно турбулентное (вихревое) движение теплоносителя (пар, вода). Как известно из гидродинамики, характер течения определяется критерием Рейнольдса R_e , равным

$$R_e = \frac{cd\gamma}{g\mu} = \frac{36}{10^6} \frac{G}{d\mu},$$

где μ —коэф. абсолютной вязкости, значения остальных букв приведены выше. При значениях $R_e > 2300$ имеет место турбулентное движение. В тепловых сетях течение пара и воды обычно характеризуется значениями $R_e > 10^5$. Как показали исследования Никурадзе (1933 г.), в обычных шероховатых трубах при $R_e > 10^5$ имеет место квадратичный закон сопротивления движению теплоносителя и λ зависит исключительно от степени шероховатости трубы. Применив логарифмич. закон Кармана и Прандтля для коэф-тов трения в трубах, Никурадзе получил на основании своих экспериментальных данных следующую зависимость для λ :

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \lg \frac{\gamma}{k}\right)^2}.$$

Эту ф-лу следует применять в гидродинамическом расчете современных тепловых сетей вместо ф-л Браббе, Фриттше и др., применявшихся до последнего времени. Ф-ла Никурадзе м. б. несколько упрощена и представлена в следующем более удобном для практического пользования виде:

$$\lambda = \frac{0,093}{\sqrt[4]{\frac{r}{k}}}$$

или

$$\lambda = \frac{0,11}{\sqrt[4]{\frac{d}{k}}}.$$

Упрощенные ф-лы дают весьма близкое совпадение с формулой Никурадзе. В приведенных ф-лах d —внутренний диаметр трубы в мм , r —внутренний радиус трубы, а k —величина абсолютной шероховатости, значение которой для новых железных труб принимают обычно равным $k = 0,2 \text{ мм}$, для железных труб, покрытых небольшим олоем коррозии или накипи, $0,2$ — $0,3 \text{ мм}$ и для старых железных и чугунных труб $0,5$ ÷ $2,0 \text{ мм}$.

Движению теплоносителя (горячая вода, пар) оказывает сопротивление не только прямая труба, но и различные местные сопротивления, имеющиеся в сети. Под местными сопротивлениями понимается арматура (завдвижки, вентили, компенсаторы, тройники и т. д.), включаемая в трубопроводы и вызывающая потерю

напора, а также участки изогнутых труб. Для приближенных расчетов как водяных, так и паровых теплопроводов можно местные сопротивления принять равными 30% от потерь на трение в трубах. Для более точного определения потери давления местными сопротивлениями водяной и паровой сети можно пользоваться ф-лой

$$\Delta p_a = \lambda_a \cdot \frac{c^2}{2g} \cdot \gamma$$

или

$$\Delta p_a = \lambda_a \frac{0,64}{10^8} \cdot \frac{G^2}{d^5 \cdot \gamma},$$

где Δp_a —потери давления, вызываемые местными давлениями на рассчитываемом участке, c —скорость движения воды или пара в м/сек, γ —плотность воды или пара в кг/м³, $g = 9,81$ м/сек², λ —коэффициент местных сопротивлений для данной арматуры (может быть взят из специальной справочников). Для примера приведены значения λ_a для некоторых видов местных сопротивлений: нормальный вентиль—7; вентиль типа Koswa—1,4; вентиль типа Ibeal—0,7; задвижка—0,4; компенсатор лирообразный—2; компенсатор волнистый—3,3.

Тепловой расчет сети и тепловая изоляция. На тепловую изоляцию ложится задача уменьшения величины тепловых потерь при транспорте тепловой энергии по тепловым сетям и обеспечения подачи потребителям тепла требуемых потенциалов. Изоляция, технически правильно спроектированная и выполненная и экономически правильно выбранная и рассчитанная, сводит тепловые потери к тому оптимуму, при котором годовые расходы, связанные с эксплуатацией тепловой изоляции вместе со стоимостью годовых тепловых потерь теплопровода, получаются минимальными. В качестве изоляционных материалов в тепловых сетях применяются: диатомит (трепел), асбест, торф, шерстяные и бумажные очесы, шлаковая вата, доменная пыль и ряд других материалов. Различаются способы изоляции по горячему и по холодному теплопроводам. При первом способе тестообразная мастика набрасывается слоем небольшой толщины на горячую трубу. Когда этот слой высохнет, набрасывают следующий слой, и так до тех пор, пока изоляция не достигнет требуемой толщины. При изоляции по холодному способу применяют заранее приготовленные скорлупы, сегменты, плитки, накладывают их на трубу, укрепляя проволокой. Швы между сегментами подштукатуриваются. Помимо указанных видов изоляции применяется изоляция засыпная (доменная пыль), шлаковая вата, торф и заливная пено- и газобетонная. Засыпная изоляция прокладывается или в бетонных каналах различных сечений, прикрываемых сверху бетонной плитой, или в железных кожухах. Пено- и газобетонная изоляция заливается в виде жидкой массы вокруг трубы в бетонный или пенобетонный канал или в опалубку и в таком виде застывает, образуя вокруг трубы довольно монолитный слой, воспринимающий одновременно и механич. воздействия на трубу извне (давление земли, усилия от проезжающих по земле экипажей). Изоляционная конструкция, изготовляемая по горячему или по холодному способам с помощью скорлуп, сегментов или плит, состоит обычно из трех частей. Первый слой, прилегающий непосредственно

к трубе, носит название защитного слоя; второй слой изоляционной конструкции носит название основного и состоит из одного или нескольких слоев изоляционного материала, обладающего низким коэффициентом теплопроводности и играющего главнейшую роль в тепловом сопротивлении изоляционной конструкции. Органические изоляционные материалы, обычно применяемые для основного слоя, не допускают высоких t° теплоносителя; уже при сравнительно низких t° (до 100—120 $^\circ$) в них начинается процесс сухой перегонки, вызывающий изменение теплоизоляционных свойств материала в сторону ухудшения. Защитный слой в этом случае имеет назначение предохранить основную изоляцию от этих высоких t° теплоносителя. Наружный, третий, слой служит для придания изоляции надлежащего внешнего вида и защиты ее от проникновения влаги. Обычно, в особенности при открытых прокладках, наружный слой делается из миткалевого или бязевого бинта, и затем вся конструкция окрашивается масляной краской или промаливается.

Потери тепла в трубопроводе длиной L м в течение τ часов выражаются следующей ф-лой:

$$Q = 2\pi \cdot k (t_i - t_a) \cdot \tau \cdot L,$$

где Q —потеря тепла в Cal, t_i —температура теплоносителя, t_a —температура окружающей теплопровод среды, k —коэф. теплопередачи, изоляционной конструкции в Cal/м \cdot °C \cdot ч. Коэф. теплопередачи k зависит от толщины и теплоизолирующих качеств изоляционных материалов и от условий перехода тепла от теплоносителя к стенке и от поверхности изоляции в окружающую теплопровод среду.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i r_i} + \frac{1}{\lambda_T} \ln \frac{r_T}{r_i} + \frac{1}{\lambda_{из.}} \ln \frac{r_a}{r_T} + \frac{1}{\alpha_a r_a}},$$

где α_i —коэф. теплоперехода от теплоносителя к стенке в $\frac{\text{Cal}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{ч}}$, α_a —то же от наружной поверхности изоляции в окружающую среду (воздух), r_i —внутренний и r_T —наружный радиусы трубы в м, r_a —наружный радиус трубы с изоляцией в м, λ_T —теплопроводность материала трубы в $\frac{\text{Cal}}{\text{м} \cdot \text{°C} \cdot \text{ч}}$, $\lambda_{из.}$ —средняя теплопроводность изоляционной конструкции в $\frac{\text{Cal}}{\text{м} \cdot \text{°C} \cdot \text{ч}}$.

Падение t° по длине трубопровода при незначительной длине трубопровода м. б. найдено из ф-лы:

$$\Delta t = \frac{q}{G \cdot C_p} l,$$

где q —потеря теплоты в окружающую среду в $\frac{\text{Cal}}{\text{м} \cdot \text{ч}}$, G —весовое количество теплоносителя, протекающего через трубу, в кг/ч, C_p —теплоемкость теплоносителя при постоянном давлении в $\frac{\text{Cal}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$. Эта ф-ла может примеряться и для длинных теплопроводов для горячей воды. Для длинных паропроводов следует пользоваться ф-лой:

$$\ln \frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} = \frac{q_1}{G \cdot C_p} \cdot \frac{l}{t_1 - t_a}$$

или

$$\ln \frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} = \frac{2\pi k}{G \cdot C_p} \cdot l,$$

где t_1 и t_2 —температуры пара в начале и в конце теплопровода, q_1 —потеря тепла с 1 м. м в начале паропровода в $\frac{\text{Cal}}{\text{м} \cdot \text{ч}}$. Среднегодовые потери

тепла в тепловых сетях, помимо качества изоляции, зависят от режима работы, установки, числа часов использования и других факторов. В среднем можно принимать для подземных водяных сетей среднегодовую потерю тепла 8—15%, а для паровых 10—20%.

За последнее время начинает применяться метод прокладки теплопроводов в земле непосредственно, без устройства каналов, причем в некоторых случаях трубы укладываются голые, без изоляции. Потеря тепла одиночным голым трубопроводом, проложенным в земле на небольшой глубине, м. б. с достаточной точностью определена по ф-ле, предложенной Форхгеймером:

$$q = \frac{2\pi \cdot \lambda_{ip} \cdot (t_1 - t_0)}{\ln \frac{a + \sqrt{a^2 + r^2}}{r}} \cong \frac{2\pi \lambda (t_1 - t_0)}{\ln \frac{2a}{r}},$$

где t_1 и t_0 —температуры на поверхности трубы и земли, a —глубина заложения трубы от поверхности до ее центра в м, r —радиус трубы в м, λ_{ip} —коэф. теплопроводности грунта в $\text{Cal}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ (принимается в пределах от 1 до 3). Потеря тепла изолированным теплопроводом, заложеным в землю, м. б. определена по следующей ф-ле:

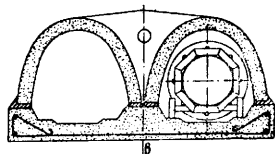
$$q = \frac{2\pi(t_1 - t_0)}{\frac{1}{\lambda_{из.}} \ln \frac{r + \delta}{r} + \frac{1}{\lambda_{ip}} \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + (r + \delta)^2}}{r}}$$

Здесь $\lambda_{из.}$ —коэф. теплопроводности изоляции, δ —толщина изоляции в м, остальные величины те же, что и выше.

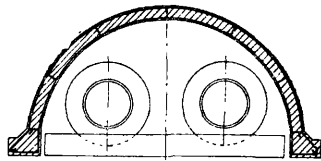
Способы прокладки тепловых сетей. Прокладка тепловых сетей осуществляется в виде надземной и подземной прокладки. Наибольшее распространение до настоящего времени получила подземная прокладка в виде непроходных каналов в земле, в которых укладываются трубы. Надземная прокладка осуществляется в виде прокладки трубопроводов на мачтах, на стенах зданий (с помощью кронштейнов), а иногда и на крышах зданий. Воздушная прокладка тепловых сетей имеет безусловное применение в случаях, вызываемых специальными условиями теплофицируемых районов: высокими грунтовыми водами, расположением на пути ответственных сооружений, заливаемостью района весенними паводками и т. д. Воздушная прокладка может серьезно конкурировать с подземной в смысле экономичности применения того или иного вида прокладки. Но в городах воздушная прокладка почти не применяется по эстетическим соображениям. На фабрично-заводских предприятиях воздушная прокладка распространение получила. Подземная прокладка разделяется на канальную и бесканальную, последняя начинает находить применение лишь в последнее время. Канал в тепловых сетях служит для защиты труб и изоляции от давления почвы и для обеспечения трубе возможности свободного перемещения при t -ных деформациях. В некоторой степени канал вместе с воздушным промежутком, образующимся между наружной поверхностью изоляции трубы и внутренней поверхностью канала, служит и дополнительным тепловым сопротивлением. По своему типу каналы разделяются на проходные и непроходные. Первые

дают свободный доступ к трубопроводам, что естественно делает возможным в случае повреждения трубы быстрого его исправление. Однако большой габарит проходного канала делает его мало рентабельным для одновременной прокладки 2—4 труб, вследствие чего в настоящее время для двух- и трехтрубных сетей, а в некоторых случаях и для четырехтрубных сетей применяются исключительно непроходные каналы, тем более, что практика эксплуатации тепловых сетей уже доказала высокую надежность с точки зрения механич. прочности теплопроводов, проложенных в непроходных каналах. Напротив, при числе подлежащих размещению в канале труб более четырех обычно применяются проходные каналы, т. к. непроходной канал для значительного числа труб получается слишком широким с точки зрения его устройства под улицами и увязки его расположения с другими видами подземных заложений. Сравнение габаритов и расхода материалов одинаковых по числу труб многотрубных проходных и непроходных каналов уже не дает столь большой разницы, как это имело место при сравнении в случае двух- и трехтрубных каналов. При строительстве новых центров в проходных каналах м. б. положены не только теплофикационные теплопроводы, но также водопровод, электрические осветительные телефонные кабели и т. д.

Каналы для тепловых сетей делают из бетона, железобетона, дерева, и в ряде случаев применяются также подходящие местные строительные материалы. Затраты на прокладку канальных теплопроводов составляют 20—25% от стоимости установленного кВт на ТЭЦ. Если считать стоимость сооружения ТЭЦ с оборудованием 400—450 руб. (для 1930—33 г.) на установленный кВт, то ориентировочная стоимость теплопроводов определится в 100—150 руб. на кВт. По отдельным статьям эти расходы примерно распределяются так: трубы 30%; соединения труб, компенсаторы, задвижки, опоры и т. п. 30%, монтаж 20%, изоляция (готовая) 20%. Бесканальная прокладка удешевляет строительные работы по сравнению с канальной примерно на 35%, а общее удешевление бесканальной сети будет на 10—15%, что от общей стоимости теплофикационной установки, включая и со-



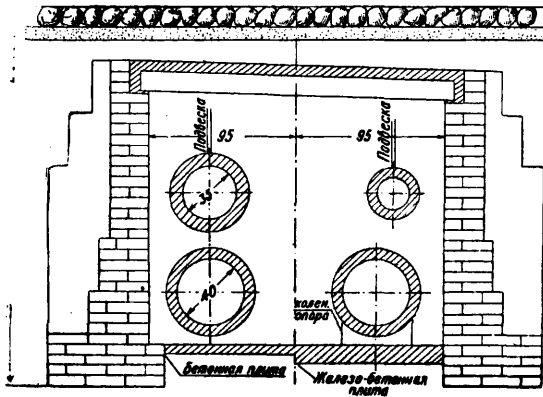
Фиг. 2.



Фиг. 3.

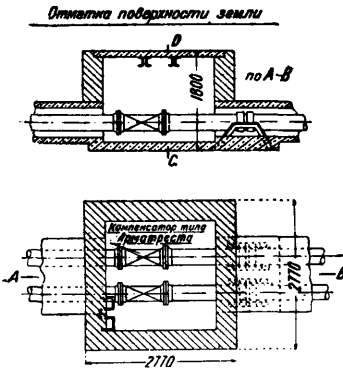
оружение ТЭЦ, составит 3—3,5%. На фиг. 2 и 3 показаны две типовые конструкции непроходных каналов, примененных в тепловых сетях СССР: фиг. 2 — канал, впервые сооруженный от 3-й ГЭС в г. Ленинграде, фиг. 3—канал, применяемый в настоящее время в тепловых сетях г. Москвы. На фиг. 4 показана конструкция кирпичного проходного канала. Ответвления от магистралей к отдельным домам или в переулки с относящейся к ним арматурой и аппаратурой (задвижки, вентили, термометры, манометры и др.), а также компенсаторы, линейные задвижки или вентили размещаются в каме-

рах. Камеры обычно располагаются на расстоянии 50—100 м друг от друга. На фиг. 5а и 5б



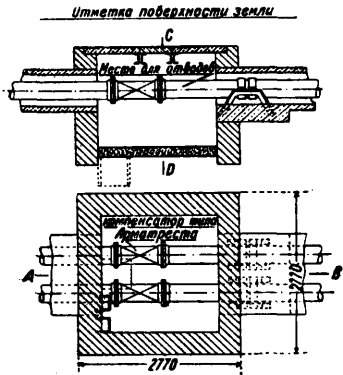
Фиг. 4.

показаны два типа камер: а) при глубоком и б) при неглубоком залегании канала. Мачты для



Фиг. 5а.

стигает 8—10 м и зависит от местных условий (проезд трамваев, поездов и пр.). Рас-

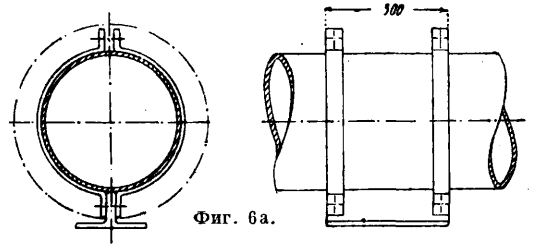


Фиг. 5б.

одновременно использованы для прокладки воздушных электрических сетей, телефона, сигнализации и др.

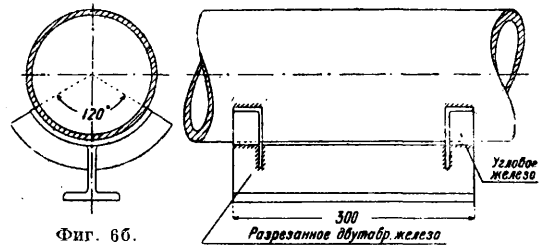
Механическое оборудование сетей. В качестве материала для трубопроводов применяются в настоящее время исключительно железные трубы. Ведущие опыты по применению асбоцементных и деревянных труб. Последние могут в промышленном порядке применяться лишь в неответственных сооружениях

для передачи горячей воды под давлением не выше 2,5 ат(а) и t° до 70—80°. Из способов соеди-



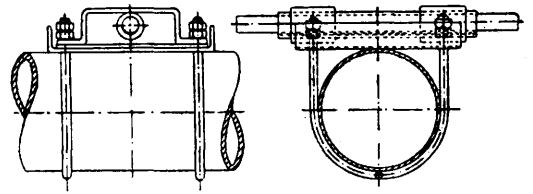
Фиг. 6а.

нения железных труб между собой исключительное применение имеет сварка (газовая и электрическая). Работающие тепловые сети показывают полную надежность сварных стыков.



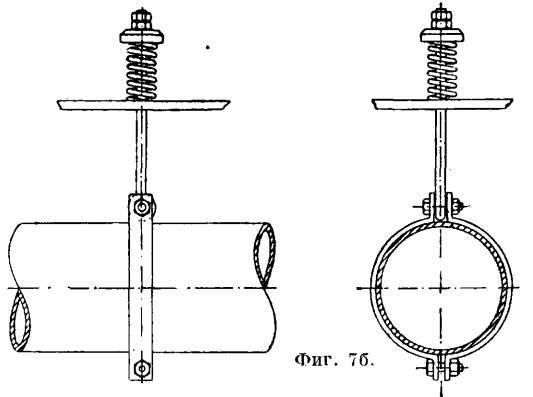
Фиг. 6б.

Фланцевые соединения применяются исключительно в местах установки арматуры и аппаратуры. Трубы в каналах или подвешиваются на подвесках или лежат на опорах. Все виды опор делятся на два типа: подвижные и неподвижные. Под подвижными опорами понимаются



Фиг. 7а.

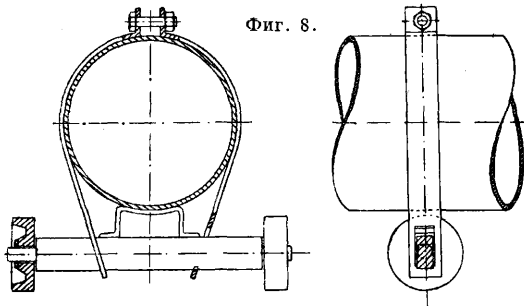
опоры,двигающиеся вместе с трубой при изменении ее местоположения в связи с t° -ными деформациями. Неподвижные опоры остаются на месте и по ним двигается труба. Опоры м. б.



Фиг. 7б.

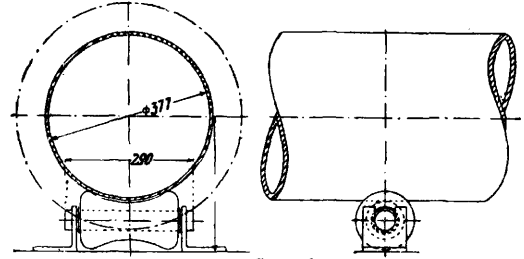
вращающиеся и скользящие. К опорам первого типа относятся каретки, ролики, подшипники с вращающимися валиками или трубками. Фиг. 6а и 6б дают чертеж скользящей опоры; фиг. 7а

и 76 изображает подвесные опоры; фиг. 8 изображает каретку (подвижная опора) и фиг. 9 —



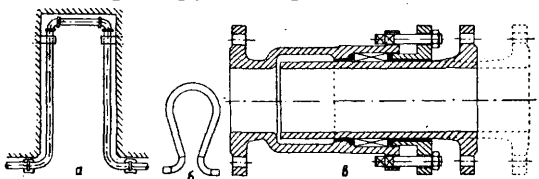
Фиг. 8.

ролик (неподвижная опора). Весьма важную роль в тепловых сетях с точки зрения обеспечения бесперебойности и надежности их работы



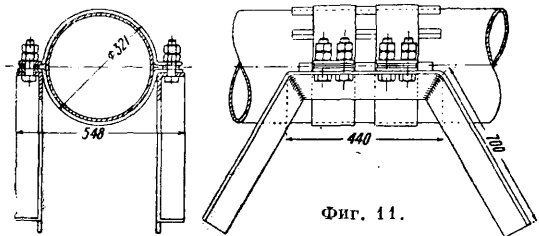
Фиг. 9.

играет компенсация тепловых сетей. Трубопроводы укладываются в каналы, где их местоположение фиксируется мертвыми точками. Вся-



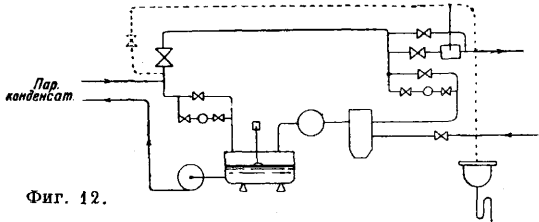
Фиг. 10.

кое изменение t° теплоносителя вызывает изменение линейных размеров трубопровода, к-рое и д. б. воспринято. Восприятие этого линей-



Фиг. 11.

ного расширения носит название компенсации, а воспринимающие приборы называются ком-



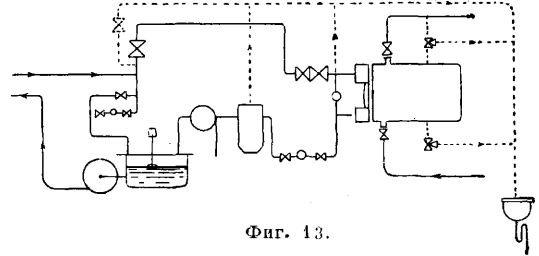
Фиг. 12.

пенсаторами. Коэф. линейного расширения для железных труб $\alpha = 0,000011 \div 0,000012$. Изменение длины трубопровода длиной l под влия-

нием изменения t° теплоносителя определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot (t_1 - t_0) \cdot l_0,$$

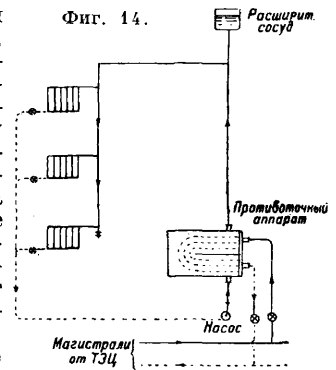
где Δl — изменение длины трубопровода в м, $(t_1 - t_0)$ — изменение t° теплоносителя. Компенси-



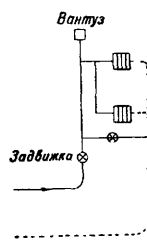
Фиг. 13.

рующая способность устанавливаемого компенсатора рассчитывается на максимально возможное изменение длины трубы. Компенсаторы,

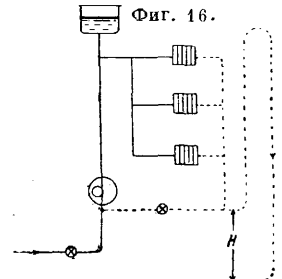
к-рые применяются в настоящее время в тепловых сетях, могут быть разбиты на два класса: гибкие и скользящие. К первому классу компенсаторов относятся всякого рода колена и изгибы, которые получаются по условиям конфигурации сети и носят название естественной компенсации: П- и лирообразные и подобные им виды компенсаторов, а также волнистые, диафрагменные и компенсаторы типа гибкого рукава. Ко второму классу, который носит название



Фиг. 14.



Фиг. 15.



Фиг. 16.

скользящих компенсаторов, относится обширный по количеству существующих конструкций тип сальниковых компенсаторов, изображенный на фиг. 10, где: а — П-образный, б — лирообразный, в — сальниковый. Теплопровод в смысле компенсации разбивается на участки 50—100 м. Каждый такой участок по обоим концам закрепляется неподвижно в канале или камере т. н. мертвой точкой (фиксипункт); на участке ставится компенсатор, к-рый и воспринимает удлинение или сокращение длины трубопровода. Конструкция мертвой точки дана на фиг. 11. В качестве запорной и регулирующей арматуры в сетях применяются задвижки и вентили.

Фиг. 17.

В верхней точке петли имеется открытое отверстие, связанное с атмосферой. Замкнутая схема применяется в тех случаях, когда давление в обратной магистрали в месте присоединения здания больше высоты здания. Как было указано выше, вода в отопительных системах, напр. жилых зданий, не должна превышать 90°. Между тем в тепловой сети может циркулировать вода значительно более высокой t° . Требуемая t° в отопительных системах достигается путем подмешивания к горячей воде, поступающей из сети, воды, уже охладившейся в отопительной системе, с помощью водоводного элеватора (эжектора), как показано на фиг. 17. Конструкция элеватора показана на фиг. 18. Изменение t° воды в теплофикационной системе вызывает изменение ее объема (увеличение при повышении t° и уменьшение при ее понижении). Чтобы дать воде возможность свободно расширяться в тепловой сети, на обратной магистрали устанавливают расширительный резервуар. Высоту установки выбирают т. о., чтобы предохранить сеть от возможного вскипания воды в случае остановки циркуляционных насосов сети.

Сравнение показателей работы теплофикационных установок Союза с крупнейшими мировыми показывает те возможности, к-рые дает социалистич. хозяйство для развития наиболее экономичных энергетич. систем (табл. 25).

Табл. 25. — Данные о теплофикационных установках СССР и иностранных.

Города	Годы	Мощность ТЭЦ, MW	Отпуск тепла, тыс. MCal	Примечания
Нью Йорк . . .	1930	13,5	3 500	Почти все в остром паре То же. Выработано ок. 16,4 млн. kWh
Детройт	1930	10,6	700	
Питтсбург	1930	5	450	Острый пар 50% Острый пар 25%
Гамбург	1931	5	205	
Москва	1933	28	535	
Москва (план) .	1934	113	950	
Ленинград	1933	21	335	
Ленинград (план)	1934	21	420	

Москва по количеству отпускаемого тепла в 1934 году выходит на второе место в мире. Тепловые сети Москвы на 1/1 1934 года имеют общую протяженность 26 км (фиг. 19) при кубатуре зданий, присоединенных к ним, в 12,5 млн. м³, опередив в этом отношении Детройт (11,5 млн. м³). Ленинград по отпуску тепла становится наравне с третьей в мире установкой—Питтсбургской, но по качественным показателям ее опережает. Общая протяженность тепловой сети Ленинграда на 1/1 1934 г. составляет 35 км (фиг. 20).

Лит.: Гинтер Л., Теплофикация центрального района г. Ленинграда, М.—Л., 1928; Шифринсон Б., Теплофикация городов, М., 1929; Максимов Т., Централизованное снабжение тепловой энергией. Генплан электрификации, т. 7, М., 1932; «Труды 1-го Всесоюзного съезда по теплофикации», М., 1931; Нормы и технические условия проектирования тепловых сетей, М.—Л., 1933; Bericht über d. XII u. XIII Kongress für Heizung und Lüftung, Mch., 1928—30; Sch wedler F., Handbuch der Rohrleitungen, В., 1932; Handbook of the National District Heating Association, 1932; Sch ultz E., Öffentliche Heizkraftwerke und Elektrizitätswirtschaft in Städten, В., 1933. Ж. Танер-Таненбаум и Б. Шифринсон.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ, система единиц измерения электрич. величин. Существует ряд различных систем Э. е., среди к-рых наи-

большим распространением пользуются т. н. абсолютные системы Э. е. и международная. Система механич. единиц измерения основана на трех основных единицах. Наиболее распространенными в науке и все больше проникающими в технику являются системы, построенные на основных единицах—длине, массе и времени, напр. CGS или MTS. Для определения электрич. величин необходимо иметь не три, а четыре основные единицы измерения, т. е. следует к трем основным единицам механич. системы добавить еще одну основную Э. е. Однако по историч. причинам были установлены две основные международные Э. е.—ампер и ом, т. ч. из пяти определенных законом основных единиц одна является на самом деле производной и не м. б. определена независимо от остальных четырех. По существующим узаконениям при всех электрич. измерениях, производимых в торговле, технике и во всех отраслях народного х-ва СССР, должны применяться международные Э. е. Из них основными являются: единица электрич. сопротивления—международный ом (см.)—и единица электрич. тока—международный ампер (см.). Эти две единицы определяют мощность в 1 международный ватт (см.) как произведение 1 V на 1 A. С другой стороны, мощность в 1 W м. б. определена в системе механич. единиц как 1 джоуль в ск., т. е. 10⁷ эргов в ск. Поэтому может оказаться различие в величине джоуля, определяемого из Э. е. (международный джоуль) и из механич. единиц (абсолютный джоуль). И действительно между этими единицами в результате точных измерений обнаружена разница в 0,032% (см. Джоуль). Т. о. в узаконенных определениях основных механических и Э. е. существует противоречие, однако оно не имеет практич. значения для подавляющего большинства измерений, т. к. их точность не позволяет обнаружить разницу в 0,032%. Точные величины единиц сопротивления и тока, обязательные для всего СССР, определяют Всесоюзным институтом метрологии и стандартизации (ВИМС). Для удобства измерений ВИМС изготовляет нормальные сопротивления и нормальные элементы, служащие образцами электрического сопротивления и эдс (см. Эталоны). В табл. 1 даны важнейшие производные электрических единиц в международной системе единиц.

Кроме международных Э. е. наибольшим распространением пользуются три абсолютные системы: гауссова система, абсолютная электростатическая система CGSE, абсолютная электромагнитная система CGSM. Эти системы отличаются друг от друга выбором значения диэлектрич. и магнитной проницаемости вакуума. Закон Кулона имеет одинаковую структуру в электрическом и в магнитном поле, определяя силу F взаимодействия на расстоянии r между двумя электрич. зарядами q_1 , q_2 или между двумя фиктивными магнитными массами q_{m1} и q_{m2} . Для вакуума этот закон имеет вид:

$$F_e = -k_e \frac{q_{e1}q_{e2}}{r^2}, \quad F_m = -k_m \frac{q_{m1}q_{m2}}{r^2},$$

где k_e , k_m —коэф-ты, зависящие от выбора единиц измерения. В абсолютной системе Гаусса выбирают единицы измерения электрич. заряда q_e и фиктивной магнитной массы т. о., чтобы коэф-т $k_e = k_m = 1$. Такое допущение соответствует принятию одинаковой размерности как для векторов смещения и напряженности

Табл. 1.—Важнейшие производные Э. е. в международной системе единиц.

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Электрический ток	I	ампер
Электрическое сопротивление	R	ом
Электрический заряд	q	1 кулон = 1 ампер · 1 сек. кулон = 1 ампер · 1 сек.
Электрическое смещение	D	$\frac{1 \text{ см}^2}{1 \text{ ампер} \cdot 1 \text{ сек.}}$
Электрическое напряжение	U, V	1 вольт = 1 ампер · 1 ом
Напряженность электрического поля	E	$\frac{1 \text{ вольт}}{\text{см}} = \frac{1 \text{ ампер} \cdot 1 \text{ ом}}{1 \text{ см}}$
Электрическая емкость	C	1 фарада = 1 кулон / 1 сек. 1 вольтсек. = 1 ом · 1 ампер · 1 сек.
Диэлектрический коэф. (электрич. проницаемость)	ϵ	$\frac{1 \text{ фарада}}{\text{см}} = \frac{1 \text{ сек.}}{1 \text{ ом} \cdot 1 \text{ см}}$
Поток магнитной индукции	Φ	1 вольтсек. = 1 ом · 1 ампер · 1 сек.
Магнитная индукция	B	$\frac{1 \text{ вольтсек.}}{\text{см}^2} = \frac{1 \text{ ом} \cdot 1 \text{ ампер} \cdot 1 \text{ сек.}}{1 \text{ см}^2}$
Напряженность магнитного поля	H	$\frac{1 \text{ ампер}}{\text{см.}} = \frac{1 \text{ ампер}}{1 \text{ см.}}$
Индуктивность	L, M	1 генри = 1 ом · 1 сек. генри = 1 ом · 1 сек.
Магнитная проницаемость	μ	$\frac{1 \text{ см}}{1 \text{ ампер}} = \frac{1 \text{ см}}{1 \text{ ампер}}$
Мощность	P	1 международный ватт = 1 ампер · 1 ом
Энергия	W	1 международный джоуль = 1 ампер ² · 1 ом · 1 сек.

ность длины в системе CGSM и в этой системе тоже измеряется в см. Такие обозначения Э. е. нельзя считать удачными. Несколько лет тому назад в США попробовали ввести названия для абсолютных Э. е. по аналогии с международными, например: абампер—единица тока CGSM, статампер—единица тока CGSE, абвольт—единица напряжения CGSM, ставольт—единица напряжения CGSE. Эти обозначения не получили распространения.

Размерность электрич. и магнитных величин в системах CGSE и CGSM выражается ф-лами, содержащими дробные степени основных величин, что неудобно для пересчета. Если же выбрать в качестве основных величин ампер, вольт, метр

и секунду, то получаются формулы размерности, весьма удобные для пересчета. В табл. 3

и секунду, то получаются формулы размерности, весьма удобные для пересчета. В табл. 3

Табл. 2.—Принятые соотношения для различных Э. е.

электрич. поля, так и для векторов магнитной индукции и напряженности магнитного поля. В этой системе q_e и q_m имеют одинаковую размерность $[M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-1}]$, а E, H, D, B имеют одинаковую размерность $[M^{\frac{1}{2}}L^{-\frac{1}{2}}T^{-1}]$. Связь между электрич. и магнитными величинами дается уравнениями Максвелла (см. Максвелла уравнения).

Система Э. е. Гаусса применяется гл. обр. в научной физической литературе. Абсолютная система CGSE построена т. о., что в законе Кулона для электрических зарядов принимается $k_e = 1$. Тогда электрич. проницаемость вакуума ϵ_0 является отвлеченным числом, но магнитная проницаемость в системе CGSE является числом именованным. Абсолютная система CGSM построена таким образом, что в законе Кулона для фиктивных магнитных масс принимается $k_m = 1$. Тогда магнитная проницаемость становится отвлеченным числом, а диэлектрическая проницаемость—именованным.

Наличие трех различных абсолютных систем понятно сильно затрудняет числовые расчеты. Все наши измерительные приборы градуированы в международных единицах. Поэтому вычисления в международных единицах представляют больше всего удобств для технич. расчетов. Однако до сих пор еще довольно часто применяют абсолютные Э. е. и поэтому приходится прибегать к таблицам для пересчета электрич. величин из одной системы в другую. Для наиболее употребительных величин этот пересчет можно производить по табл. 2. Единица емкости в системе CGSE имеет размерность длины. Поэтому часто емкость измеряют в см. С другой стороны, индуктивность имеет размер-

Величина	Практич. единица	Единица CGSE	Единица CGSM
Электрич. напряж.	V	300 V	10^{-8} V
» ток	A	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ A	10 A
» сопротивл.	Ω	$9 \cdot 10^{11}$ Ω	10^{-9} Ω
» заряд	C	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ C	10 C
» емкость	F	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$ F	109 F
Индуктивность	H	$9 \cdot 10^{11}$ H	10^{-9} H
Магнитный поток	вольтсекунда	300 вольтсекунд	1 максвелл = 10^{-8} вольтсекунд
Магнитная индукция	вольтсекунда / см ²	300 вольтсекунд / см	1 гаусс = 10^{-8} вольтсекунд / см ²
Напряженность магнитного поля	A/см	—	1 эрстед = $\frac{1}{1,256} 10^{-8}$ A / см

Табл. 3.—Размерности некоторых величин.

Величина	Размерность
Электрич. сопротивление	$[R] = [I^{-1}U]$
Электрич. заряд	$[q] = [IT]$
Электрич. смещение	$[D] = [IL^{-2}T]$
Напряженность электрич. поля	$[E] = [UL^{-1}]$
Диэлектрич. коэф.	$[\epsilon_0] = [IU^{-1}L^{-1}T]$
Электрич. емкость	$[C] = [IU^{-1}T]$
Поток магнитной индукции	$[\Phi] = [UT]$
Магнитная индукция	$[B] = [UL^{-2}T]$
Напряженность магнитного поля	$[H] = [IL^{-1}]$
Магнитная проницаемость	$[\mu_0] = [I^{-1}UL^{-1}T]$
Индуктивность	$[L] = [I^{-1}UT]$
Мощность	$[P] = [IU]$
Энергия	$[W] = [IUT]$

приведены размерности некоторых величин в зависимости от размерностей четырех основных величин: ток $[I]$, напряжение $[U]$, длина $[L]$ и время $[T]$.

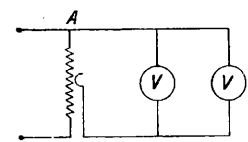
Лит.: Хвольсон О., Курс физики, Берлин, 1923; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, Л., 1928; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 2 u. 16, Berlin, 1926—27; Abraham-Вескер, Theorie d. Elektrizität, Band 1, 8 Auflage, Leipzig—Berlin, 1930. В. Шпильерсйн.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ, см.

Дополнительный том.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ охватывают широкую область измерений чисто электрич. магнитных и неэлектрич. величин. При измерении магнитных или неэлектрич. величин используют связь измеряемой величины с какой-либо электрич. величиной и, измеряя эту последнюю, по ней определяют искомую величину.

Электрические измерения. Измерения напряжения постоянного тока. Напряжения порядка 10^{-6} В м. б. измерены при помощи зеркальных гальванометров, однако при значительном потреблении тока (порядка 10^{-6} А). Большие напряжения (10^{-4} — 10^{-2} В) измеряют подвесными стрелочными гальванометрами и обыкновенными милливольтметрами. Напряжения порядка 10^{-1} — 10^4 В измеряют обыкновенными вольтметрами магнитоэлектрич. системы; более высокие напряжения приходится измерять электростатич. вольтметрами, т. к. магнитоэлектрические потребляют слишком большую мощность от измеряемого напряжения. При измерении напряжения к зажимам цепи, между к-рыми имеется это напряжение, включают измеряющий прибор (вольтметр), при этом через прибор от источника напряжения проходит ток, создающий нежелательную потерю энергии от источника напряжения. Потенциометром, если он включается без посредства делителя напряжения, можно измерить напряжение без потребления тока от источника напряжения. В таком случае пределами измерения напряжения служат 0,1 мВ и 1,8 В (числа дают порядок пределов измерения для большинства потенциометров). Вольтметры постоянного тока принадлежат гл. обр. к магнитоэлектрической системе и при напряжениях больше 600 В получают наружное добавочное сопротивление. Электромагнитные вольтметры применяются также при измерениях постоянного тока, они дешевле магнитоэлектрических, но потребляют больше энергии и являются менее точными (дают погрешность в 2% вместо 1% у магнитоэлектрических). При измерении высоких напряжений, если измеритель нельзя заземлить, его помещают на изоляторе и защищают от прикосновения стеклом. Добавочное сопротивление помещают на изоляторе и корпус его не заземляют. Добавочное сопротивление д. б. помещено в недоступном прямому прикосновению месте. На незаземленных измерителях или добавочных



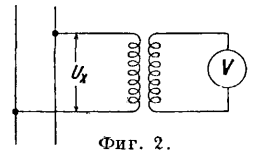
Фиг. 1.

сопротивления д. б. в таком случае поставлены условные знаки высокого напряжения (красная молния). При проверке вольтметров они соединяются параллельно между собой и образцовым вольтметром. Наиболее простой и удобной схемой является схема с трехконтактным реостатом (фиг. 1); при помещении движка у точки А напряжение на зажимах вольтметров доходит до нуля. При измерении напряжения в отдаленном месте принимают во внимание сопротивление проводов, соединяющих вольтметр с тем местом, где измеряют напряжение, так как вольтметр показывает напряжение на своих зажимах или на зажимах самого прибора и у добавочного сопротивления, если последнее имеется. Измерение эдс источников напряжения возможно только при помощи потенциометров, включаемых непосредственно, т. к. при

этом от источника напряжения не берут никакого тока. Электростатич. вольтметры в этом отношении приближаются к потенциометрам, но их пределы измерения лежат значительно выше. Наименьшее напряжение, которое м. б. измерено электростатич. вольтметром, равно 5—10 В. При измерении обыкновенными вольтметрами, потребляющими ток, получается не эдс, а напряжение на зажимах, равное эдс за вычетом падения напряжения во внутреннем сопротивлении источника напряжения.

Измерение напряжения переменного тока. В большинстве случаев бывает необходимо измерить действующее значение

напряжения. Для этой цели применимы вольтметры любых систем кроме магнитоэлектрической. Из-за малой чувствительности этих приборов представляется возможным измерить напря-

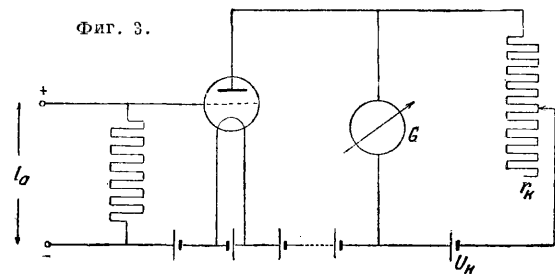


Фиг. 2.

жения не меньше 1 В и то при значительном потреблении мощности (порядка 1—2 Вт). Верхним пределом измерения является 600 В. Практически напряжения в 500 В и выше измеряют при помощи измерительных трансформаторов (фиг. 2). Измерителем является любой вольтметр переменного тока на напряжение около 100 В. На шкале вольтметра в таком случае очень часто указывают прямо величину первичного напряжения. Если это не сделано, показания вольтметра следует умножать на коэффициент трансформации. При более точных измерениях, когда желательно исключить погрешность в коэф-те трансформации, пользуются поправочными кривыми, прилагаемыми к измерительному трансформатору и дающими зависимость коэф-та трансформации от нагрузки вторичной цепи. При измерении высоких напряжений д. б. приняты меры предосторожности, указанные ниже при описании измерения силы тока. Иногда бывает необходимо измерять не действующее, а максимальное значение напряжения. Для этой цели изготовляют специальные, амплитудные, приборы, к-рые включаются одинаково с обыкновенными. Амплитудные измерители напряжения отличаются от обыкновенных либо принципом действия (напр. шаровые разрядники, коронный вольтметр) либо схемой внутренних соединений (амплитудные вольтметры, в которых применена одна или несколько электронных или газотронных ламп) [17]. Существуют вольтметры, измеряющие среднее значение переменного напряжения за полпериода; они принадлежат к детекторной или электронной системе и состоят из измерителя магнитоэлектрич. системы и меднозакисного или электронного выпрямителя. Но т. к. в большинстве случаев требуется знать не среднее, а действующее значение напряжения, на шкале таких вольтметров указываются действующие значения напряжения в предположении, что кривая напряжения является чистой синусоидой. Небольшие напряжения переменного тока порядка 10^{-3} В м. б. измерены при помощи *потенциометров* (см.) переменного тока.

Измерение силы постоянного тока к а. Токи порядка 10^{-9} А и меньше м. б. измерены после усиления их при помощи специальной электронной лампы (фиг. 3). Для увеличения чувствительности схемы измеряющий гальванометр G включен так, что постоянная со-

ставляющая анодного тока компенсируется от батареи U_k при помощи реостата r_k . Источники напряжения при усилении постоянного тока могут служить только аккумуляторные батареи с устойчивым до 0,01% напряжением. Для увеличения устойчивости напряжения батареи рекомендуется соединять по несколько штук параллельно. Повышению чувствительности



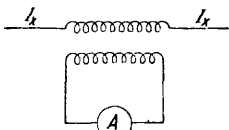
схемы кладут предел броуновское молекулярное движение и небольшие колебания напряжения аккумуляторов, происходящие от электрохимич. явлений. Усиления больше чем в одной ступени не применяются [18]. Токи порядка 10^{-11} — 10^{-6} А м. б. измерены стационарными зеркальными гальванометрами; токи порядка 10^{-6} — 10^2 А—переносными или стационарными магнитоэлектрич. приборами. Иногда в целях удешевления применяют для токов 1—300 А электромагнитные приборы. Токи порядка 100—10 000 А измеряют магнитоэлектрич. приборами с наружными шунтами. При токах порядка 50 000 А шунты становятся слишком громоздкими и требуют исключительных предосторожностей при своем включении, чтобы обеспечить равномерное распределение тока между отдельными пластинами или стержнями шунта. Для измерения токов порядка 10 000 А и больше предложено много способов, использующих гл. обр. магнитные явления, сопровождающие прохождение тока. Нек-рые из этих способов дают точность порядка 1% (компенсационный способ Дитша), в большинстве же гораздо меньшую точность. Однако все эти способы отличаются большой сложностью и требуют иногда регулирования от руки того или иного приспособления. Задача измерения больших токов усложняется почти всегда тем, что показания измерителя необходимо передать на расстояние порядка 100—500 м. Удовлетворительного способа, к-рый можно было бы явно предпочесть всем остальным, пока не предложено. Наиболее простым (но неточным) является измерение при помощи магнитоэлектрич. вольтметра, имеющего предел измерений порядка 1 V, включенного параллельно длинному участку шины, по которой проходит измеряемый ток. Влияние изменения сопротивления шины от нагревания током или от изменения ϵ^0 окружающей среды компенсируется тем, что добавочное сопротивление делают из того же материала, что и шина, и дают этому добавочному сопротивлению хороший тепловой контакт с шиной [9]. Наиболее надежным и самым распространенным способом измерения постоянного тока является измерение при помощи шунта и магнитоэлектрического милливольтметра. Шунты изготовляют из манганина, так как он имеет наименьшую термоэдс относительно меди. Более дешевые шунты изготовляют из константана. Благодаря эффекту Пельтье у константановых шунтов на-

блюдается неодинаковое нагревание наконечников. Поэтому при вертикальном расположении шунта для выравнивания ϵ^0 положительный наконечник надо помещать снизу. У манганиновых шунтов это значения не имеет. Измеритель (милливольтметр) д. б. присоединен к шунту при помощи калиброванных медных проводников, с к-рыми он градуировался; длина каждого из них, выраженная в м, равна сечению их, выраженному в мм². При проверке милливольтметров без шунтов испытательные милливольтметры д. б. включены через те проводники, с к-рыми они градуировались, причем напряжение, показываемое милливольтметром, наблюдается на концах проводников, через к-рые он включен. У милливольтметров, имеющих большое внутреннее сопротивление (10—20 Ω), это обстоятельство теряет свое значение. При измерении силы тока амперметр или его шунт д. б. включен в тот провод, в котором измеряют силу тока. При очень точных измерениях вместо милливольтметра пользуются потенциометром, а роль шунта играет образцовая катушка сопротивления.

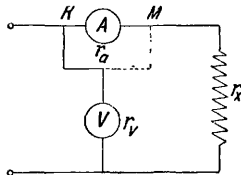
Измерение силы переменного тока. Схемы для измерения переменного тока принципиально не отличаются от схем измерения постоянного тока. Благодаря невозможности применить магнито-электрич. приборы нижний предел измерений тока лежит значительно выше, чем у постоянного тока. Гальванометрами переменного тока можно пользоваться при измерении токов порядка 10^{-5} А. Точность измерений также значительно понижается (до 0,5%) по сравнению с постоянным током (0,02%). То же можно сказать и относительно измерения токов средней силы: амперметрами электродинамич. или электромагнитной системы можно изменить токи в пределах 10^{-3} — 10^2 А. Чрезвычайное преимущество переменного тока заключается в возможности применения стационарных измерительных трансформаторов, устройство к-рых доведено до большей степени совершенства: точность их измеряется десятками долями процента (промиллями). При помощи измерительных трансформаторов измеряют токи от 10 А до наибольших, встречающихся в практике. В этом отношении предела не имеется, и только точность измерений начинает уменьшаться при переходе к токам больше 10^3 А. При измерении токов больше 10^4 А применяют цепные трансформаторы, собранные из отдельных элементов (катушек самоиндукции с разомкнутой цепью из листовой стали). При сборке отдельных элементов сердечники их механически скрепляют болтами, т. ч. они образуют замкнутую магнитную цепь вокруг шины, по которой проходит измеряемый ток. Обмотки элементов соединяют последовательно между собою и амперметром. Число элементов примерно равно одному на каждые 2 000 А. Принципиальная схема включения измерительного трансформатора тока дана на фиг. 4. К амперметрам, включаемым через измерительные трансформаторы, относится сказанное выше относительно таких же вольтметров: при очень точных измерениях пользуются кривыми поправок коэффициента трансформации. При измерении токов большой силы нормальной частоты или токов малой силы, но высокой частоты необходимо считаться с поверхностным эффектом. Амперметры на большие частоты (порядка 10^6 Hz) приобретают специальную конструкцию, причем непосредственно могут

измерять небольшие токи (порядка 1 А). Для больших токов применяют измерительные трансформаторы специальной конструкции. При частотах 10⁷ Нз и больше приходится считаться с образованием стоячих волн в проводниках, и в этом случае измерение силы тока чрезвычайно затрудняется, так как место включения амперметра в провод уже имеет влияние на его показания.

Измерение сопротивления. Способ амперметра и вольтметра. При измерении сопротивления иногда необходимо, чтобы через сопротивление проходил нек-рый ток, характерный для рабочего режима этого



Фиг. 4.



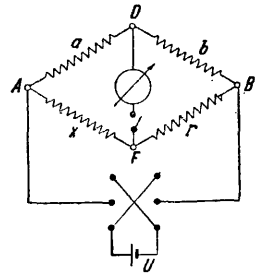
Фиг. 5.

сопротивления. В таком случае наиболее подходящим способом является способ амперметра и вольтметра (фиг. 5). При этом можно иметь два включения: вольтметр *V* приключен к точке *K*, т. е. до амперметра *A*. Искомое сопротивление r_x выражается так: $r_x = \frac{U}{I} - r_a$, где *U*—показание вольтметра, *I*—показание амперметра, r_a —сопротивление амперметра (пригодно в том случае, когда сопротивление r_a мало по сравнению с r_x). Второе включение получается, когда вольтметр приключен после амперметра к точке *M*; тогда $r_x = \frac{U}{I - I_r}$, где r_v —со-

противление вольтметра (пригодно для измерения малых сопротивлений, значительно меньших чем r_v). Способ пригоден при любом роде тока как переменном, так и постоянном, но при последнем явлении осложняется, если r_x не является безреактивным. В первом приближении по этому способу определяют полное сопротивление, но необходимо при введении поправок учитывать сдвиги фаз у амперметра и вольтметра. Общая относительная погрешность метода равна сумме относительных погрешностей амперметра и вольтметра, поэтому она сравнительно велика.

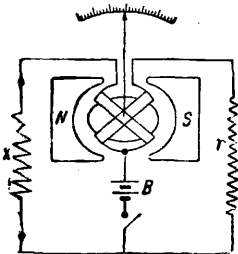
Измерение сопротивления при помощи омметра. Омметры указывают измеряемое сопротивление непосредственно по

рителя отношений токов) проходит ток от батареи *B*, определяемый постоянным сопротивлением *r*, по другой—измеряемым сопротивлением *x*. Величины *x* и *r* для большей чувствительности д. б. примерно одинаковы. Отношение токов, а следовательно величина *x*, м. б. прочтено на шкале. Меггеры принадлежат к омметрам этого типа, однако у них в целях улучшения вида шкалы усложнена конструкция логометра тем, что добавлена третья катушка. Наиболее распространенным представителем вторых является омметр с последовательной схемой, служащей для измерения больших сопротивлений (фиг. 7). Измерителем является прибор типа вольтметра с добавочным внутренним сопротивлением r_i . Измеряемое сопротивление, величина которого должна лежать в пределах (0,1 ÷ 6) r_i , включают последовательно с прибором и в зависимости от его величины получают то или иное отклонение стрелки. На шкале наносят величины искомого *x*. Т. к. сила тока, идущего через прибор, зависит от напряжения источника тока, то перед измерением необходимо установить нулевое показание прибора. Для этого зажимы измеряемого сопротивления замыкают накоротко контактом и устанавливают стрелку на нуль, либо регулируя магнитный шунт *K* (у более совершенных приборов) либо изменяя величину сопротивления r_i (у более дешевых приборов). Точность показаний омметров этого типа очень невелика. При отсчете на середине шкалы относительная погрешность в 4 раза превышает ту, к-рую имеет тот же прибор, работающий в качестве вольтметра. При приближении стрелки к краям шкалы относительная погрешность показания стремится к бесконечности. Для измерения малых сопротивлений применяют такие же омметры, но с параллельной схемой, у которых измеряемое сопротивление включают параллельно прибору, шунтируя его электрически. Иногда обе схемы помещают в одном приборе. В таком случае нули обеих шкал находятся на противоположных концах, и необходимо обращать внимание на схему, по к-рой работает в данное время прибор, чтобы правильно прочесть показание.

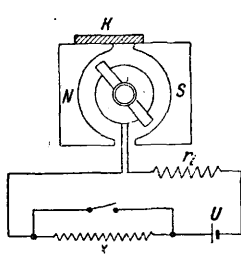


Фиг. 8.

метод моста Витстона является наиболее употребительным и точным из остальных немостовых методов (фиг. 8). Если величины сопротивлений *a*, *b* и *r* подобраны так, что тока в гальванометре нет, то $x = r \frac{a}{b}$. Метод пригоден для измерения сопротивлений, больших 1 Ω. Напряжения батареи *U* д. б. выбрано в соответствии с величинами *r*, *x*, *a* и *b*, чтобы не перегружать плечи моста большими токами, но чтобы дать достаточное отклонение у гальванометра. Если измеряемое сопротивление может дать термоэдс, то для исключения ее необходимо сделать второе измерение, перебив полюсы батареи, и затем взять среднее из двух измерений. Когда измеряемое сопротивление обладает самоиндукцией, сначала следует замыкать цепь батареи, а затем цепь гальванометра, а размыкать в обратном порядке. Наибольшая чувствительность схемы получается, когда все сопротивления *a*, *b*, *r* и *x*



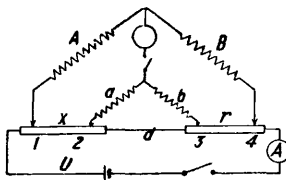
Фиг. 6.



Фиг. 7.

шкале и делятся на две главные группы: показания одних не зависят, показания других зависят от напряжения источника тока. Наиболее распространенными представителями первых являются омметры по схеме логометра (фиг. 6). По одной рамке логометра (изме-

равны между собой. Сопротивление гальванометра д. б. также равно этому сопротивлению, что на практике трудно осуществить, т. к. гальванометр применяется один и тот же для всех случаев измерения.



Фиг. 9.

Гальванометр включают между точками a и b , где соединяются два больших и два малых сопротивления, но если сопротивление гальванометра меньше сопротивления батареи, его включают в другую диагональ моста. При измерении малых сопротивлений из полученного x вычитают сопротивление соединительных проводников, при помощи которых включено измеряемое сопротивление. Большинство фирм изготовляет мосты Витстона в виде целого аппарата, заключающего в себе плечи отношения a и b и сравнительное плечо r , а часто также и гальванометр. Иногда плечи отношения бывают соединены в общий рычажный магазин, имеющий 5 контактов, при установке на которые получаются отношения 0,01; 0,1; 1; 10; 100 и 1 000. Это упрощает пользование мостом, но не позволяет выбрать величины плеч так, чтобы получить наибольшую чувствительность моста.

Метод моста Томсона. При измерении очень малых сопротивлений (в 1 Ω и меньше) через них необходимо пропускать большие токи, чтобы получить необходимую точность измерений. Измеряемое сопротивление x (фиг. 9) включают последовательно с известным сопротивлением r , заключающимся между точками 3 и 4, определяемыми подвижными или фиксированными контактами. Четыре плеча A , B , a и b регулируют так, чтобы в гальванометре не было тока. В таком случае

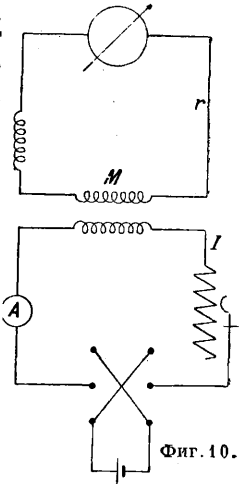
$$x = \frac{A}{B} r + \frac{bd}{a+b+d} \left(\frac{A}{B} - \frac{a}{b} \right),$$

где d —сопротивление соединительных проводников между точками 2 и 3. Если соблюдено дополнительное условие $A : B = a : b$, что всегда и делается, то ф-ла упрощается и $x = \frac{A}{B} r$. Сопротивление d делают возможно меньшим по сравнению с x и r , а величины x и r берут примерно равными. Величинами x и r являются те, к-рые замыкаются между контактами 1—2 и 3—4. Влияние термоэдс исключается, как и у моста Витстона, переключением батареи. Конструктивное выполнение мостов Томсона бывает двух видов. В одних конструкциях величины a , A и B остаются постоянными, а изменяется r при помощи движка, скользящего по калиброванной проволоке. Эта конструкция не совершенна, т. к. состояние контакта 4 сильно влияет на результат измерения. В других конструкциях сопротивления r , b и B остаются постоянными. При этом r берут в виде образцовой катушки сопротивления, потенциальные зажимы к-рой играют роль контактов 3 и 4. Сопротивления b и B всегда равны друг другу и осуществляются при помощи штепсельных магазинов сопротивлений. Сопротивления a и A также равны друг другу и осуществляются в виде рычажных двойных магазинов сопротивлений. Сопротивления a и A меняются одновременно и служат для уравновешения моста. Эта конструкция дает наилучшее по точности измерение [20, 21].

Измерение количества электричества производится двумя способами в зависимости от величины его. Небольшие количества электричества, получаемые напр. при разряде конденсатора, измеряют при помощи баллистич. гальванометра, т. е. такого гальванометра, момент инерции к-рого настолько велик, что процесс прохождения количества электричества можно считать законченным к тому времени, начиная с которого подвижная часть гальванометра начнет свое движение. Это требование равносильно тому, чтобы период колебания подвижной части гальванометра измерялся десятками ск. В таком случае амплитуда первого отклонения гальванометра будет пропорциональна количеству электричества, прошедшему через гальванометр. Коэф. пропорциональности (баллистическая постоянная) в сильной степени зависит от сопротивления цепи, на которую замкнут гальванометр. Поэтому для большей точности баллистич. постоянную определяют при том же сопротивлении, при каком он работает. Так, если гальванометром пользуются для определения емкости конденсатора, разряжая его на гальванометр, то баллистическая постоянная определяется также при помощи конденсатора (по схеме фиг. 36) из уравнения

$$K_b = \frac{C_N E}{a_2},$$

где C_N —известная емкость образцового конденсатора, E —эдс того источника напряжения, от к-рого был заряжен этот конденсатор. Если баллистич. гальванометром измеряют количество



Фиг. 10.

электричества в цепи с сравнительно небольшим сопротивлением, то для определения K_b гальванометр замыкают на вторичную цепь образцовой взаимной индукции M , по первичной цепи к-рой пропускают известной силы ток I (фиг. 10). Тогда количество электричества, протекающее через гальванометр при переключении направления тока I с прямого на обратное, будет равно $Q = \frac{2MI}{r}$, где r —сопротивление всей цепи, в том числе и вторичной обмотки взаимной индукции. Если выразить M в Ω , I в A , r в Ω , то Q получится в C . Когда ток не переключают, а только выключают или только включают, ф-ла будет: $Q = \frac{M \cdot I}{r}$. Большие количества электричества, получаемые например от аккумуляторной батареи и выражаемые обычно в Ah , измеряют при помощи счетчиков (см.) количества электричества.

Измерение мощности в цепи постоянного тока производится: 1) методом амперметра и вольтметра, включаемых по схемам фиг. 11 или 12. Мощность приемника для схемы фиг. 11

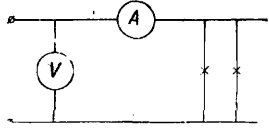
$$P = IU - I^2 R_A,$$

для схемы фиг. 12

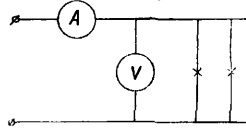
$$P = IU - \frac{U^2}{R_V},$$

где I и U —показания амперметра и вольтметра, R_A и R_V —их сопротивления; 2) методом электродинамич. ваттметра (фиг. 13 или 14).

Мощность, потребляемая приемником, определяется по тем же ф-лам, что и для первого метода, только вместо IU нужно взять показание ваттметра, а R_A и R_V соответственно будут сопротивления последовательной и ответвленной обмоток ваттметра. Если измеряют мощность генератора, то для обоих методов в вышеприведенных ф-лах вместо минуса берут плюс. При технических измерениях вторыми членами, представляющими мощность, потребляемую самими приборами, можно пренебречь.

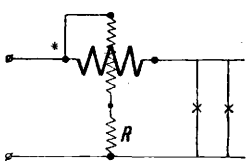


Фиг. 11.

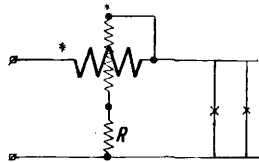


Фиг. 12.

Чтобы ваттметр давал отклонения в надлежащую сторону, необходимо при включении соблюдать полярность зажимов. У одного из зажимов последовательной обмотки и у ответвленной ставят значки (* или ±), которые показывают, что именно к этим зажимам д. б. подведены провода со стороны генератора. Зажимы эти часто называют генераторными. Если ваттметр имеет наружное отдельное добавочное сопротивление R , то его следует включить по схеме фиг. 13, чтобы избежать большой разности потенциалов между обмотками ваттметра и электростатич. взаимодействия между ними. Первое может повести к повреждению прибора, второе вызывает погрешность показаний. Когда по условиям опыта требуется изменить



Фиг. 13.



Фиг. 14.

направление тока в ответвленной обмотке, следует переключать провода только на зажимах прибора, не меняя местом добавочное сопротивление. В цепях однофазного тока для измерения активной мощности преимущественно применяют электродинамич. или индукционный ваттметр. Включение производят по тем же схемам фиг. 13 или 14. Для электродинамич. ваттметра при точных измерениях и особенно в тех случаях, когда коэф. мощности в цепи $\cos \varphi$ мал, учитывают погрешность, обусловленную самоиндукцией ответвленной обмотки. Показание ваттметра в этом случае умножают на коэф.

$$K = \frac{\cos \varphi}{\cos \psi \cos(\varphi - \psi)},$$

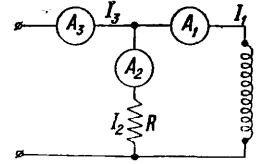
где ψ —сдвиг между током в ответвленной обмотке и приложенным напряжением. Мощность однофазного тока может быть также измерена тремя амперметрами (фиг. 15) или тремя вольтметрами (фиг. 16). В первом случае мощность приемника

$$P = \frac{R}{2} (I_3^2 - I_1^2 - I_2^2) - I_1^2 R_{A1},$$

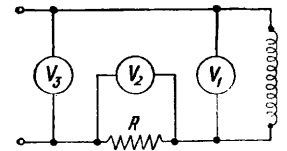
где $I_1^2 R_{A1}$ —мощность, расходуемая в амперметре A_1 . Для метода трех вольтметров

$$P = \frac{1}{2R} (U_3^2 - U_1^2 - U_2^2) - \frac{U_1^2}{R_{V1}},$$

где $\frac{U_1^2}{R_{V1}}$ —мощность, расходуемая в вольтметре V_1 . Сопротивление R д. б. безиндукционным. Чтобы получить наименьшие погрешности измерения, мощность, расходуемая в сопротивлении R , д. б. равна мощности приемника. Для



Фиг. 15.

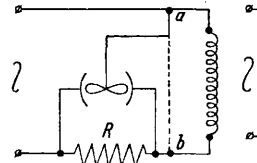


Фиг. 16.

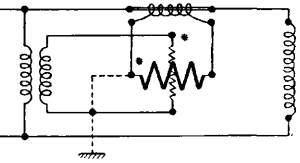
измерения малых мощностей, особенно при высоком напряжении и малом коэф-те мощности, применяют *электрометр* (см.), одна из схем включения которого дана на фиг. 17 (R —безиндукционное сопротивление). Производят два измерения, присоединяя бисвит электрометра к точке a , а затем к b . Мощность приемника

$$P = \frac{\alpha_a - \alpha_b}{2kR},$$

где α_a и α_b —отклонения электрометра при первом и втором включении, k —постоянная электрометра, определяемая градуировкой. Если

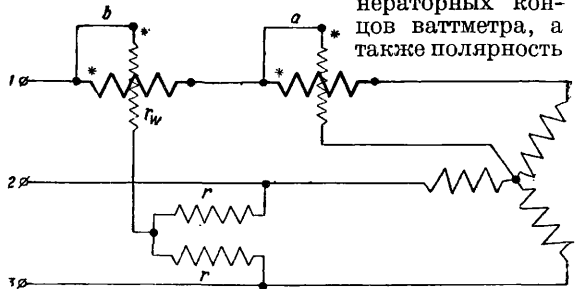


Фиг. 17.



Фиг. 18.

измеряется мощность, характеризуемая большой силой тока (больше допустимой для ваттметра), или измерения производят в высоковольтной цепи, ваттметр включается через измерительные трансформаторы тока и напряжения. В высоковольтных цепях применение трансформатора тока обязательно независимо от силы тока. При включении ваттметра через измерительные трансформаторы (фиг. 18) необходимо соблюдать правильное соединение генераторных концов ваттметра, а также полярность



Фиг. 19.

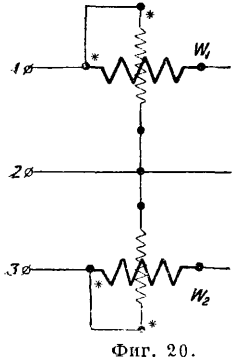
зажимов трансформатора. Вследствие наличия угловой погрешности у трансформаторов показание ваттметра при точных измерениях следует умножить на коэф-т

$$k = \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha \cos(\varphi - \alpha)},$$

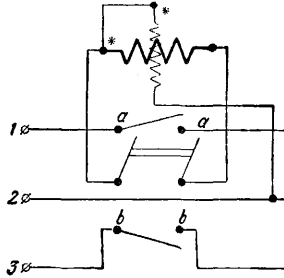
где $\alpha = \psi + \delta_1 + \delta_2$, ψ —сдвиг в ответвленной обмотке ваттметра, δ_1 и δ_2 —угловые погрешности трансформаторов. Кроме того, если ваттметр не имеет шкалы, градуированной с учетом включения через трансформаторы, его показания

умножают на произведение коэф-тов трансформации, трансформаторов тока и напряжения.

Измерения активной мощности в трехфазной цепи осуществляются следующими методами. а) Метод одного ваттметра применяется только при полной симметрии цепи. Если нейтральная точка доступна, включение производится по фиг. 19, а. Мощность $P = 3P_w$,



Фиг. 20.



Фиг. 21.

где P_w — показание ваттметра. Если же нейтральная точка недоступна или приемник соединен тр-ком, ваттметр включают по фиг. 19, б. Сопротивления r д. б. безиндукционными и равными друг другу и сопротивлению ответвленной цепи ваттметра r_w . Полная мощность и в этом случае $P = 3P_w$. Ваттметр д. б. электродинамическим. б) Метод двух ваттметров (метод Арона) позволяет измерять полную мощность как при симметричной, так и при несимметричной системе и при любом соединении приемника или генератора. Метод этот неприменим для четырехпроводной цепи. Ваттметры включают по схеме фиг. 20. Мощность трехфазной цепи в этом случае равна алгебраич. сумме показаний обоих ваттметров, причем

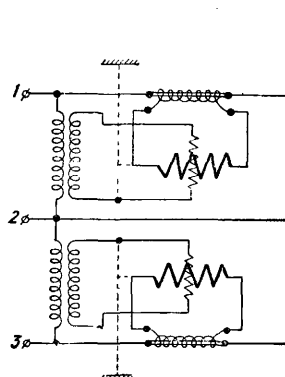
$$P_1 = I_1 U_{12} \cos \alpha; \quad P_2 = I_3 U_{32} \cos \beta,$$

где P_1 и P_2 — показания ваттметров, I_1 и I_3 — линейные токи, U_{12} и U_{32} — линейные напряжения, α и β — соответствующие сдвиги между линейными токами и напряжениями. При полной симметрии цепи

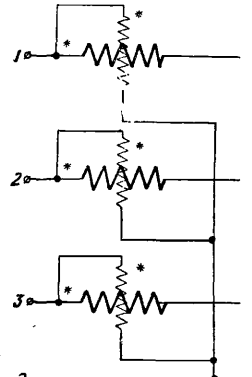
$$P_1 = IU \cos(30^\circ + \varphi); \quad P_2 = IU \cos(30^\circ - \varphi),$$

где φ — сдвиг между фазными и линейными токами или фазными и линейными напряжениями в зависимости от того, соединен приемник тр-ком или звездой. При любой нагрузке, если $\varphi < 60^\circ$, $P = P_1 + P_2$, если же $\varphi > 60^\circ$ и нагрузка индуктивная, $P = P_2 - P_1$, при емкостной же $P = P_1 - P_2$. При включении необходимо строго соблюдать правильность соединения генераторных концов ваттметров. Если имеется только один ваттметр, то измерения по методу Арона можно осуществить, применяя схему фиг. 21 с особым ваттметровым переключателем, представляющим двухполюсный переключатель, у которого зажимы aa и bb соединяются упругими пластинами, когда ножи стоят вертикально. Если же ножи врублены (напр. в верхнее положение), пластина размыкает соединение зажимов aa и последовательная обмотка ваттметра включается в линию 1, ответвленная же обмотка окажется включенной между 1 и 2 линиями. Т. о. осуществляется соединение ваттметра W_1 в методе Арона (фиг. 20). Отсчитав показание ваттметра при этом включении, перебрасывают переключатель в другое (нижнее) положение. При этом осуществляется соедине-

ние ваттметра W_2 (фиг. 20). Алгебраич. сумма обоих показаний дает полную мощность цепи так же, как и в схеме Арона с двумя ваттметрами. При измерениях в высоковольтных цепях ваттметры включают через измерительные трансформаторы по фиг. 22. в) Метод трех ваттметров применяется гл. обр. в четырехпроводной цепи (фиг. 23). Каждый из ваттметров измеряет мощность одной фазы. Полная мощность во всех случаях равна сумме показаний всех ваттметров. Если этот метод применяется в трехпроводной цепи, то вторые концы ответвленных обмоток ваттметров соединяются в искусственную нейтральную точку независимо от способа соединения приемника или генератора, и полная мощность будет равна сумме показаний трех ваттметров. Сопротивления ответвленных цепей ваттметров подбирают одинаковыми между собой. г) В условиях промышленной эксплуатации применяют почти исключительно многофазные ваттметры (см.), которые представляют два или три однофазных ваттметра (в соответствии с методом двух или трех ваттметров), соединенных в одном приборе. Прибор имеет одну ось, на которой укреплены подвижные элементы ваттметров, и стрелку, перемещающуюся по шкале, градуированной на суммарную мощность. Такие ваттметры,



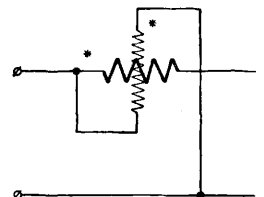
Фиг. 22.



Фиг. 23.

называемые двухэлементными или трехэлементными, изготавливаются преимущественно индукционными и ферродинамическими.

Измерение реактивной мощности в однофазной цепи осуществляется специальным синусным ваттметром электродинамич. или индукционной системы. В технике под средним значением реактивной мощности понимают величину $P_2 = UI \sin \varphi$, к-рая является по существу амплитудой реактивной мощности. Для того чтобы электродинамич. ваттметр учитывал $UI \sin \varphi$, необходимо, чтобы между напряжением, приложенным к ответвленной обмотке, и током в ней был сдвиг 90° . Достигают этого при помощи искусственной схемы ответвленной цепи ваттметра с реактивными сопротивлениями или конденсаторами. Включается такой ваттметр так же, как и обычный ваттметр активной мощности. Синусный индукционный ваттметр отличается от обычного тем, что у него сдвиг между потоками ответвленной и последовательной

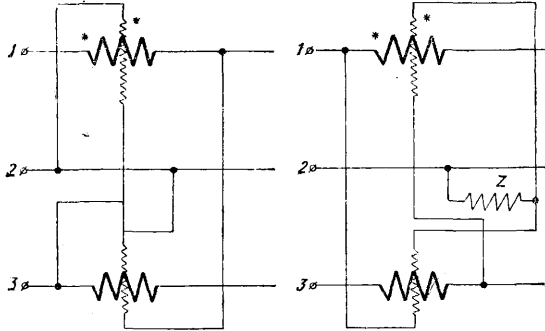


Фиг. 24.

обмоток делается равным нулю при безиндукционной нагрузке, а при включении в цепь ответвленная обмотка соединяется по фиг. 24. Тогда показания ваттметра пропорциональны $UI \sin(180^\circ - \varphi) = UI \sin \varphi$,

т. е. реактивной мощности. Показания синусных ваттметров сильно зависят от частоты и формы кривой.

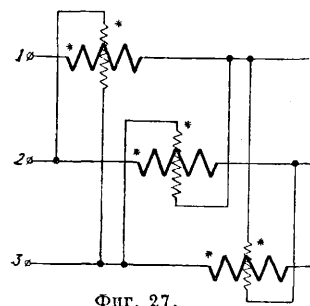
Для измерения реактивной мощности трехфазной цепи существует много методов и различных схем включения ваттметров. а) Способ двух ваттметров с измененной схемой включения (ваттметры обычной активной мощности) применяется только при полной симметрии токов и напряжений (фиг. 25).



Фиг. 25.

Фиг. 26.

Реактивная мощность равна алгебраич. сумме показаний обоих ваттметров (как и в методе Арона), умноженной на $\sqrt{\frac{3}{2}}$. б) Способ двух ваттметров с искусственной нейтралью (фиг. 26), причем полные сопротивления ответвленных цепей ваттметров и сопротивление Z д. б. равны друг другу: правильный учет мощности получается только при симметрии напряжений; реактивная мощность равна алгебраич. сумме показаний обоих ваттметров, умноженной на $\sqrt{3}$. При напряжениях выше 150 В ваттметры следует включать через измерительные трансформаторы напряжения, так как при этой схеме между последовательной и ответвленной обмотками существует фазовое напряжение, которое может вызвать повреждение обмоток. в) Способ трех ваттметров, включаемых по фиг. 27, дает правильные результаты измерения только при симметрии напряжений. Реактивная мощность равна сумме показаний всех ваттметров, разделенной на $\sqrt{3}$. Ответвленные цепи каждого из ваттметров д. б. рассчитаны на линейное напряжение. В виду того что между последовательной и ответвленной обмотками ваттметра существует полное линейное напряжение, следует во избежание повреждения ваттметров при напряжениях выше 110—120 В включать их через измерительные трансформаторы напряжения. Метод этот применим и в четырехпроводной цепи. Все описанные схемы требуют при включении соблюдения



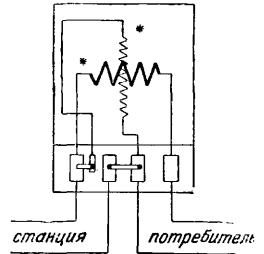
Фиг. 27.

определенной последовательности фаз, указанной на схемах.

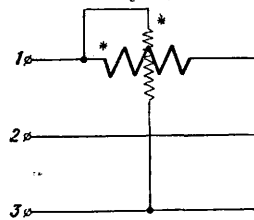
Измерение электрической энергии в цепи постоянного тока производится электродинамич. счетчиком (см.), включаемым так же, как ваттметр (фиг. 13 и 14). Счетчики для трехпроводной цепи имеют две последовательные обмотки, из которых одна включается последовательно в один из крайних проводов, другая—в другой, и одну ответвленную обмотку, включаемую между крайними проводами. Только при равенстве напряжений между нулевым и крайним проводами счетчик дает правильные показания. Если же нагрузка неравномерна, то следует применять два счетчика для двухпроводной цепи. В практических условиях счетчик включают так, чтобы энергия, расходуемая в ответвленной обмотке, не учитывалась им и шла за счет станции (фиг. 28). Потребление же в последовательной обмотке учитывается счетчиком (см. *Ваттметр*). При нагрузках в цепи выше 1000 А последовательная обмотка включается через шунт.

Измерение активной энергии в однофазной цепи производится исключительно индукционным счетчиком, включаемым так же, как ваттметр по фиг. 13 и 14, но без добавочного сопротивления. При больших токах и высоких напряжениях счетчик включают через измерительные трансформаторы, аналогично ваттметрам. Погрешности, вызываемые трансформаторами, те же, что и при включении ваттметра. Измерение реактивной энергии, под к-рой в технике принято понимать величину

производится специальным синус-счетчиком о м, у к-рого, как и у синусного индукционного ваттметра, сдвиг между потоками ответвленной и последовательной обмоток делается равным нулю, а включение осуществляется по фиг. 24. В трехфазной цепи, если система полностью симметрична и нейтральная точка доступна, активная энергия м. б. измерена одним однофазным счетчиком, включаемым по фиг. 19, а. Если нейтраль недоступна, применяют специальный счетчик с 60° -ным сдвигом между напряжением и током ответвленной обмотки. Счетчик включают по фиг. 29, соблюдая определенную последовательность фаз. При трехпроводной несимметричной системе как в отношении нагрузки, так и напряжений применяют двухэлементный счетчик, включаемый по схеме Арона (фиг. 20). Пользоваться двумя однофазными счетчиками в этом случае не следует, так как при $\cos \varphi < 0,5$ один из счетчиков будет вращаться в обратную сторону и даст заметную погрешность. Двухэлементный счетчик применим и при симметричной



Фиг. 28.

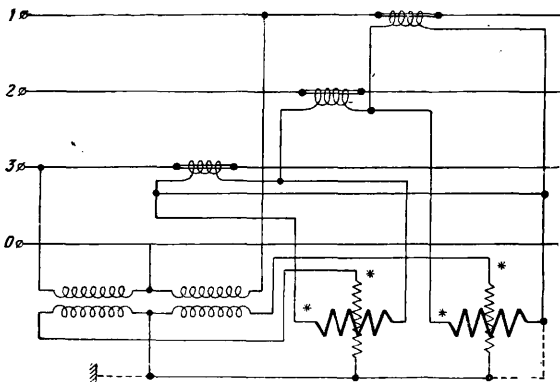


Фиг. 29.

$$W_2 = \int_0^t IU \sin \varphi dt,$$

производится специальным синус-счетчиком о м, у к-рого, как и у синусного индукционного ваттметра, сдвиг между потоками ответвленной и последовательной обмоток делается равным нулю, а включение осуществляется по фиг. 24. В трехфазной цепи, если система полностью симметрична и нейтральная точка доступна, активная энергия м. б. измерена одним однофазным счетчиком, включаемым по фиг. 19, а. Если нейтраль недоступна, применяют специальный счетчик с 60° -ным сдвигом между напряжением и током ответвленной обмотки. Счетчик включают по фиг. 29, соблюдая определенную последовательность фаз. При трехпроводной несимметричной системе как в отношении нагрузки, так и напряжений применяют двухэлементный счетчик, включаемый по схеме Арона (фиг. 20). Пользоваться двумя однофазными счетчиками в этом случае не следует, так как при $\cos \varphi < 0,5$ один из счетчиков будет вращаться в обратную сторону и даст заметную погрешность. Двухэлементный счетчик применим и при симметричной

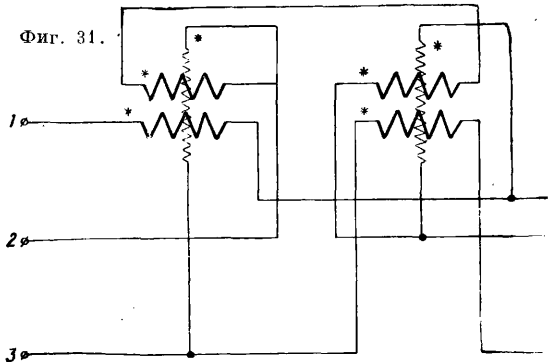
трехпроводной цепи. В четырехпроводной цепи применяют: 1) трехэлементный счетчик, включаемый по схеме трех ваттметров (фиг. 23); 2) обычный двухэлементный счетчик с тремя трансформаторами тока (фиг. 30), применимый



Фиг. 30.

только при симметрии напряжений. В случае выключения одной из линий до счетчика показания получаются неверные.

Измерение реактивной энергии в трехпроводной трехфазной цепи можно производить: 1) обычным двухэлементным счетчиком трехфазного тока, включенным по фиг. 25, только в случае полной симметрии токов и напряжений; 2) обычным двухэлементным счетчиком с искусственной нейтралью, как при измерении реактивной мощности трехфазного тока (фиг. 26); 3) двухэлементным счетчиком с четырьмя последовательными и двумя

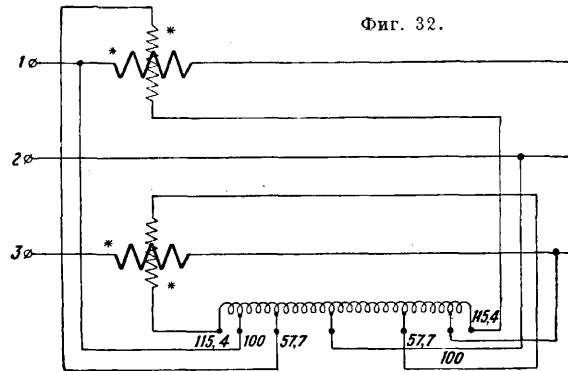


Фиг. 31.

ответвленными обмотками по схеме Бергтольда (фиг. 31); 4) обычным двухэлементным счетчиком с автотрансформатором, к к-рому подключают ответвленные обмотки (фиг. 32). Цифры у автотрансформатора показывают процент числа витков, считая от середины; 5) обычным трехэлементным счетчиком, включенным по схеме трех ваттметров при измерении реактивной мощности (фиг. 27). Все эти методы правильно учитывают реактивную энергию только при симметрии напряжений и при включении требуют соблюдения последовательности фаз. При асимметрии токов и напряжений правильный учет реактивной энергии м. б. произведен двухэлементным синус-счетчиком, включаемым по нормальной схеме Арона. Недостатком этого счетчика являются большая зависимость показаний от частоты и формы кривой и большое собственное потребление энергии. Все вышеуказанные счетчики при включении одной из

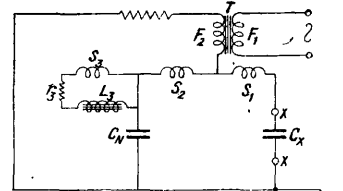
линий до счетчика дают неверные показания. В четырехпроводной трехфазной цепи для измерения реактивной энергии можно применить: 1) трехэлементный синус-счетчик; 2) двухэлементный счетчик с двумя последовательными обмотками по схеме Бергтольда (фиг. 31); 3) обычный трехэлементный счетчик по схеме фиг. 27. Во всех случаях необходимо соблюдение последовательности фаз. Правильный учет во втором и третьем случае возможен только при симметрии напряжений.

Измерение емкости, самоиндукции и взаимной индукции. Измерения емкости и самоиндукции м. б. произведены двояко: при помощи приборов и при помощи аппаратов. К числу первых относятся фарадметры, изготовляемые фирмами Вестона и Гартман и Браун. Последний прибор устроен так: измеряемую емкость C_x включают (фиг. 33) последовательно с одной рамкой S_1 дифференциального прибора, а образцовую емкость C_n — последовательно с другой рамкой S_2 . Вся схема питается переменным током через трансформатор T , повышающий напряжение до 400 В или



Фиг. 32.

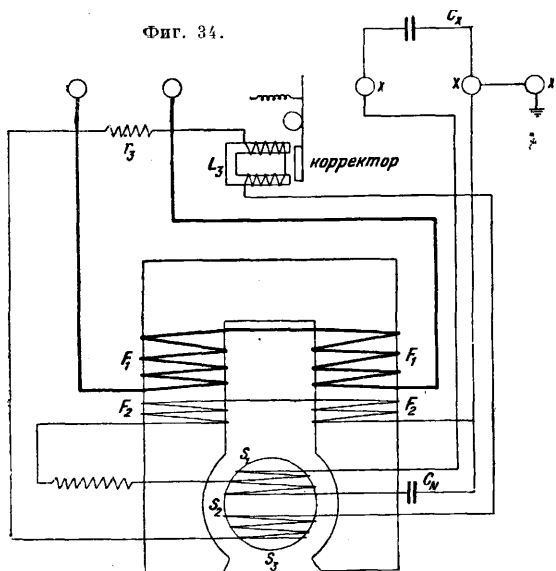
220 В при измерении малых емкостей (1 000—5 000 см) или понижающий напряжение до 30 или 10 В при измерении больших емкостей (0,15—10 μ F). Измеритель представляет собой ферродинамический прибор, магнитное поле которого возбуждается электромагнитом с катушками F_1 (фиг. 34). Тот же электромагнит имеет вторичные катушки F_2 и т. о. играет роль трансформатора T . В поле электромагнита вращаются три концентрические катушки S_1 , S_2 и S_3 ; две первые создают вращающие моменты, направленные в противоположные стороны. Третья катушка, замкнутая на самоиндукцию L_3 , играет роль электрич. пружины. Корректор, меняющий воздушный зазор катушки L_3 , служит для установки стрелки на нуль. Противодействующий момент, создаваемый катушкой S_3 , зависит от напряжения, питающего всю схему, в той же мере, в какой зависит и разность вращающих моментов, создаваемых катушками S_2 и S_1 , поэтому показания прибора не зависят от колебаний величины приложенного напряжения. Подбором величин r_3 и L_3 добиваются также и независимости показаний от колебаний частоты. Прибор непосредственно показывает ис-



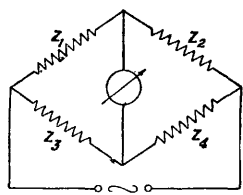
Фиг. 33.

комую емкость, включенную к зажимам *xx*, причем шкала прибора является практически равномерной на всем ее протяжении. При номинальных величинах фарадметра в 1 000—5 000—15 000 см погрешность прибора 1%, при 0,015—0,05—0,15—0,5—1,5—3 μF погрешность 0,5%, при 10 μF —1% при частоте питающего тока 40—60 Hz. Для измерения самоиндукции в СССР разработаны приборы — г е н р и м е т р ы, но производство их еще не поставлено.

Фиг. 34.



К числу аппаратов, измеряющих емкость или самоиндукцию, относятся весьма многочисленные мосты переменного тока, классич. образцом к-рых является мост Максвелла (фиг. 35). Условием равновесия этого моста на переменном токе является равенство $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$; индикатором равновесия служит какой-либо нулевой прибор переменного тока (вибрационный гальванометр, детекторный гальванометр) или телефон. Если сделать плечо Z_1 из измеряемой емкости C_x , плечо Z_3 из образцовой емкости C_N , а плечи Z_2 и Z_4 из безреактивных сопротивлений r_2 и r_4 , то условие равновесия $\frac{r_4}{\omega C_N} = \frac{r_2}{\omega C_x}$ дает $C_x = \frac{r_2}{r_4} C_N$; мост с таким расположением сопротивлений был предложен Со-ти. Для измерения самоиндукции служит та же схема фиг. 35, причем измеряемая самоиндукция L_x включается в плечо Z_1 , образцовая



Фиг. 35.

L_N —в плечо Z_3 , плечи Z_2 и Z_4 образованы безреактивными сопротивлениями r_2 и r_4 . Условие равновесия $\omega L_x r_4 = \omega L_N r_2$ дает $L_x = \frac{r_2}{r_4} L_N$. В

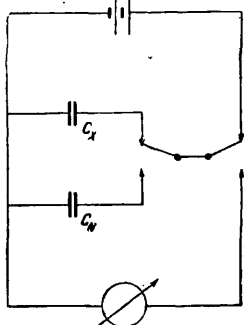
обоих случаях (измерения C или L) работа облегчается, если образцовые C_N или L_N являются переменными. При этом для измерения рекомендуется предварительно уравновесить мост на постоянном токе, однако это необязательно и равновесия моста можно добиться, работая только на переменном токе, затратив при этом несколько большее усилие. Схема моста Максвелла не всегда удобна для измерения емкости или самоиндукций, отличающихся большими или очень малыми величинами. Поэтому для таких случаев предложено различными авторами чрезвычайно большое количество мостовых схем, имеющих часто не четыре плеча, а пять или шесть. Каждая из таких схем [22] очень хорошо работает только в своей узкой области измерений.

Измерение емкостей от 10^{-8} F до 10^{-4} F можно производить с точностью до 1% также и баллистич. методом, заряжая от одного и того же источника тока попеременно то образцовую емкость C_N то измеряемую C_x и разряжая их через баллистич. гальванометр (фиг. 36). Если амплитуды первых отклонений будут соответственно a_x и a_N , то

$$C_x = \frac{a_x}{a_N} C_N.$$

При этом измерении все провода схемы д. б. очень тщательно изолированы от земли при помощи парафина или янтаря во избежание утечек заряда. Для измерения емкостей от 10^{-12} F до 10^{-8} F служат специальные мосты, питаемые током большой частоты (порядка 10^4 Hz). Измерение самоиндукций, содержащих в своей магнитной цепи железо, усложняется тем, что ток, проходящий по самоиндукции во время измерения, намагничивает железо, а т. к. проницаемость последнего зависит от намагничивающего тока, а от проницаемости зависит величина самоиндукции, то на результаты измерения влияет сила тока, проходящего через самоиндукцию. Поэтому необходимо в таких случаях при измерении пропускать ток той же силы, какая наблюдается в эксплуатации измеряемой самоиндукции. Величины измераемых L или C получаются различными в зависимости от того, на постоянном или на переменном токе производилось их измерение, а также в последнем случае и в зависимости от частоты. Измерение коэф-та взаимной индукции сводится к измерению коэф-та самоиндукции. Если две катушки с самоиндукциями L_1 и L_2 соединить так, чтобы их потоки складывались, то суммарный коэф. самоиндукции будет $L' = L_1 + L_2 + 2M$. Если соединить их так, чтобы их потоки вычитались, то $L'' = L_1 + L_2 - 2M$, где M —коэф. взаимной индукции. Отсюда $M = 0,25(L' - L'')$. Помимо этого способа существуют и способы непосредственного измерения M мостовыми схемами при помощи образцовых взаимных индукций переменной величины [23—26].

Измерение частоты. Применяемая в технике частота меняется в пределах от 5 Hz (печи для электрич. плавки стали) до 10^9 Hz (радиотехника, см. Частоты измерения). Для диапазона 5— 10^4 Hz существует два способа измерений: при помощи приборов (частотомеров) и при помощи аппаратов (мостов). Частотомеры охватывают диапазон частоты 5—1 500 Hz, причем конструкция их зависит от методов измерения. Вибрационные частотомеры (наиболее распространенные) работают во всем указанном диапазоне, однако для очень низких частот 5—16 Hz их показания очень



Фиг. 36.

неустойчивы и сильно зависят от высших гармоник напряжения. Наиболее удовлетворительно вибрационные частотомеры работают в диапазоне 20—100 Hz. Об устройстве вибрационных частотомеров см. *Частоты измерения*. Недостаток вибрационных частотомеров: они показывают не только основную частоту, но и все кратные ей (частоты гармоник), и потому в тех случаях, когда частота меняется в широких пределах (25—75 Hz), по показанию частотомера нельзя с уверенностью сказать, какова частота. Точность показаний вибрационных частотомеров для диапазона 20—100 Hz равна примерно 0,5—1% в зависимости от тщательности их изготовления. При частотах 500—15 000 Hz показания вибрационных частотомеров становятся трудно определяемыми вследствие малой величины амплитуды колеблющихся пластинок.

Стрелочные частотомеры показывают только основную частоту и не могут показать кратных частот, но зато их показания в большей степени, чем у вибрационных, зависят от t^0 , времени работы (включения), формы кривой и величины напряжения. Существует большое количество стрелочных частотомеров разнообразных систем. Хорошими свойствами обладает частотомер Кейната (фиг. 37). Ферродинамич. прибор, неподвижная катушка к-рого S_1 питается током через самоиндукцию L_1 и емкость C_1 , имеет две конаксиальные катушки S_2 и S_3 , из к-рых вторая служит электрич. пружиной (механич. пружины у прибора нет). Величины L_1 и C_1 подобраны так, что при частоте, соответствующей середине шкалы, они дают резонанс напряжений, благодаря чему ток в их цепи возрастает до максимума и фаза его делается одинаковой с фазой напряжения, питающего весь прибор. При частотах выше или ниже средней знак фазы тока меняется, а вместе с ним меняется и знак вращающего момента, создаваемого подвижной катушкой S_2 , благодаря чему при частотах ниже средней стрелка идет влево от середины шкалы, а при частотах выше средней — вправо. Конденсатор C_2 служит для сдвига фазы тока катушки S_2 на 90° относительно напряжения. Поэтому при резонансе эта катушка не создает в среднем никакого момента. Благодаря явлению электрич. резонанса влияние формы кривой напряжения сведено до минимума. Точность показаний лежит ок. 0,5% и зависит от пределов измерений. Частоты, которые можно мерить частотомером Кейната, лежат в пределах 15—2 000 Hz. Благодаря большой величине вращающего момента описываемые частотомеры особенно хорошо пригодны в качестве самопишущих частотомеров. При помощи стрелочных частотомеров возможно изменить частоту до 75 000 Hz. Область измерения одного и того же прибора составляет от 1% (для нек-рых самопишущих частотомеров) до максимума 20% от средней частоты. Нормальная область измерения 10% [27].

Измерение частоты мостовыми методами. Хотя для измерения частоты принципиально могут служить любые мосты переменного тока, однако нек-рые схемы нашли наибольшее распространение благодаря удобству пользования и простоте или полному отсут-

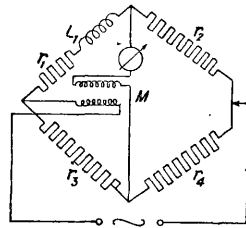
ствию вычислительных операций, напр. схема Вина-Робинсона (фиг. 38), для к-рой

$$r_1 = \left(\frac{1}{r_4} + j\omega C_4 \right) \cdot \left(r_3 - \frac{1}{j\omega C_3} \right) r_2;$$

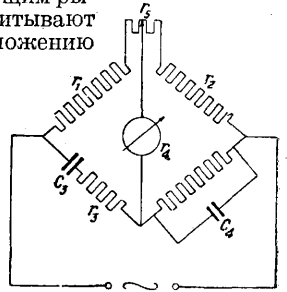
после разделения на два вещественных ур-ия получается:

$$\frac{r_1}{r_4} - r_2 = \frac{C_4}{C_3} \text{ и } \omega^2 = \frac{1}{C_3 C_4 r_3 r_4}.$$

Если выбрать $r_1 : r_2 = 2, C_3 = C_4$, то $r_3 = r_4$ и $\omega = \frac{1}{C_3 r_3}$. Равновесие моста получают, меняя r_3 и r_4 , связанные между собой общим рычагом. Величину ω отсчитывают непосредственно по положению



Фиг. 38.



Фиг. 39.

рычагов магазинов r_3 и r_4 . Меняя величину емкостей C_3 и C_4 , можно получить пределы измерений от 15 до 12 000 Hz, причем в исполнении фирмы Сименс и Гальске точность измерений будет 1 Hz для частот не выше 100 Hz и $\pm 1\%$ для частот больше 100 Hz. Нулевым указателем служит телефон. Для того чтобы получить лучший минимум звука, служит сопротивление r_5 , которое позволяет сдвигать диагональ моста и тем выравнивать небольшие отклонения в величинах угла потерь в сопротивлениях r_3 и r_4 . Для более низких частот (10—120 Hz) может служить мост Юза-Кемпбелла (фиг. 39), у к-рого меняются M и r_2 , но [28, 29]

$$r_2 + r_4 = R' = \text{Const.}$$

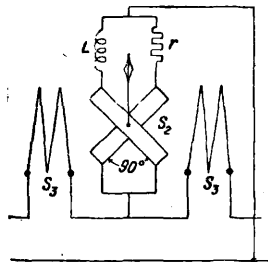
Тогда

$$\omega^2 = \frac{(r_1 + r_2 + r_3 + r_4)(r_2 r_3 - r_1 r_4)}{r_4 L_1^2}.$$

Эталон частоты. Наиболее простым и точным способом измерения частоты, применяемым при градуировке образцовых частотомеров, является стробоскопический способ, при к-ром небольшая неоновая лампа периодически вспышкивает под воздействием импульсов напряжения, посылаемых образцовым камертоном, настроенным на какую-либо определенную частоту. Эта неоновая лампа освещает белый диск с нанесенными на нем черными секторами, число к-рых зависит от измеряемой частоты. Диск приводится во вращение синхронным двигателем, идущим от сети с измеряемой частотой, благодаря чему картина секторов кажется либо неподвижной либо вращающейся в ту или иную сторону. Измеряя скорость вращения картины, даваемой секторами, можно определить с большой точностью искомую частоту. Так, при разности частот камертона на 50 Hz и сети в 2% частота вращения картины будет 1 Hz, при разности в 0,2% частота 0,1 Hz, т. е. один оборот в 10 ск. Более сложным способом является способ хронографа, на ленте к-рого делают отметки нормальные маятниковые часы, точность хода к-рых может доходить до 1 ск. в месяц, т. е. $\frac{1}{2,5 \cdot 10^6}$, и синхронный двигатель, идущий от сети с из-

меряемой частотой. За последние годы широкое распространение получил способ измерения (и регулирования) частоты при помощи двойных часов, состоящих из двух механизмов: одного, приводимого в движение от маятниковых часов, другого — от синхронного двигателя. Когда частота равна точно 50 Hz, оба механизма идут синхронно и их не только минутные, но и секундные стрелки совпадают. При отклонении частоты от нормальной электрич. часы уйдут вперед или отстанут от механических, причем скорость этого расхождения может служить мерой частоты (аналогично стробоскопич. методу). Практически это расхождение вызывает действие регулирующих механизмов, и неправильная частота вновь приводится к нормальной. Благодаря такой регулировке частота держится настолько в среднем постоянной, что синхронные часы дают погрешность порядка 1 ск. в сутки [30].

Измерение угла сдвига фаз. 1) Однофазный ток. Наиболее простым и точным способом измерения угла сдвига фаз между током и напряжением в однофазном токе является измерение при помощи фазометра, схема включения к-рого вполне аналогична со схемой включения ваттметра (фиг. 13). Конструкции однофазных фазометров весьма разнообразны. Характерными чертами, присущими всем этим конструкциям, являются: 1) отсутствие механич. противодействующего момента, 2) наличие двух пространственно сдвинутых катушек, по которым проходят токи, сдвинутые по фазе во времени и создающие т. о. вращающееся магнитное поле, 3) наличие третьей катушки с током, фазу к-рого необходимо измерить. Подвижную часть составляют либо указанные в п. 2 скрещенные катушки (в таком случае катушка п. 3 остается неподвижной) либо, наоборот, катушка, указанная в п. 3 (тогда катушки п. 2 остаются неподвижными). Сдвиг фаз токов, идущих по катушкам п. 2, создается тем, что последовательно с одной из них включают либо емкость либо самоиндукцию, тогда как последовательно со второй — безреактивное сопротивление. При разных комбинациях в направлении энергии и в характере нагрузки можно осуществить изменение угла φ в 360° [генератор слева — индуктивная нагрузка, то же — емкостная нагрузка, генератор справа — индуктивная нагрузка, то же — емкостная нагрузка], поэтому у любого фазометра теоретически можно получить угол отклонения стрелки в 360° . Практически конструкция эта не всегда осуществима. Наиболее простой является конструкция Бругера или Тума, схематически изображенная на фиг. 40. Катушки S_2 , сдвинутые под углом 90° , являются подвижными, питаются от напряжения сети. Катушки S_3 являются неподвижными, включаются последовательно с током, фазу которого необходимо измерить. Катушки S_2 стремятся вращаться в противоположных направлениях и угол их поворота α связан с углом сдвига фаз φ соотношением $\text{tg } \alpha = \text{tg } \varphi$. На шкале прибора вместо угла φ чаще наносят $\cos \varphi$. Наименее точным способом измерения угла сдвига фаз между



Фиг. 40.

током и напряжением является способ амперметра, вольтметра и ваттметра, когда угол сдвига вычисляют по Фле:

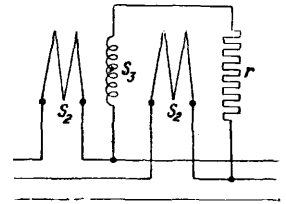
$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

Относительная погрешность этого способа равна сумме относительных погрешностей трех приборов, к-рые участвуют в измерении, т. е. может в лучшем случае быть уменьшена до 1,5%, тогда как при определении фазометра погрешность может быть доведена до 0,5—0,7%.

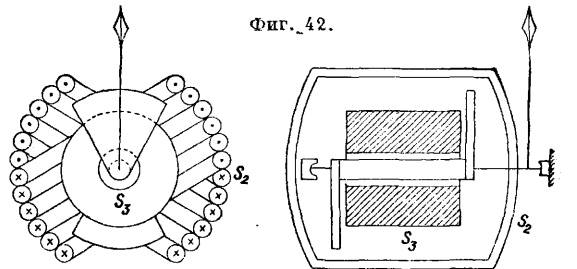
2) Трехфазный ток. Для трехфазного тока решающее значение имеет не сдвиг фаз между отдельными фазовыми токами и их напряжениями, а коэф. мощности, под к-рым подразумевают такой $\cos \varphi$, к-рый определяется из

$$\text{tg } \varphi = \frac{P_e}{P_a}$$

где P_e — реактивная мощность и P_a — активная мощность, причем вместо мощностей в то же выражение можно подставить реактивную и активную энергию, тогда получится средний коэф. мощности на длительный промежуток времени. Для определения такого среднего коэф.-та мощности служат счетчики активной и реактивной энергии, включенные последовательно по схеме Арона и определяющие энергию независимо от того, является ли нагрузка равномерной или



Фиг. 41.



Фиг. 42.

неравномерной. При равномерной нагрузке фаз все явления упрощаются и коэф. мощности делается равным $\cos \varphi$ любой из фаз, поэтому он м. б. измерен обыкновенным фазометром, несколько упрощенным благодаря наличию сдвинутых по фазе токов трехфазной цепи. Наиболее простой является конструкция фазометра фирмы Вестингауз, у к-рой катушка, упомянутая в п. 3, также является неподвижной, но она намагничивает железный подвижной сердечник, связанный со стрелкой и имеющий форму буквы Z. Эта катушка S_3 включается параллельно в сеть (фиг. 41). Две неподвижные катушки S_1 и S_2 (п. 2) сдвинуты в пространстве на угол 120° и включены в провода разных фаз последовательно с приемником (фиг. 42). В случае равномерной нагрузки сдвиг фаз в трехфазной цепи м. б. определен также и по показанию двух однофазных ваттметров, включенных по схеме Арона: если обозначить a_1 наибольшее из показаний двух ваттметров, а a_2 — наименьшее, те-

$$\text{tg } \varphi = \sqrt{3} \frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2} = \sqrt{3} \frac{1 - \frac{a_1}{a_2}}{1 + \frac{a_1}{a_2}}$$

Для той же равномерной нагрузки $\cos \varphi$ можно определить по ф-ле

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI},$$

пользуясь показаниями ваттметров, амперметров и вольтметров. Однако точность этого способа очень мала, в особенности если показания P определяются по двум ваттметрам, а равномерность нагрузки — по шести приборам. Все приведенные выше ф-лы относятся к синусоидальному напряжению и шкале, при к-рых вычисленный угол φ совпадает с фактическим. При несинусоидальной форме угол φ приобретает условное значение, при к-ром $\cos \varphi$ равен коэффициенту мощности.

Измерение неэлектрических величин. Проявления электричества настолько разнообразны, что, используя их, можно почти любую величину связать с каким-либо электрич. явлением и использовать последнее для количественного измерения первой. За последние годы техника электрич. измерения неэлектрич. величин достигла широкого развития. Одна из очень обширных областей — *пирометрия* (см.). Ниже лишь кратко перечисляются области применения электрич. методов к измерению неэлектрич. величин. В настоящее время при помощи электрич. прибора м. б. полностью обслужено котельно-паровое хозяйство. Могут быть измерены: давление пара, расход пара, t° в любом месте установки, т. е. t° любой величины, количество израсходованного тепла, м. б. произведен анализ дымовых газов на содержание CO , CO_2 , $\text{CO} + \text{H}_2$, измерено содержание свободного углерода в газах (дым), сила тяги газов в трубе, количество прошедшей по трубопроводу воды и др. Кроме того для других областей техники имеются электрич. приборы, измеряющие угловую скорость вращения, линейную скорость движения и пройденный путь, давление, ускорение поступательного или вращательного движения, время в любых промежутках, начиная с микросекунд и кончая часами, малые линейные перемещения (от μ до мм), угол поворота вала, что в свою очередь дает возможность измерения огромного количества величин. Имеются электрич. приборы для объективного измерения освещенности, силы звука, влажности воздуха, вакуума (малогазности газа) и электроизмерительные аппараты для измерения концентрации водородных ионов в растворах, для определения числа витков в катушках и многие другие. Электроизмерительные приборы и аппараты для измерения неэлектрич. величин часто оказываются настолько точными и удачными, что вытесняют старые неэлектрич. приборы и благодаря своим специфич. особенностям способствуют дальнейшему развитию той области техники, в которой они применяются.

Магнитные измерения. Магнитные измерения главной своей практич. задачей имеют испытание ферромагнитных материалов, т. е. определение их магнитных характеристик (см. *Магнитные материалы*). В основном эти измерения сводятся к измерению: 1) магнитного потока и как производного от него — магнитной индукции, 2) напряженности магнитного поля и 3) потерь энергии на гистерезис и токи Фуко при переменном намагничивании материала. Помимо определения магнитных характеристик материалов те же методы и аппаратура широко используются при исследованиях элек-

тромагнитных механизмов, поскольку это касается определения магнитных величин. Помимо этого магнитные измерения находят применение в области магнитного анализа, понимая под этим определение других физич. свойств материалов и изделий (напр. твердость) по магнитным характеристикам, а также выявление дефектов в изделиях (раковины, внутренние трещины, неправильная термическая обработка и др.).

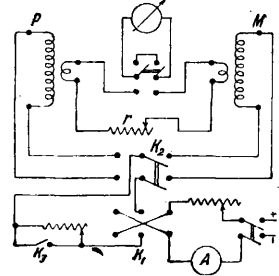
Измерение магнитного потока и индукции. Наиболее широкое распространение получил баллистический метод, обеспечивающий достаточную точность и не требующий особо сложной аппаратуры. Метод основан на измерении магнитного потока баллистич. гальванометром, соединяемым с обмоткой, навитой на испытуемый образец. При изменении в образце магнитного потока, сцепляющегося с измерительной обмоткой, в цепи гальванометра индуцируется количество электричества, определяемое соотношением:

$$\frac{W_2 \Delta \Phi 10^{-8}}{r_2} = Q,$$

где W_2 — число витков обмотки, $\Delta \Phi$ — изменение потока в максвеллах, r_2 — сопротивление в омах всей цепи, на которую замкнут гальванометр. Количество электричества Q вызовет отклонение рамки гальванометра, определяемое ур-ем: $Q = C_b a$, где C_b — баллистич. постоянная гальванометра в С/мм . Зная C_b и сечение образца S в см^2 , можно вычислить индукцию образца в гауссах:

$$B = \frac{C_b r_2 a}{W_2 S} \cdot 10^8,$$

имея в виду, что $\Delta \Phi = BS$. Образцы для испытаний применяют кольцевые или в виде стержней цилиндрических или прямоугольных. В первом случае на образец навивают одну на другую две равномерно распределенные обмотки: первая служит для измерения магнитной индукции, вторая — намагничивающая. При испытании стержневых образцов в замкнутой магнитной цепи пользуются *пермеатрами* (см.). Схему соединений для получения основной кривой намагничивания выполняют согласно фиг. 43, где P — пермеатр, или кольцевой образец, M — катушка взаимной индукции для градуировки гальванометра. Сопротивление r подбирают таким, чтобы общее сопротивление, на которое замкнут гальванометр, было близко к критическому. Для упрощения вычислений при градуировке гальванометра определяют не C_b , а $C_b r_2 \cdot 10^8 = C'_b$, т. е. градуируют прямо на магнитный поток. Для этого в первичной цепи катушки M устанавливают нек-рый ток I , затем выключают его или переключают и в этот момент наблюдают отклонение β . Если пользуются катушкой взаимной индукции в виде прямолинейного соленоида с равномерной обмоткой, в центральной части которого намотана вторичная обмотка, то при переключении тока



Фиг. 43.

$$C'_b = \frac{2 \cdot 0,4 \pi w_1 w_2 S I}{l \beta} \frac{\text{максвелл}}{\text{мм}},$$

где w_1 и w_2 —числа витков первичной и вторичной обмоток катушки взаимной индукции, S и l —ее сечение в см^2 и длина в см . Если принимают катушку, коэф. взаимной индукции к-рой M в генри известен, то

$$C'_b = \frac{2MI}{\beta} \cdot 10^8.$$

Приступая к испытанию образца, вначале его размагничивают, для чего устанавливают такую силу тока, чтобы намагничивающее поле было больше того, к-рое соответствует максимальной магнитной проницаемости образца (см.



Фиг. 44.

Магнитные материалы). Переключая направление тока со скоростью ок. 1 цикла в секунду, вместе с тем

постепенно, плавно уменьшают силу тока до 0. Размагничивание можно производить и переменным током. Для определения точек основной кривой намагничивания устанавливают небольшое намагничивающее поле и при этом поле производят «магнитную подготовку» образца путем многократного переключения тока, приводя материал к состоянию, характеризующему замкнутым циклом, симметричным относительно координатных осей. Затем переключают ток и замечают отклонение a гальванометра. Магнитную индукцию B в гауссах (фиг. 44) вычисляют по ф-ле

$$B = \frac{C'_b a}{2Sw_2},$$

где S —сечение образца в см^2 , w_2 —число витков измерительной обмотки пермеаметра. Точки кривой гистерезисного цикла определяют, начиная каждый раз из вершины цикла A (фиг. 44). Устанавливают ток I_{max} , соответствующий H_{max} для данного опыта, производят магнитную подготовку и затем уменьшают ток до I (соответственно H_1), размыкая рубильник K_2 (фиг. 43); замечая при этом отклонение гальванометра a_1 , вычисляют изменение индукции $\Delta B = B_{max} - B_1$:

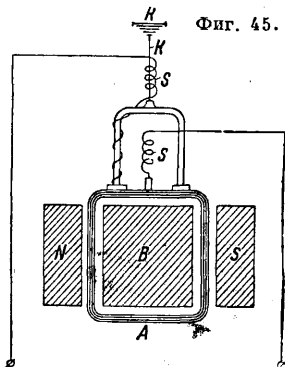
$$\Delta B = \frac{C_b a_1}{Sw_2}.$$

Точки кривой, соответствующие отрицательным полям, получают, быстро изменяя поле от $+H_{max}$ до $+H_n$ и от $+H_n$ до $-H_n$ (выключив рубильника K_2 и переключив переключателя K_1). После каждого измерения возвращаются к вершине цикла и, сделав магнитную подготовку, начинают новое измерение. Для испытания образцов при слабых магнитных полях порядка 1 эрстеда и меньше, а также материалов с высокой начальной проницаемостью (см. *Магнитные материалы*) пермеаметрами нельзя пользоваться, так как ярмо пермеаметра искажает измерение. В этом случае применяют или кольцевые образцы или прямолинейные стержни. В последнем случае испытания производят в разомкнутой магнитной цепи в пустотелом соленоиде, в центральной часть к-рого помещают испытуемый обра-

зец. Ось соленоида д. б. направлена перпендикулярно магнитному меридиану. Длину соленоида следует брать не меньше двойной длины образца, чтобы он находился в достаточно равномерном поле. Форма образца: эллипсоиды вращения, цилиндрические, прямоугольные стержни или пакеты листового материала. Отношение длины образца к диаметру следует брать не меньше 50, а при испытании материалов с высокой проницаемостью—порядка 200—300. На образец в центральной части навешивают измерительную обмотку, соединяемую с баллистич. гальванометром. Методы измерения и вычисления индукции аналогичны вышеописанным для замкнутой магнитной цепи. Метод разомкнутой магнитной цепи особенно рекомендуется для измерений к о э р ц и т и в н о й с и л ы магнитно-мягких материалов, у к-рых она невелика, а испытание в пермеаметре дает искаженные результаты. На образец в центральной части надевается катушка, соединенная с гальванометром, которая может сдвигаться с образца. Образец намагничивают, затем ток постепенно уменьшают до нуля и, изменив направление, устанавливают вначале небольшое поле, постепенно затем его повышая. При каждой силе поля наблюдают отклонение гальванометра при сдвигании катушки с образца. Когда гальванометр при сдвигании катушки не будет давать отклонения, напряженность размагничивающегося поля соленоида будет равна коэрцитивной силе, т. к. в этот момент интенсивность намагничивания образца равна нулю. При сдвигании катушку не следует удалять из соленоида. Можно и не добиваться нулевого отклонения гальванометра, а брать два отсчета, один—при напряженности поля, близкой к коэрцитивной силе, когда образец еще не перемагнитился, второй—за коэрцитивной силой, когда интенсивность намагничивания образца уже изменила знак. Интерполяцией находят напряженность поля, соответствующую коэрцитивной силе.

При баллистич. измерениях магнитного потока вместо баллистич. гальванометра, м. б. применен также флюксметр, изобретенный

Грассо и представляющий по существу магнитоэлектрич. гальванометр, у которого направляющая сила (упругое закручивание подвеса) сведена до минимума и прибор работает в условиях сильного переуспокоения, что достигается замыканием при измерении его цепи на сопротивление, значительно меньшее его критич. сопротивление (фиг. 45). Подвижная рамка A подвешена на коконовой нити K и спиральной пружине R , служащей для ослабления толчков и сотрясений. Ток к обмотке рамки подводится посредством двух цилиндрич. спиралей S из тонкой отожженной серебряной ленты. Рамка помещена в узком зазоре постоянного магнита NS и железного сердечника B . С рамкой скреплена стрелка, которая при повороте рамки перемещается над двухсторонней шкалой с равномерными делениями. Шкала флюксметра градуируется на единицы магнит-



Фиг. 45.

ного потока — максвеллы — теми же методами, что и баллистич. гальванометр. Флюксметры, изготавливаемые в СССР з-дом «Электроприбор», не имеют подвеса, рамка их вращается на осях; в остальном же конструкция подобна описанной. Для арретирования рамки устроено механическое приспособление, поднимающее рамку при повороте винта, укрепленного снаружи прибора. Одновременно стрелка приводится на середину шкалы. Чувствительность флюксметра з-да «Электроприбор» — 10 000 максвеллов на 1 деление. В некоторых конструкциях на рамке со стороны, противоположной шкале, укрепляется зеркальце для оптич. отсчета. Флюксметр может применяться во всех случаях, где требуется баллистич. гальванометр для магнитных измерений. При испытании материалов баллистич. методом флюксметр может заменить гальванометр, и в этом случае упрощаются установка и методика измерений, т. к. не требуется градуировки флюксметра. При испытании постоянных магнитов, при измерении магнитных полей электр. машин и других электромагнитных механизмов флюксметр находит широкое применение. Достоинства флюксметра: 1) отклонения не зависят от времени изменения магнитного потока в широких пределах (примерно до 10 ск.); 2) в известных пределах отклонения не зависят от сопротивления, на которое замкнут флюксметр (сопротивление внешней цепи не должно превосходить примерно $1/10$ сопротивления рамки флюксметра); 3) рамка под действием импульса отклоняется и остается в этом положении теоретически неопределенно долгое время, практически же очень медленно возвращается; 4) не требуется тщательной установки, как для гальванометра.

Измерение индукции при намагничивании образцов постоянным током осуществляется также магнитоэлектрическими и отрывными методами в соответствующих пермеаметрах. На переменном токе для измерения индукции можно применить *потенциометр* (см.). На образец помимо намагничивающей обмотки навивают еще измерительную обмотку и потенциометром измеряют индуцированную эдс E_2 . Индукцию при синусоидальном изменении эдс вычисляют по ф-ле:

$$V_{max} = \frac{E_2 \cdot 10^8}{4,44fS w_2} \text{ гаусс,}$$

где f — частота, S — сечение образца в $см^2$, w_2 — число витков измерительной обмотки. При испытании кольцевых образцов в слабых магнитных полях на переменном токе применяют также мостовые методы (см. *Мостик Витстона*). На образец навивают одну равномерно распределенную обмотку и включают в одну из ветвей моста, служащего для измерения самоиндукции. Измерив самоиндукцию L в генри, вычисляют проницаемость μ :

$$\mu = \frac{L \cdot d^{10^8}}{4 w^2 S},$$

где d — средний диаметр образца в $см$, w — число витков, S — сечение образца в $см^2$. Вычислив напряженность поля H по намагничивающим ампервиткам, определяют индукцию $B = \mu H$.

Определение напряженности магнитного поля. При испытании кольцевых образцов с равномерно распределенной намагничивающей обмоткой напряженность поля в эрстедах вычисляется по ф-ле:

$$H = \frac{0,4\pi W_1 I}{l},$$

где W_1 — полное число намагничивающих витков, I — сила тока в A , l — средняя длина окружности кольца в $см$. Если испытывается образец в пермеаметре, H м. б. вычислена с практически достаточной точностью по этой же ф-ле, причем l в этом случае — длина намагничивающей катушки. При испытании прямолинейных образцов в разомкнутой магнитной цепи в длинном соленоиде напряженность поля внутри образца H_i , соответствующая измеренной индукции, вычисляется по ф-ле:

$$H_i = H - NJ,$$

где H — напряженность поля соленоида, J — интенсивность намагничивания образца в гауссах, N — коэф. размагничивания образца; N м. б. вычислен по геометрич. размерам только для образца в форме эллипсоида вращения по ф-ле:

$$N = \frac{4\pi}{p^2 - 1} \left[\frac{p}{\sqrt{p^2 - 1}} \ln(p + \sqrt{p^2 - 1}) - 1 \right],$$

где p — отношение полярной оси эллипсоида к экваториальной и $p > 1$. Для цилиндрических и полосовых образцов N постоянен в пределах примерно до $J = 800$ гаусс, а дальше уменьшается с увеличением J . Определить N для цилиндрического образца можно путем сравнительных испытаний с эллипсоидом из одного и того же материала или же экспериментальным путем только с данным образцом способом Штейнгауза [31, 32] или Ланга [33], используя «идеальную» кривую намагничивания. В тех случаях, когда вычисление H не может дать достаточно надежных результатов, прибегают к непосредственному измерению одним из следующих способов.

Калиброванные катушки применяют цилиндрические с одной или несколькими обмотками или плоские. Если требуется измерить H , напр. внутри пустого соленоида, катушку с одной обмоткой, для которой известны сечение S и число витков w , помещают в центральную часть соленоида так, чтобы плоскость витков была перпендикулярна к направлению поля. Катушку соединяют с баллистич. гальванометром. Изменяя направление измеряемого поля, наблюдают отклонение гальванометра α . Тогда, если поле в объеме, занимаемом катушкой, однородно, то

$$H = \frac{C'_b \alpha}{2 w S} \text{ эрстед,}$$

где C'_b — постоянная гальванометра в максвеллах. При испытании образцов H м. б. измерена, если на образец надеть катушку с двумя обмотками с одинаковым числом витков. Обмотки соединяют навстречу друг другу и с гальванометром. Переключая намагничивающий ток, по отклонению гальванометра вычисляют H в непосредственной близости к поверхности образца

$$H = \frac{C'_b \alpha}{2(S_2 w_2 - S_1 w_1)},$$

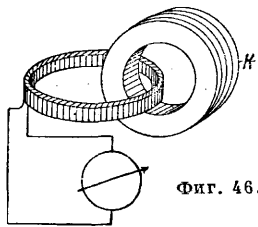
где S_2 и w_2 относятся к наружной второй обмотке, S_1 и w_1 — к первой ($w_2 = w_1$). Если S_2 и S_1 мало отличаются от сечения образца, то H с достаточным приближением можно принять равной напряженности поля в образце. Если взять катушку напр. с четырьмя обмотками и измерить H_1, H_2, H_3 в разном удалении от поверхности образца, соединяя поочередно 2—1, 3—2, 4—3 обмотки навстречу, можно затем экстраполяцией найти H_0 на поверхности образца. Тогда, основываясь на том, что тангенциаль-

ная составляющая H при переходе из одной среды в другую не претерпевает искажения, H_0 на поверхности образца будет равна H в образце. Аналогичным образом измеряют H при помощи плоской, очень тонкой катушки, помещая ее на поверхность полосового образца.

Магнитный потенциалометр [15], предложенный Роговским (пояс Роговского), основан на том, что интеграл магнитной силы по замкнутому пути равен нулю, если интегральный путь не охватывает тока, или полному току, если путь охватывает ток. Потенциалометр представляет гибкую полосу толщиной 0,5—1,5 мм изолирующего материала с постоянным сечением по длине и с равномерной обмоткой с большим числом витков тонкой проволоки. Если концы потенциалометра поместить в две точки 1 и 2 поля, разность потенциалов между к-рыми требуется измерить, то поток, сцепляющийся с ним, будет равен

$$\Phi = Sw \int_1^2 H_x dx.$$

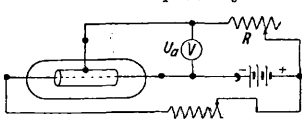
Соединяя потенциалометр с баллистическим гальванометром, можно измерить Φ , удаляя потенциалометр из поля или изменяя направление поля. Предварительно градуируют потенциалометр, для чего охватывают катушку K с током I , число витков w_1 которой известно (фиг. 46). Переключая или выключая ток в катушке, получают отклонение α . Постоянная потенциалометра применительно к данному гальванометру



Фиг. 46.

$$C = \frac{0,4\pi w_1 I}{\alpha} \left[\frac{\text{гильбертов}}{\text{деленье}} \right].$$

Хэллом (Hull) [25] был разработан способ измерения H при помощи магнетрона (см.) по следующим двум схемам. Схема фиг. 47 позволяет измерять H от 20 до 500 эрстед. Магнетрон помещают в измеряемое поле так, чтобы ось его совпадала с предполагаемым направлением поля: сопротивление R устанавливают сначала на максимум, а затем постепенно его уменьшают. Показания вольтметра вначале возрастают, а затем при дальнейшем увеличении R в нек-ром диапазоне почти не изменяются, после чего снова увеличиваются. Тогда R устанавливают приблизительно на середину того интервала сопротивления, в пределах к-рого напряжение почти оставалось постоянным. В виду того что точное направление измеряемого поля м. б. неизвестно, вращают магнетрон вокруг оси, перпендикулярной к его длине, до тех пор, пока вольтметр не покажет максимума при неизменном R и U . Показание вольтметра U_a будет соответствовать измеренной H_0 , к-рая м. б. вычислена по ф-ле:



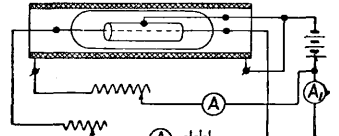
Фиг. 47.

$$H_0 = 6,72 \frac{U_a^{1/2}}{r} \text{ эрстед,}$$

где r —радиус цилиндра магнетрона в см, или определена из кривых градуировки магнетрона в известных полях. Для измерения слабых полей применяют схему фиг. 48. Магнетрон окру-

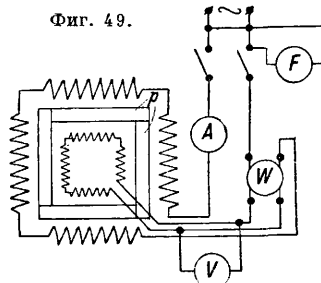
жают намагничивающей катушкой, создающей «критическое поле», при к-ром анодный ток начинает резко уменьшаться (вычисляется по вышеуказанной ф-ле). Вместе с намагничивающей катушкой магнетрон помещают в измеряемое поле и по отклонению амперметра A_1 определяют H_0 , предварительно проградуировав магнетрон, так же как и в первом случае. Точность измерений по первой схеме—0,25%, по второй—1%.

Применение висмутовой спирали (см.) для измерения H основано на свойстве висмута изменять сопротивление под действием магнитного поля. Помещая висмутовую проволоку, согнутую в спираль, в магнитное поле, наблюдают изменение ее сопротивления. По кривой градуировки спирали (зависимость сопротивления от напряженности поля) определяют величину измеряемого поля. Этот способ позволяет измерять поля порядка тысяч эрстед, но отличается малой точностью. Оригинальный метод измерений напряженности поля на постоянном токе при испытании полосовых образцов листового материала в разомкнутой магнитной цепи в пустотелом соленоиде и слабых магнитных полях предложен Германом [24]. На образец кладут систему, аналогичную гальванометрической (рамка с обмоткой на подвесе с зеркальцем), т. е. плоскость рамки параллельна поверхности образца. В рамке устанавливают определенную силу тока, поддерживая ее постоянной. При намагничивании образца рамка отклоняется, и при помощи зеркала и оптического приспособления наблюдают это отклонение на шкале, расположенной против торца соленоида. Систему предварительно градуируют, помещая ее в известное поле, т. е. в тот же соленоид, но без образца.



Фиг. 48.

Для измерения суммарных потерь на гистерезис и токи Фуко в листовых материалах при переменном намагничивании и промышленных частотах наибольшее распространение получили два метода: ваттметровый и дифференциальный. Образцы для испытания можно применять кольцевые или полосовые, в практике же почти исключительно используются последними, и в этом случае для испытаний служит аппарат Эпштейна. Магнитная цепь аппарата представляет квадрат из 4 пакетов p листового стали (фиг. 49). Ширина полос 3 см, длина 50 см, масса каждого пакета 2,5 кг (данные эти являются стандартными при испытании листового электротехнической стали). Для получения средних характеристик в каждом пакете берут половину полос, нарезанных вдоль прокатки листа, половину—поперек и укладывают их вперемежку, прокладывая между отдельными полосами тонкую бумагу. Полосы нарезают острым инструментом во избежание заусенцев.



Фиг. 49.

Для измерения суммарных потерь на гистерезис и токи Фуко в листовых материалах при переменном намагничивании и промышленных частотах наибольшее распространение получили два метода: ваттметровый и дифференциальный. Образцы для испытания можно применять кольцевые или полосовые, в практике же почти исключительно используются последними, и в этом случае для испытаний служит аппарат Эпштейна. Магнитная цепь аппарата представляет квадрат из 4 пакетов p листового стали (фиг. 49). Ширина полос 3 см, длина 50 см, масса каждого пакета 2,5 кг (данные эти являются стандартными при испытании листового электротехнической стали). Для получения средних характеристик в каждом пакете берут половину полос, нарезанных вдоль прокатки листа, половину—поперек и укладывают их вперемежку, прокладывая между отдельными полосами тонкую бумагу. Полосы нарезают острым инструментом во избежание заусенцев.

Для измерения суммарных потерь на гистерезис и токи Фуко в листовых материалах при переменном намагничивании и промышленных частотах наибольшее распространение получили два метода: ваттметровый и дифференциальный. Образцы для испытания можно применять кольцевые или полосовые, в практике же почти исключительно используются последними, и в этом случае для испытаний служит аппарат Эпштейна. Магнитная цепь аппарата представляет квадрат из 4 пакетов p листового стали (фиг. 49). Ширина полос 3 см, длина 50 см, масса каждого пакета 2,5 кг (данные эти являются стандартными при испытании листового электротехнической стали). Для получения средних характеристик в каждом пакете берут половину полос, нарезанных вдоль прокатки листа, половину—поперек и укладывают их вперемежку, прокладывая между отдельными полосами тонкую бумагу. Полосы нарезают острым инструментом во избежание заусенцев.

Пакеты помещают внутри пустотелых катушек, каждая из которых имеет две обмотки (в старой конструкции аппарата Эпштейна имеется только одна обмотка). Соответствующие обмотки всех катушек соединены последовательно. Измерительная установка ваттметрового метода (фиг. 49) должна питаться непосредственно от отдельного генератора с синусоидальной кривой напряжения, и изменение напряжения на зажимах аппарата Эпштейна осуществляется регулированием возбуждения генератора. Чтобы избежать заметного искажения формы кривой эдс, намагничивающая цепь должна иметь минимальное активное сопротивление. Эдс в В для заданной индукции вычисляют по ф-ле:

$$E_2 = 4f_E \cdot f \cdot w_2 SB_m 10^{-8},$$

где B_m — максимальное значение индукции, S — сечение образца в $см^2$, вычисляемое по массе, плотности и длине (200 см) магнитной цепи, w_2 — число витков вторичной обмотки, f — частота тока, f_E — коэф. формы эдс. Напряжение, измеряемое вольтметром,

$$U_2 = \frac{E_2}{1 + \frac{r_2}{r}},$$

где r_2 — сопротивление вторичной обмотки,

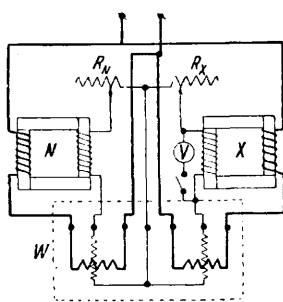
$$r_2 = \frac{r_v r_w}{r_v + r_w},$$

если r_v и r_w — сопротивления вольтметра и ответвленной обмотки ваттметра. Если эти сопротивления достаточно велики, можно принять $U_2 = E_2$. Суммарные потери в В для всей массы образца определяются из ф-лы:

$$P_{HF} = \frac{w_1}{w_2} P - \frac{U_2^2}{r},$$

где w_1 — число витков первичной обмотки, P — отсчет по ваттметру. Если коэф. формы кривой эдс заметно отличается от синусоидального, для пересчета измеренных потерь умножают величину потерь на токи Фуко (после разделения потерь) на $(\frac{1,11}{f_E})^2$, где f_E — коэф. формы в условиях опыта. На аппарате Эпштейна можно производить измерения при индукциях от 1 000 до 17 000 гаусс. При больших индукциях возникают трудности, затруднения, т. е. сильно увеличивается намагничивающий ток. При индукциях же меньше 1 000 гаусс вследствие малой величины измеряемых потерь падает точность измерения.

Дифференциальный метод основан на сравнении испытуемого образца с нормальным, потери которого известны. Испытание производится в двух совершенно идентичных аппаратах Эпштейна с двумя обмотками (фиг. 50):



Фиг. 50.

N — аппарат Эпштейна с нормальным образцом, X — с испытуемым, R_N и R_X — регулируемые безиндукционные и безземкостные сопротивления, W — дифференциальный ваттметр. Ответвленные обмотки ваттметра включены так, что вращающие моменты обеих систем направлены навстречу друг другу. Если мощности в обоих аппаратах Эпштейна равны и $R_N = R_X$, то ваттметр будет стоять на нуле. Если

же потери неодинаковы, то можно добиться нулевого положения ваттметра, изменяя R_X . При измерениях устанавливают сопротивления R_N и R_X в 10 000 раз большими, чем потери в В на 1 кг нормального образца для данной индукции и частоты. Регулируя возбуждение генератора, питающего установку, устанавливают напряжение в соответствии с индукцией, при которой требуется произвести измерения. Напряжение вычисляют по той же ф-ле, что и для ваттметрового метода. Изменяют R_X до тех пор, пока ваттметр не установится на нуль. Тогда, пренебрегая потерями на нагревание вторичных цепей, $P_N : P_X = R_N : R_X$, если P_N и P_X — соответственно потери нормального и испытуемого образцов. Так как $R_N = 10\,000 P_N$, то $P_X = R_X : 10\,000 (W/kg)$. Нормальный образец рекомендуется брать по магнитным свойствам, близким к испытуемому. Существенное достоинство метода: колебания частоты, напряжения и отклонения формы кривой напряжения от синусоидальной в довольно широких пределах практически не сказываются на результатах. Метод широко распространен для массовых заводских испытаний и принят как стандартный в СССР для испытаний листовой электротехнич. стали. Дифференциальная установка предназначена для измерений потерь при индукциях от 10 до 15 килогаусс и в этих пределах дает точность порядка 2%. Фирмой Сименс и Гальске изготовляется комплектная установка для испытания одних и тех же образцов как в отношении потерь, так и кривой намагничивания (см. *Переметр*). Измерение потерь при малых индукциях производят с помощью потенциометра переменного тока или мостового метода. Образцы в обоих случаях кольцевые. Потенциометром измеряют эдс E_2 на зажимах вторичной обмотки, навитой на образец, а также силу намагничивающего тока (падение напряжения на зажимах активного сопротивления, включенного в намагничивающую цепь) и угол φ сдвига между ними. Тогда потери на гистерезис и на токи Фуко

$$P_{HF} = I_1 E_1 \cos \varphi,$$

где $E_1 = E_2$, если числа витков обмоток одинаковы. При испытании мостовым методом измеряют активное сопротивление образца R_X , включенного в одну из ветвей моста. Потери

$$P_{HF} = (R_X - r) I_x^2,$$

где r — омич. сопротивление намагничивающей обмотки, I_x — сила тока в ней.

Для разделения потерь на гистерезис и на токи Фуко производят измерения при одной и той же индукции и по крайней мере при двух разных частотах. Суммарные потери P_{HF} в W/kg для данной толщины листов

$$P_{HF} = \eta f B_m^x \frac{10^{-4}}{\gamma} + \xi f^2 B_m^x \frac{10^{-4}}{\gamma},$$

где B_m — максимальная магнитная индукция, f — частота тока, γ — плотность материала в $г/см^3$, η — коэф. гистерезиса (коэф. Штейнмеца), ξ — коэф. токов Фуко. О показателе степени x см. *Магнитные материалы*. Измеренные суммарные потери P_{HF} при частоте f_1 и P_{HF} при частоте f_2 , отнесенные к единице частоты, выражаются линейными ур-ниями

$$\frac{P_{HF}}{f_1} = a + b f_1; \quad \frac{P_{HF}}{f_2} = a + b f_2,$$

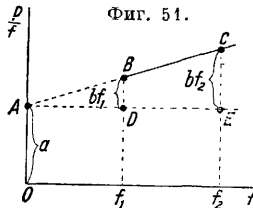
где $a = \frac{\eta B_m^x}{\gamma \cdot 10^4}$ — потери на гистерезис на 1 Hz;

$b = \frac{\xi B_m^2}{\gamma \cdot 10^4}$ — потери на токи Фуко на 1 Hz. Решая эти уравнения, находим:

$$a = \frac{P'_{HF} \cdot \frac{f_1}{f_2} - P'_{HF} \cdot \frac{f_2}{f_1}}{f_1 - f_2};$$

$$b = \frac{P'_{HF} P_{HF}}{f_1 - f_2}.$$

Графич. разделение потерь показано на фиг. 51. По оси абсцисс откладывают частоту, по оси



Фиг. 51.

ординат — соответствующие суммарные потери на 1 Hz. Прямую BC экстраполируют до пересечения с осью ординат. Отрезок $OA = a$; $BD = bf_1$; $CE = bf_2$. Пользуясь выражениями для a и b , можно вычислить коэф-ты η и ξ . Если при измерении потерь коэф. формы кривой эдс отличался от синусоиды и был равен f'_E , выраже-

ние для b умножают на $\left(\frac{f'_E}{1,11}\right)^2$.

Лит.: 1) Черданцева З., Электрические измерения, 3 изд., М.—Л., 1933; 2) Базилевич В., Электротехнические измерения и приборы, Л., 1929; 3) Грун К., Электротехнические измерительные приборы, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1932; 4) еггоже, Лабораторные измерения по электротехнике, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1932; 5) Скрябин В., Измерение мощности переменного тока, пер. с нем., М.—Л., 1932; 6) Пособие к лабораторным занятиям по электрическим и магнитным измерениям, под ред. М. Шателена и Н. Пономарева, Л., 1931; 7) Вернер О., Чувствительные гальванометры постоянного и переменного тока, пер. с нем., Л., 1932; 8) Меллингери И., Электрические счетчики и измерительные трансформаторы, пер. с нем., Л., 1933; 9) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, Л., 1928; 10) Laws F., Electrical Measurements, N. Y., 1917; 11) Jaeger W., Elektrische Messtechnik, Lpz., 1922; 12) Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 16, V., 1927; 13) Kei n a t h G., Die Technik elektrischer Messgeräte, B. 1—2, Mch.—B., 1928; 14) Drysdale C. a. J. o l l e y A., Electrical Measuring Instruments, v. 1—2, L., 1924; 15) G u m l i c h E., Leitfaden d. Magnetischen Messungen, Brschw., 1928; 16) S p o o n e r T., Properties a. Testing of Magnetic Materials, N. Y., 1927; 17) R a y l i l l., Scheitelspannungs-Messung mit Neon Glühmrohre, «Archiv f. technisches Messen», Mch., 1931, 3, v. 3382—4, t. 38; 18) S e w i g R., Gleichstrom-Verstärkung, ibid., 23, 634—1, t. 71; 19) Ke i n a t h G., Messung hoher Gleichströme, ibid., 1932, 18, v. 3213—4, t. 179; 20) Kr ö n e r t J., Thomson Brücken für Gleichstrom, ibid., 1932, 10, J. 911—1, T. 60; 21) Kr ö n e r t J., Widerstandsmessung, ibid., 1931, 1, v. 3511—1, T. 10; 22) H a g e u b., Alternating Current Bridge Methods, L., 1923; 23) Ke i n a t h G., Kapazitätsmessung, «Archiv f. technisches Messen», Mch., 1931, 1, v. 3532—4, T. 11; 24) Kr ö n e r t J., Wechselstrom-Brücken, ibid., 1931, 2, J. 921—4, T. 29; 25) Kr ö n e r t J., Wechselstrom-Brücken von Anderson-type, ibid., 1932, 12, J. 921—2, T. 93; 26) Kr ö n e r t J., Wechselstrom-Brücken mit einer gegenseitigen Induktion, ibid., 1932, 15, J. 921—4, T. 141; 27) Ke i n a t h G., Frequenzmessung, ibid., 1931, 1, v. 3612—4, T. 12; 28) Kr ö n e r t J., Frequenz-Messbrücken, ibid., 1932, 14, J. 921—8, T. 122; 29) Kr ö n e r t J., Wechselstrom-Brücken, ibid., 1932, 12, J. 921—2, T. 93; 30) Ke i n a t h G., Genaue Frequenzmessung, ibidem, 1932, 23, v. 3612—2, T. 61; 31) Steinhaus W., Ueber einige spezielle magnetische Messmethoden, «Zeitschr. f. techn. Physik», Lpz., 1926, 10; 32) Steinhaus W. u. G u m l i c h E., «Verh. d. Deut. Phys. Ges.», 1915, B. 15; 33) L a n g e H., «Ztschr. f. Techn. Phys.», Lpz., 1930, 7; 34) H e r m a n n P., Ueber ein neues magnetisches Blechprüfverfahren, ibid., 1932, 11; 35) H u l l A., «Phys. Review», N. Y., 1921, v. 17, 1912, v. 19, 1923, v. 22, 1925, v. 35. Н. Пономарев, Е. Шрамков.

Телефонно-телеграфные измерения имеют следующие особенности сравнительно с Э. и. сильного тока: 1) большое влияние на результаты измерений окружающей обстановки и многих других, обычно не учитываемых факторов, напр. при измерениях переменным током тональной частоты влияние емкости тела наблю-

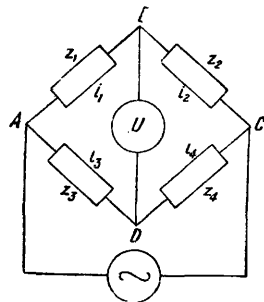
дателя и др.; 2) влияние атмосферных условий на результаты измерений изоляции воздушных линий (изменения t° и влажности наружного воздуха и т. п.). Поэтому при производстве телефонно-телеграфных измерений необходимо: 1) принимать меры к устранению влияний со стороны соседних проводников, источников переменного тока, тела наблюдателя и др. и 2) при измерениях воздушных проводов отмечать состояние атмосферы. Результаты измерений (согласно общим правилам для всех измерений) имеют значение лишь тогда, когда определен размер ошибки их. При телефонных измерениях сильно возрастают субъективные ошибки в виду того, что большинство измерений производится при помощи слуховых индикаторов (телефонов), менее точных, чем индикаторы зрительные. Кроме того значительную роль играют ошибки, происходящие от посторонних влияний. При точных телефонных измерениях является необходимым экранирование всех частей измерительных схем от окружающих влияний. Инструментальные ошибки при телефонных измерениях, которые производятся гл. обр. при помощи переменного тока тональной частоты, сравнительно с таковыми же при измерениях постоянным током достигают большей величины. Это объясняется меньшей точностью измерительных приборов переменного тока тональной частоты сравнительно с измерительными приборами для постоянного тока. Последнее время для телефонных измерений начали широко применять ламповые вольтметры, к-рые градуируются при помощи термометров, и детекторные приборы. Точность измерений получается значительно бо́льшая, чем при других измерительных приборах переменного тока, применявшихся ранее для той же цели. Современное оборудование телефонных и телеграфных станций и линий для контроля и наблюдения за правильною работой всех их устройств требует применения весьма различных измерительных приборов, начиная от самых грубых гальваноскопов для контроля работы телеграфных аппаратов Морзе до самых чувствительных зеркальных гальванометров для измерения элктрич. свойств телефонных и телеграфных кабелей. Пределы допускаемых погрешностей очень велики: от сотых долей % при измерениях катушек Пупина, в нек-рых случаях при определении места повреждения кабелей и др. до 10% и более при измерении изоляции воздушных проводов. Ошибка $\pm 10\%$ в данном случае не может считаться слишком большою, т. к. изоляция воздушных телефонно-телеграфных проводов в течение суток (в зависимости от атмосферных условий) изменяется на величину, во много раз бо́льшую. С наиболее ходовыми приборами ошибка получается в 1—3%. К телефонно-телеграфным измерениям относятся: 1) испытания гальванических элементов и аккумуляторов малой емкости, применяемых в качестве источников тока для работы телефонных и телеграфных цепей; 2) измерения сопротивления земляных соединений на телефонных и телеграфных станциях и линиях; 3) измерения телефонной и телеграфной аппаратуры; 4) испытания и измерения электрических свойств телефонных и телеграфных линий и цепей.

Испытание гальванических элементов, применяемых в телефонной и телеграфной практике, заключается в измерении напряжения и внутреннего сопротивления как

отдельных элементов, так и целых батарей. Измерение напряжения производится при помощи вольтметров магнитоэлектрич. системы с большим сопротивлением. Рекомендуется применять вольтметры с сопротивлением не менее 100 Ω на 1 V шкалы прибора, чтобы внутренним сопротивлением элемента можно было пренебречь перед сопротивлением вольтметра. Для измерения внутреннего сопротивления элементов телефонных и телеграфных батарей м. б. применен любой метод из числа применяемых для измерения сопротивления электролитов, но наиболее удобным из числа применяемых для измерения сопротивления электролитов является метод вольтметра, так как он не требует отдельного измерительного прибора, а позволяет использовать тот же вольтметр, который служит для измерения напряжения этих элементов.

Измерение сопротивления телефонных и телеграфных земляных соединений (заземлений) производится при помощи мостика Витстона (см.) с постоянным или переменным током. Для этой цели м. б. применен любой мостик Витстона, но наиболее удобным является мост Кольрауша с калиброванной проволокой и скользящим по ней подвижным контактом. Из числа методов для измерения сопротивления земляных соединений в телефонной и телеграфной практике наибольшее распространение получили: а) метод трех земель, включаемых попарно в схему моста (этот метод требует трех последовательных измерений), и б) метод Вихерта, при к-ром требуется произвести всего два измерения. По методу Вихерта для определения сопротивления какого-либо земляного соединения необходимо располагать двумя надежно устроенными земляными соединениями и третьим вспомогательным заземлением.

Э. и. телефонной и телеграфной аппаратуры. Из числа методов, применяемых для измерений сопротивления, самоиндукции и изоляции обмоток различных телефонных и телеграфных аппаратов и приборов и емкости конденсаторов, наиболее часто применяется метод моста. Схему моста при постоянном токе можно рассматривать как частный случай схемы моста для измерений переменным током. Схему моста для телефонных измерений переменным током можно представить в виде замкнутого четырех-



Фиг. 52.

угольника, каждая сторона к-рого представляет сопротивление, состоящее из любой комбинации активных и реактивных сопротивлений. В одну диагональ этого четырехугольника присоединяются проводники от источника переменного тока тональной частоты, в другую диагональ включается нулевой индикатор. В качестве такого индикатора применяется телефон или вибрационный гальванометр. В случае равновесия в ветвях моста получается отсутствие тока в индикаторе. Тогда через полные сопротивления \bar{z}_1 и \bar{z}_2 (фиг. 52) будет проходить одинаковой силы ток, т. е. $i_1 = i_2$. То же самое получается для сопротивлений \bar{z}_3 и \bar{z}_4 , т. е. $i_3 = i_4$. Если ток в диагонали

индикатора U равен нулю, точки B и D будут при одном и том же потенциале, и векторы падения напряжения в сопротивлениях \bar{z}_1 и \bar{z}_3 , а также в сопротивлениях \bar{z}_2 и \bar{z}_4 д. б. равны и совпадать по фазе, т. е.

$$i_1 \bar{z}_1 = i_3 \bar{z}_3 \text{ и } i_2 \bar{z}_2 = i_4 \bar{z}_4.$$

При равенствах $i_1 = i_2$ и $i_3 = i_4$

$$\frac{\bar{z}_1}{\bar{z}_2} = \frac{\bar{z}_3}{\bar{z}_4}$$

или

$$\frac{z_1}{z_2} e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)} = \frac{z_3}{z_4} e^{j(\varphi_3 - \varphi_4)}, \quad (1)$$

т. к. $\bar{z}_1 = r_1 + jx_1 = z_1 e^{j\varphi_1}$ и т. д., где r_1 —активное сопротивление, x_1 —реактивное сопротивление и φ_1 —сдвиг фазы тока относительно напряжения. Ур-ие (1) распадается на два:

$$z_1 z_4 = z_2 z_3 \text{ и } \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_4.$$

Эти два ур-ия являются общими для всех схем мостов, к-рые применяются в телефонных измерениях. Самый процесс измерений при всех этих схемах сводится к выравниванию двух переменных величин, пока индикатор U , включенный в диагональ BD , не покажет отсутствия тока в этой диагонали. Если измерения производятся постоянным током, то величины x_1, x_2, x_3 и x_4 в выражении $\bar{z}_1 = r_1 + jx_1$ и т. д. будут равны нулю, и ур-ие (1) превращается в ур-ие $\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$, к-рое содержит только одни активные сопротивления. Индикаторами тока в схемах моста при измерениях при постоянном токе служат стрелочные гальванометры с чувствительностью порядка 10^{-6} А и выше или же зеркальные гальванометры. При переменном токе в качестве индикатора в схеме моста чаще всего применяется телефон, который является наиболее чувствительным нулевым индикатором при частоте тока 300—5 000 Гц. Обычный телефон имеет наибольшую чувствительность при 800—1 000 Гц. Для измерительных целей (для применения в качестве индикаторов в различных схемах при телефонных измерениях) з-дами изготавливаются специальные телефоны, к-рые при большой чувствительности имеют малое сопротивление, снабжаются особой защитой от соприкосновения с телом наблюдателя и отличаются отсутствием резко выраженного резонанса. В случае надобности для повышения чувствительности телефона при телефонных измерениях применяются специальные усилители, от которых требуются большое усиление при всех частотах и отсутствие нелинейных искажений. В последнее время подобные усилители вместо телефона часто снабжаются детекторами со стрелочными приборами для получения объективности отсчета. Для уменьшения влияния связей, гл. обр. емкостей, возникающих при включении в измерительную схему телефона и в особенности усилителя с телефоном, рекомендуется при точных телефонных измерениях включение телефона и его усилителя производить через специальный трансформатор, обмотки которого тщательно изолированы друг от друга и емкость их одной по отношению к другой незначительна. При более высоких частотах в качестве индикаторов в схемах моста для телефонных измерений применяются также гальванометры постоянного тока в соединении с детекторами (кристаллическими или ламповыми), или термоэлементами, или барреттерами. При частоте тока менее 300 Гц, а также и при более высоких частотах, если желательно из-

бавиться от влияния гармоник, в схемах моста для телефонных измерений применяются вибрационные гальванометры. Частота собственных колебаний вибрационного гальванометра м. б. изменяема и при измерениях она устанавливается равной частоте тока. Тогда чувствительность вибрационного гальванометра будет наибольшей. Источниками тока служат: а) гальванич. элементы или аккумуляторы малой емкости и б) генераторы переменного тока (зумерные, машинные и ламповые). Ламповые генераторы являются наиболее распространенными для телефонных измерений, т. к. только они могут удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к ним, напр. генераторы должны давать возможность изменять частоту получаемого от них тока в весьма широких пределах (50—10 000 Hz), форма кривой тока д. б. строго синусоидальной. Особое значение для телефонных измерений имеет синусоидальная форма кривой тока, даваемого генератором. Но т. к. получение совершенно правильной синусоиды является технически трудно выполнимой задачей, то практически считается вполне допустимым, если гармоники составляют 2% от основных колебаний. В виду этого генераторы тональной частоты при телефонных измерениях обычно снабжаются фильтрами, которые имеют назначение устранять гармоники основных колебаний. Кроме того источнику переменного тока при телефонных измерениях снабжаются особыми симметрирующими устройствами, т. к. зажимами таких источников тока обычно несимметричны относительно земли, т. е. не имеют по отношению к земле равных и противоположных по знаку потенциалов. В качестве симметрирующих устройств для этой цели применяется или симметрирующий мостик или симметрирующий трансформатор.

Испытания и измерения электрических свойств телефонных и телеграфных линий и цепей. Для воздушных телефонных и телеграфных проводов производятся измерения сопротивления и изоляции их. Сопротивление измеряется по методу мостика Витстона с постоянным током, причем индикатором служит стрелочный гальванометр. При наличии одного только провода между данными пунктами замкнутая цепь при измерении получается соединением удаленного конца провода с землей. В случае двух и более проводов составляется цепь из двух проводов, удаленные концы к-рых замыкаются накоротко. Измерение изоляции воздушных проводов производится или по методу мостика Витстона или же (гораздо чаще) по методу вольтметра причем удаленный конец провода в обоих случаях изолируется. При испытании воздушных телефонных двухпроводных цепей, кроме измерения сопротивления и изоляции проводов каждой цепи при помощи постоянного тока, производится измерение переменным током асимметрии их по отношению к земле и по отношению к линиям передачи энергии. Испытания телефонных и телеграфных кабелей и кабельных линий, производимые для контроля, насколько эти кабели и кабельные линии соответствуют технич. требованиям, заключают в себе: а) измерение сопротивления проводников кабельных жил, б) измерение сопротивления изоляции их и в) измерение электроемкости жил. Для телефонных междугородных кабелей производится еще измерение асимметрии емкости парных жил и четверок по отношению к

земле и по отношению к соседним парным жилам и четверкам. Измерение асимметрии четверок необходимо для контроля электрич. свойств т. н. фантомных цепей, составляемых из каждой двух парных жил междугородной телефонной кабельной линии. Для телефонных кабелей городских сетей и для телеграфных кабелей измерения их электрич. свойств производятся постоянным током. Измерения электрич. свойств междугородных телефонных кабелей производятся как постоянным, так и переменным током тональной частоты. Для измерения сопротивления проводников телефонных и телеграфных кабелей применяется метод моста. Для измерения изоляции и емкости телефонных и телеграфных кабелей применяются различные методы, а именно: метод моста, метод компенсации, метод замещения, метод сравнения. При всех этих методах для кабельных измерений постоянным током применяются зеркальные гальванометры как наиболее чувствительные индикаторы. В переносных измерительных устройствах для телефонных и телеграфных кабелей, предназначенных для измерений на линиях, а также для определения места повреждения телефонных и телеграфных кабелей, применяются как стрелочные, так и зеркальные гальванометры. При измерениях телефонных кабелей переменным током тональной частоты до самого последнего времени в качестве индикатора применялся телефон. В настоящее время в связи с широким распространением усилителей при телефонных кабельных измерениях переменным током наряду с телефоном в качестве индикаторов применяются стрелочные гальванометры постоянного тока вместе с усилителями и детекторами. Наиболее детальные измерения производятся при испытании электрич. свойств и исправности работы телефонных междугородных цепей как предназначенных для междугородных переговоров, так и цепей, служащих для передачи широковещания. Междугородным консультативным комитетом по телефонированию на дальнее расстояние, в который входит также СССР, в целях контроля исправности междугородных телефонных цепей и цепей для широковещания были разработаны и рекомендованы для применения порядок и условия периодич. испытаний всех отдельных устройств, входящих в состав междугородных телефонных цепей. В соответствии с этим периодич. испытания междугородных телефонных цепей заключают в себе: а) измерения кабельных линий для проверки состояния изоляции, сопротивления и затухания различных участков между усилительными пунктами; б) измерения усилителей при различном числе периодов тока для определения устойчивости кривой усиления в функции частоты. Для этой цели производятся измерения не менее чем при 4 разных частотах, заключающихся в пределах передаваемой полосы частот, и в) измерения линий в целом при частоте тока 800 Hz для определения остаточного затухания и относительного уровня передачи на различных усилительных станциях. Кроме этих испытаний для длинных телефонных кабельных линий производятся измерения затухания электрич. эхо, измерения затухания переходных токов с одной цепи на другую и еще целый ряд дополнительных измерений.

О радиотехнических измерениях см. *Измерения*, *Измерения в радиотехнике*, *Частоты измерения*.

Лит.: Труды Международного Консультативного Комитета по телефонным сообщениям на дальнее расстояние, М., 1933 (Перевод с франц. трудов МКК за 1930 г. с дополнениями и исправлениями, внесенными сессией в Париже, сентябрь 1931 г.); Кампелл, Э. Электрич. измерения телеграфных и телефонных линий, М., 1926; Соловьев Н., Телефонные измерения, Л.—М., 1932; Бавен Н., Измерения воздушных и кабельных линий, М., 1930; Яблоновский Н. и Величутин В., Электрические телеграфные измерения, Л., 1927. Л. Кампелл.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, см. *Нагревательные приборы и Отопление*.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЕЧИ, см. *Дополнительный том*.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ, приспособления для защиты электрич. проводки (преимущественно более низкого напряжения) от токов, превышающих допустимые: размыкают автоматически цепь, в к-рую они включены, как только сила тока достигнет определенной величины (см. *Провода электрические*, *Сети электрические*, *Установочные материалы*).

Классификация. Э. п. подразделяются на следующие группы: А) **Плавкие Э. п.** (обычно называемые кратко **предохранители** или **пластики**); состоят из постоянной, несменяемой части и плавкой части (легкоплавкая проволока или пластина); сечение последней выбирают так, что она плавится при определенной силе тока, создавая т. о. в цепи разрыв: течение тока превышающего допустимый (напр. при коротком замыкании или при включении приемников, потребляющих большую мощность, чем та, на к-рую питающие их провода были рассчитаны), прекратится ранее, чем он успеет вызвать опасное для изоляции и в пожарном отношении нагревание проводов линии. По основному типу устройства в отношении условий, в к-рых протекает явление дуги, образующейся при плавлении плавкой части; Э. п. делятся на: 1) **открытые** (дуга при нормальном атмосферном давлении) и 2) **закрытые** (дуга при повышенном давлении), а по месту применения на: 1) Э. п. для внутренней проводки (установочные для мелких потребителей в домашних установках и для более крупных потребителей промышленного назначения) и 2) Э. п. для воздушной проводки. По конструкции Э. п. делят на: 1) **пластичные**, 2) **пробковые**, подразделяющиеся на: а) **штепсельные** и б) **патронные**, 3) **трубчатые**, 4) **грибообразные** (и другие конструкции для воздушных линий); наконец по назначению установок, для применения к-рых Э. п. предназначены, они делятся на: 1) Э. п. для низкого напряжения и 2) Э. п. для высокого напряжения. Б) **Установочные автоматические выключатели**, часто применяемые за последнее время (чтобы избежать расходов на замену плавких вставок) вместо предохранителей, по принципу действия делятся на: 1) **электромагнитные** и 2) **тепловые**.

Плавки Э. п. появились уже давно (были изобретены Эдисоном; это изобретение сильно ускорило распространение электрич. установок, тормозившееся до тех пор ненадежностью их в пожарном отношении); они оказались непригодными для значительных мощностей и высоких напряжений. Недостатки: неопределенность калибровки, к-рая возрастает с увеличением силы разрываемого тока; образова-

ние дуги и разбрызгивание плавящегося металла, могущие стать опасными при значительных мощностях и высоких напряжениях; в трехфазных системах—не одновременное перегорание Э. п. в трех фазах, к-рое может вызвать колебательные процессы; появление перенапряжений вследствие внезапного разрыва цепи. Поэтому применение плавких Э. п. ограничивают теперь распределительными цепями и защитой небольших двигателей и трансформаторов. Для более ответственных случаев и напряжений > 500 В их считают недостаточно надежными и заменяют автоматическими выключателями. Широкое распространение плавких Э. п. особенно в осветительных системах низкого напряжения обусловлено их низкой стоимостью по сравнению с автоматич. выключателями. В системах, нагруженных преимущественно электродвигателями, где можно ожидать частых размыканий цепи, предпочитают применять автоматич. выключатели. Плавкие Э. п. действуют с нек-рой выдержкой времени, не свойственной автоматич. выключателям (за исключением специальных конструкций). Т. о. размыкание перегруженной цепи плавким Э. п. происходит с нек-рым запаздыванием, тогда как автоматич. выключатель дал бы мгновенное действие. Поэтому плавкие Э. п. предпочитают для цепей силовых и подержанных весьма кратковременным перегрузкам, особенно тогда, когда электрическая аппаратура находится под наблюдением опытного персонала (например на крупных э-дах). При частом перегорании Э. п. стоимость их возобновления может оказаться весьма значительной. Приведение автоматического выключателя в нормальное положение, соответствующее замкнутой цепи (после того как он подействовал при перегрузке), сопряжено с меньшей затратой времени и менее затруднительно, чем замена перегоревшей плавкой вставки; кроме того в этом случае не требуется запасных частей. Т. о. автоматы предпочитают тогда, когда достигаемая благодаря их применению экономия времени имеет существенное значение. Стоимость первоначального оборудования автоматич. выключателями значительно превышает стоимость оборудования Э. п.; однако при тяжелых эксплуатационных условиях автоматич. выключатели оказываются более выгодными в экономическом отношении.

Основные требования. При внезапном возрастании тока плавкая часть должна расплавиться достаточно быстро; при плавлении не должна образоваться дуга; плавящийся металл не должен причинять вреда окружающим предметам; конструкция должна допускать безопасную замену плавкой части под напряжением; падение напряжения в Э. п. должно быть возможно мало; конструкция должна не позволять ошибочно или умышленно вставить в Э. п. плавкую часть на несоответствующую силу тока.

Основные свойства. Плавкую часть Э. п. изготавливают из тугоплавких металлов с малым удельным сопротивлением, напр. из серебра, меди и алюминия, или легкоплавких с большим удельным сопротивлением, напр. из свинца и цинка, или же из особых легкоплавких сплавов (напр. т. н. сплавы Эдисона: свинца 60% и олова 40% с $t_{пл}$ ок. 200°; или висмута 50%, свинца 30% и олова 20% с $t_{пл}$ в 94°). Преимущество меди и серебра: хорошая проводимость позволяет брать меньшую массу металла, что ограничивает количество выделяемых про-

дуктов сгорания. Плавкие части из меди во избежание окисления серебрят. После длительной эксплуатации наблюдается заметное изменение свойств (старение) металла плавких частей. Легкоплавкие металлы и сплавы удобны для обработки, но недостаточно однородны и стойки; для больших сил тока (> 100 А) их не применяют, т. к. сечения плоской части получают для них слишком большими и трудно избежать образования дуги. Железо легко окисляется, его применяют преимущественно в цепях связи. Плавкие предохранители действуют с неким запаздыванием вследствие того, что ток должен нагреть металл плавкой части до $t_{пл.}$. Эта выдержка времени колеблется в зависимости от размеров и типа Э. п. Плавление проволоки или пластинки данного сечения и материала, нагреваемой протекающим по ней током, является ф-ией не только силы тока, но и предшествовавшего режима тока (или нагревания), зависит от размеров плавкой части, металлич. масс, соприкасающихся с ее концами (эти массы особенно сильно влияют на короткие проволоки), от плотности контактов, от окружающей среды (t° , вентиляции), длительности нахождения под током и т. д. Поэтому явления плавления отличаются сложностью и неопределенностью. Аналитич. выражения зависимости от различных влияющих факторов, составляющие предмет многочисленных опубликованных работ [21, 22, 31], сложны и имеют незначительное практич. значение.

Предельной для какого-нибудь плавкого Э. п. силой тока называют такую, к-рая при t° окружающей среды ок. 20° вызвала бы в течение бесконечно длинного промежутка времени плавление Э. п.—состояние равновесия практически не существует; если сила тока меньше этого предела, то плавления не наступает, если она больше предельной, то плавление наступит после промежутка времени, величина которого изменяется в зависимости от обстоятельств. Если, выбрав размеры проволок из различных металлов т. о., чтобы они соответствовали одинаковой предельной силе тока, пропустить через них одинаковый ток (достаточный, чтобы их расплавить), то плавление их произойдет не одновременно (например проволока из цинка требует для плавления времени в 5 раз больше, чем медная); это представляет относительно тепловую инерцию плавкой части,—важный фактор, определяющий чувствительность ее функционирования. Инерция больше у проволок и меньше у тонких пластинок, с помощью к-рых м. б. получены весьма чувствительные плавкие части (редко применяются для очень малых сил токов из-за затруднений с контактами); она меньше у тонких проволок, чем у толстых, поэтому последние избегают, применяя для больших сил токов плавкие части из нескольких тонких проволок, включенных параллельно. Однако влияние инерции не всегда неблагоприятно, т. к. чрезмерная чувствительность вызывала бы плавление, как только была бы достигнута определенная сила тока, даже в случае кратковременной нагрузки, длительность к-рой недостаточна для того, чтобы защищаемая Э. п. часть могла достигнуть опасного нагревания (напр. при пуске в ход электродвигателей); в этом случае плавление Э. п. бесполезно. Поэтому нек-рая инерция необходима для того, чтобы позволить Э. п. выносить перегрузки небольшой продолжительности во избежание ненужных размы-

каний цепи. Практически важна также $t_{пл.}$ металла: в особенности у Э. п., предназначенных для сравнительно больших сил токов, становится неудобной высокая t° , которой могли бы достигнуть зажимы и коробка, закрывающая Э. п.; по той же причине желательно, чтобы масса плавкой части была мала. Большой тепловой инерцией обладают свинец, олово и цинк; последний имеет наименьшую массу и невысокую $t_{пл.}$; его следует предпочитать свинцу, масса к-рого слишком велика, чтобы его можно было применять для больших сил тока; однако эта масса оказывается благоприятной для токов небольшой силы, избавляя от необходимости прибегать к слишком тонким проволокам. Когда желательна известная инерция, применяют алюминий для больших сил тока и сплав свинца с оловом для малых; медь дает для плавкой части проволоку умеренных размеров, с массой и инерцией меньшими, чем у серебра; преимущество последнего—неокисляемость. В настоящее время предпочитают алюминий, т. к. в нем с большой теплоемкостью сочетается хорошая проводимость при незначительной массе; при этом плавление вызывает незначительное газообразование, между тем как, с другой стороны, $t_{пл.}$ невысока. Обычно при выборе металла и конструкции плавкой части стремятся сочетать для данной силы плавящего тока минимум объема плавкого металла с наибольшей поверхностью излучения; при этом явления плавления близки к испарению; т. к. они протекают быстро и с незначительным количеством выделяемых продуктов сгорания, то вольтота дуга гаснет гораздо быстрее и можно уменьшить длину плавкой части. Явления испарения наблюдаются обычно для металлов с высокой $t_{пл.}$ Для плавких пластинок, чем больше сечение, тем меньше плотность плавящего тока (т. к. уменьшается поверхность излучения на единицу площади поперечного сечения); при постоянной толщине, если растут длина и ширина, плотность плавящего тока убывает. Плавкую часть берут тем длиннее, чем больше сила тока и выше напряжение. Подразделение сечения плавкого проводника на несколько составных частей усиливает Э. п., т. е. увеличивает силу плавящего тока (увеличивается поверхность охлаждения). Приведенные в табл. 1 цифры позволяют сравнить свой-

Табл. 1.—Данные о материалах для плавкой части Э. п.

Металл	Относит. тепловая инерция	Точка плавления, $^{\circ}$ C	Масса
Алюминий	3,04	660	3,08
Свинец	6,08	325	20,25
Медь	1	1 690	1
Латунь (прибл. циф-ры)	0,47	1 015	1,61
Никель	0,362	1 450	1,72
Серебро:	1,66	954	1,47
80% свинца + 40% олова	3,10	135	11,40
Олово	7,00	230	13,90
Цинк	7,60	420	8,18

ства нек-рых металлов в качестве материала для плавкой части Э. п. Значения массы и инерции (отнесены к меди) получены экспериментально для круглых проволок достаточной длины, чтобы исключить влияние зажимов (когда проволоки коротки, т. ч. теплопроводность оказывает влияние, цифры инерции и массы представляют меньше разнообразия).

Зависимость силы тока, плавящей проволоку, от ее диаметра была исследована для различных металлов В. Присом, к-рый вывел ф-лу

$$I = a \sqrt{d^3}$$

где I —плавящий ток в А, d —диам. проволоки в мм, a —постоянная, зависящая от материала. Значение a для нек-рых металлов следующее:

Медь	80	Олово	13
Алюминий	59	Сплав свинца (2 ч.)	
Платина	40	и олова (1 ч.)	10
Нейзильбер	41	Свинец	11
Железо	25		

В табл. 2 и 3 даны значения плавящих токов и δ проволоки, получаемые по ф-ле Приса.

Табл. 2.—Силы токов, плавящих проволоки различных размеров.

Сечение проволоки, мм ²	Сила плавящего тока, А		Свинец		Серебро	
	Медь	Алюминий	Диам. проволоки, мм	Сила плавящего тока, А	Диам. проволоки, мм	Сила плавящего тока, А
0,75	77	57	0,3	2	0,07	0,5
1,0	95	70	0,5	4	0,10	1
1,5	130	96	0,75	6	0,11	2
2,5	191	141	1,1	10	0,17	3
4,0	269	199	1,5	15	0,2	4
6,0	388	272	1,75	20	0,25	5
—	—	—	2,0	25	0,3	6

Табл. 3.—Диаметры проволок (в мм), плавящихся от данной силы тока.

Сила тока, А	Медь	Алюминий	Нейзильбер	Железо
1	0,053	0,066	0,084	0,119
2	0,033	0,104	0,135	0,188
3	0,112	0,137	0,175	0,246
4	0,135	0,165	0,213	0,297
5	0,157	0,193	0,245	0,345
10	0,249	0,301	0,391	0,549
15	0,328	0,401	0,513	0,718
20	0,396	0,435	0,522	0,870
25	0,430	0,569	0,721	1,011
30	0,521	0,335	0,813	1,143
35	0,576	0,701	0,904	1,265
40	0,330	0,770	0,985	1,384
45	0,651	0,833	1,067	1,493
50	0,731	0,894	1,143	1,605
60	0,825	1,033	1,293	1,813
70	0,914	1,118	1,432	2,009
80	1,017	1,221	1,564	2,194
90	1,082	1,321	1,634	2,375
100	1,160	1,417	1,816	2,547
120	1,311	1,600	2,052	2,878
140	1,453	1,773	2,273	3,187
160	1,587	1,938	2,484	3,485
180	1,717	2,068	2,687	3,769
200	1,841	2,255	2,883	4,043
225	1,991	2,433	3,119	4,374
250	2,133	2,511	3,345	4,693
275	2,278	2,781	3,566	5,001
300	2,413	2,948	3,777	5,298

Табл. 4.—Плавящие силы тока (в А) для серебряных проволок.

Длина, мм	Диаметр проволоки, мм																
	0,04	0,1	0,15	0,2	0,25	0,34	0,5	0,6	0,75	0,8	1	1,1	1,3	1,4	1,6	1,75	2
10	1,5	4,5	9,5	16,5	24,5	47,00	94	141	190	244	390	430	—	—	—	—	—
20	1	4	7	11,5	15,5	27	59	87	125	143	220	240	330	440	480	—	—
30	1	3,5	5,5	8,5	12,5	22	43	57	97	105	165	185	245	300	385	445	—
40	1	3	5,1	8	10,5	19	36	49	70	86	132	158	200	230	320	360	480
50	1	3	5	8	9,5	17	30	44	61	72	115	138	171	210	280	310	390
75	1	3	5	7,5	8,5	14	24,5	37	52,5	62	90	110	140	182	225	245	320
100	1	3	5	7,5	8,1	13,5	22	34,5	51	57	80	100	130	183	200	218	288
150	1	3	4,9	7	8	13,5	19,5	31,5	50,5	55	71,5	91	116	143	178	188	234
200	1	3	4,9	7	8	13,5	19,5	30	49,5	51,5	63	89	110	140	150	170	247
250	1	3	4,9	6,5	8	13	19,5	29,5	49	54	63,5	83	105	140	154	161	238
300	1	3	4,9	6	8	13	19	29	48	53	62	85	100	140	150	160	235

Данные табл. 2 и 3 следует рассматривать лишь как ориентировочные, т. к. они не учитывают влияния длины проволоки. Более точными являются приведенные в табл. 4—6 экспериментальные данные плавящих сил токов для проволоки и пластинок при свободном доступе воздуха; если они заключены в какие-либо оболочки (пробки и т. п.), то следует брать соответствующие данные, полученные опытным путем.

Табл. 5.—Выбор свинцовых предохранителей.

Наиб. допускаемая в предохранителем сила тока, А	Диам. проволоки (размеры пластинок), мм	Поперечное сечение проволоки (пластинки), мм ²	Длина проволоки (пластинки), мм
Свинцовая проволока			
0,5	0,02	—	20
1	2 × 0,02	—	20
2	0,3	0,07	20
3	0,4	0,12	20
4	0,5	0,19	20
5,5	0,6	0,3	20
7,7	1	0,78	20
11,5	1,2	1,25	30
17	1,5	1,77	30
28	1,8	2,54	30
35	2	3,14	30
45	2,3	4,19	40
56	2,5	4,9	40
70	3	7	50
85	3,5	9,6	50
90	4	12,5	50
103	4,3	11,0	50
110	4,5	15,9	50
118	4,7	17,5	50
125	5	19,6	60
Свинцовые пластинки			
140	2 × 11	22	60
150	2 × 13	23	60
160	2 × 14	28	60
166	2 × 15	30	60
180	2 × 16	32	60
183	2 × 13,5	33	60
192	2 × 17	34	70
205	2 × 18	36	70
225	3 × 14	42	70
250	3 × 16	48	70
275	3 × 18	54	70

Плавящие силы тока для прямоугольных пластинок из чистого олова в 5 мм шириной и 5 мм длиной (наклеенных на полоски из твердого картона и снабженных по концам контактными частями) находятся в следующих соотношениях с толщиной пластинок:

Плавящая сила тока, А	3,5	7	9	12	17	22	25	30	45	60
Толщина, мм	0,02	0,03	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,21	0,36	0,5

Номинальная (рабочая) сила тока помечается на Э. п. В устанавливаемых нормах [14]

Табл. 6. — Плавящие силы тока для пластинок из алюминия.

Сила тока, А		Размеры, мм			Сила тока, А		Размеры, мм		
номинальная	плавящая	a	b	Толщина	номинальная	плавящая	a	b	Толщина
15	25	45	8,5	0,1	160	220	45	6,5	0,6
30	45	45	6,5	0,1	200	290	45	6,5	0,8
60	90	45	6,5	0,2	300	450	42	6,5	0,6+0,6
80	130	45	6,5	0,3	350	550	34	18	0,4
100	150	45	6,5	0,4	500	670	34	—	0,6

таблицах допустимых нагрузок для проводов (см.) также указывается номинальная сила тока Э. п.; нормы предписывают устанавливать для защиты провода определенного сечения Э. п., руководствуясь тем, что рабочая (номинальная) сила тока его I должна составлять 0,8 от предельной $I_{пред.}$, считая при этом, что последняя равна наибольшей силе тока, допустимой для провода данного сечения, т. е. в нормах принято, что $\frac{I_{пред.}}{I} = 1,25$. Например при попе-

речном сечении защищаемого провода в 6 мм² при допустимой для него наибольшей нагрузке в 31 А Э. п. ставится на номинальную силу тока в 25 А. Э. п. должен длительно выносить действие номинальной силы тока, не нагреваясь при этом даже при неблагоприятных условиях. Нагревание Э. п. в нормальной эксплуатации (при номинальной силе тока) зависит от следующих факторов: 1) от отношения номинальной силы тока к предельной (чем ближе номинальный ток к предельному, тем лучше используется сечение защищаемого провода, но тем выше его t° при нормальной эксплуатации и тем легче перегорает Э. п. при перегрузках), предел этого отношения выбирается по соображениям безопасности и удобства обслуживания (напр. пружинные контакты сменных Э. п. теряют свою упругость от продолжительного сильного нагревания); 2) от конструкции Э. п. и гл. обр. от его условий охлаждения (при остальных одинаковых условиях чем лучше Э. п. по своей конструкции отводит тепло, тем более сильно необходимо и выделение тепла в пределах плавкой части для ее плавления; это м. б. достигнуто при заданном предельном токе увеличением сопротивления, т. е. уменьшением сечения плавкого проводника; т. о. чем лучше охлаждение, обеспечиваемое конструкцией, тем меньше д. б. сечение плавкого проводника и тем больше теплообразование; вследствие большего выделения тепла в меньшем сечении подобный Э. п. перегорает при коротком замыкании быстрее, чем Э. п., хуже охлаждаемый при нормальных условиях; в этом случае влияние условий охлаждения почти не успеет сказаться); 3) от $t_{пл.}$ металла плавкой части: чем ниже она, тем меньше нагревание при предельном токе (а так как к нему в определенном отношении находится номинальный, то и при последнем).

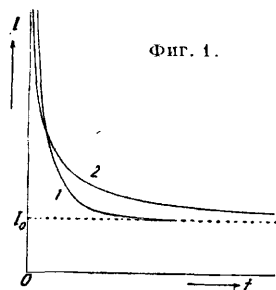
Техническая характеристика Э. п. («кривая времени») — графич. изображение зависимости между силой тока и временем, необходимым для расплавления (фиг. 1). Сила тока асимптотически стремится к предельной для данного Э. п. силе тока $I_{пред.}$, к-рая с трудом поддается определению; кроме того необходимо учитывать и допуски в изготовлении Э. п. Поэтому иностранные нормы (например германские) устанавливают, что предельная сила тока

должна лежать между двумя значениями испытательного тока: минимальным (при к-ром Э. п. не должен плавиться в продолжение установленного промежутка времени) и максимальным (который должен его расплавить в заданный срок). Существуют различные средства, позволяющие влиять на форму харак-

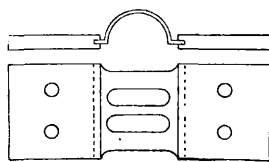
теристики Э. п., например уменьшение в одном месте сечения плавкого проводника (хотя бы путем перфорирования его — устройства в нем отверстий) при небольших перегрузках не вызовет почти никаких изменений формы кривой (тепло имеет время рассеяться во все стороны), между тем как при коротком замыкании решающую роль будет играть наименьшее сечение. Из характеристики видно, что только однотипные предохранители, включенные последовательно, действуют

селективно (избирательно), т. е. перегорает только тот Э. п., к-рый расположен ближе всего к месту короткого замыкания (если же напр. включить последовательно с Э. п. на 125 А другой Э. п. такой конструкции, что он быстро реагирует на 80 А, но типа, обладающего большой тепловой инерцией, то в большинстве случаев первый перегорит, а второй останется целым); дальнейшее условие селективности защиты с помощью Э. п. — безупречно плотная пригонка контактов [4, 5, 12, 4, 15, 9].

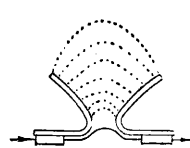
Открытые Э. п. Старейший, наиболее простой и дешевый тип Э. п. имеет сменную плавкую часть (вставку) обычно в форме пластинки, к-рая м. б. расположена совершенно открыто. Однако при этом влияние на нее воздушных течений, а также загрязнение плавкой части (оседание на ней пыли) уменьшают точность работы Э. п. (перегорания его при строго определенном токе); кроме того плавление металла может сопровождаться разбрызгиванием



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

его, опасным для людей и в пожарном отношении. По этим причинам плавкую часть нередко защищают крышкой из невозгорающегося материала. В обоих случаях явление вольтовой дуги, образующейся при плавлении, протекает при нормальном атмосферном давлении. Для увеличения надежности размыкания простейшим средством является увеличение длины плавкой части, что однако имеет свои практические границы. Вытеснение вольтовой дуги (для лучшего гашения ее) м. б. достигнуто дугообразной формой плавкой вставки (фиг. 2), создающей магнитное поле надлежащей конфигура-

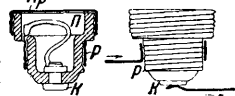
ции: окружающее проводник магнитное поле внутри дуги гуще, чем снаружи; в связи с этим давление поля на проводник сильнее с внутренней стороны дуги, чем с внешней: дуга будет вытесняться кнаружи, вверх (чему способствует и ток нагретого воздуха), удлиняясь до тех пор, пока не оборвется. Такое же магнитное дутье достигается применением в сочетании с Э. п. рогообразного разрядника (фиг. 3) или искрогасительных катушек. Вопрос о надежном гашении дуги размыкания приобретает особое значение при больших размыкаемых мощностях и высоких напряжениях (500 В и более); однако ему приходится уделять большое внимание и при небольших разрываемых («разрывных») мощностях и невысоких напряжениях в установочных Э. п., к которым предъявляются повышенные требования безопасности в отношении пожара и несчастий с людьми, т. к. с установочными Э. п. соприкасается не обученный персонал, а широкая масса населения. Поэтому при высоком напряжении и для установочных Э. п. применяется закрытый тип [2, 3, 4, 18, 19, 22].

З а к р ы т ы е Э. п. Плавкий проводник помещается внутри специальной конструкции из изолирующего вещества (фарфора, стекла, фибры и т. п.), имеющей форму полого цилиндрич. тела, короткого (в виде пробки) или несколько большей длины (в виде гильзы, патрона или трубки); эта съемная часть Э. п. в дальнейшем изложении названа вставкой (термин «вставка» не уточнен; применяется нередко и для обозначения одной лишь сменной плавкой части, притом не только в закрытых, но и в открытых Э. п.). Плавление плавкой части происходит в плотно закрытом пространстве, ограниченном стенками вставки, которое нередко заполняют каким-нибудь мелкозернистым веществом (напр. кварцевым песком) или порошком (бура, тальк, наждак), чтобы исключить воздух; кроме того это вещество облегчает процесс размыкания цепи, поглощая выделяющиеся газы, и тем, что при образовании дуги частицы вещества плавятся, отнимая у дуги тепло, что ускоряет гашение ее. В закрытых Э. п. явление дуги должно протекать при повышенном давлении (нагревание вызывает расширение воздуха и повышение давления), что также способствует гашению дуги; для обеспечения этого при высоких напряжениях внутри фарфоровой вставки располагают вокруг плавкого проводника миканитовую трубку. При больших силах тока закрытые Э. п. более склонны к нагреванию, чем открытые. Влияние охлаждения у закрытых Э. п. больше (наполнение и керамич. вставка сравнительно хорошо отводят тепло); кроме того для плавкого проводника в них приходится в целях уменьшения его массы применять серебро, т. е. металл с высокой $t_{п.л.}$. Оба эти обстоятельства согласно изложенному выше действуют неблагоприятно на нагревание Э. п. в нормальной эксплуатации. Действительное средство уменьшения эксплуатационного нагревания больших закрытых Э. п.: плавкую часть перерезают в середине и вновь спаивают оловом; предельная сила тока будет определяться $t_{п.л.}$ уже не серебра, а олова, что позволяет придать плавкому проводнику соответственно большее сечение; дальнейшее преимущество подобного устройства: при постепенно нарастающих («ползучих») перегрузках наполнение (песок) не подвергается такому сильному предварительному подогре-

ву, как при плавком проводнике из чистого серебра без спайки посредине, и поэтому лучше обеспечено гашение дуги. Технич. характеристики (кривые времени) закрытых и открытых Э. п. также совершенно различны (фиг. 1): открытые Э. п. при незначительных перегрузках перегорают уже после короткого промежутка времени, закрытые же проявляют при этом большую инерцию (вследствие большой теплоемкости изолирующего материала вставки и ее наполнения); при больших перегрузках—наоборот (подвод тепла происходит так быстро, что отвод его почти не играет роли, между тем как в общем решающее влияние оказывает сечение плавкого проводника, которое, как указано выше, у закрытых электрических предохранителей будет наименьшим).

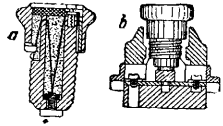
Видоизменением закрытых Э. п. являются Э. п. с выталкиванием дуги: плавкая часть помещается внутри вставки такого устройства, что выталкивание газов, образующихся при плавлении проводника, гасит дугу. В новейших конструкциях, подобных Э. п., имеется устройство, носящее название «бомбы», которое при плавлении проводника либо выталкивает («выстреливает») сменную часть либо (при тяжелых перегрузках) иногда взрывается целиком, т. е. разрывая цепь. К этому типу принадлежат высоковольтные стреляющие Э. п., давшие хорошие эксплуатационные результаты в США; изготовление их начато и в СССР. У закрытых Э. п. различных типов съемная часть (вставка) снабжена контактами в виде штифтов или эдисоновской резьбы для ламп накаливания или контактами, подобными контактам ножовых рубильников. Вставку часто снабжают особым контрольным устройством—автоматич. указателем перегорания, т. е. приспособлением, позволяющим, не открывая вставки, обнаружить факт перегорания плавкого проводника [1, 10, 11, 12, 19, 28].

Э. п. для внутренней проводки. Установочные Э. п. для низковольтных электрич. установок, напр. домашних, снабжающих энергией приемники малой мощности, — лампы накаливания, мелкие электродвигатели и электронагревательные приборы д. б. закрытой конструкции, обычно пробочные: съемная часть (вставка) в виде «пробки» из фарфора. Пробочные предохранители бывают штепсельные (с ввинчиваемой пробкой) и патронные (с вставляемой пробкой). Штепсельный тип. Первообраз пробочных предохранителей—конструкция Эдисона (фиг. 4): из проводов, присоединенных к сети, ток течет в винтовую лагунную резьбу докола основания и пробки P , а из резьбы—в припаянную к ней плавкую проволоку $П$, прикрепленную другим концом к контакту K , из которого ток поступает далее в сеть. Пробка закрыта крышкой Kp , отвинчиваемой при осмотре или замене проволоки $П$. На основе этой конструкции фирмой АЕГ был выработан штепсельный тип пробочных предохранителей четырех нормализованных размеров: «нормальный» (до 500 В и 25 А), «миньон» (уменьшенного размера; дешевы, но непрочны и ненадежны; до 250 В и 10 А), «большой» (несколько увеличенного размера; до 500 В и 60 А) и «голиаф» (крупного типа). Пробка—штепсель этих предохранителей (фиг. 5, а)—изготавливается в виде толстостен-



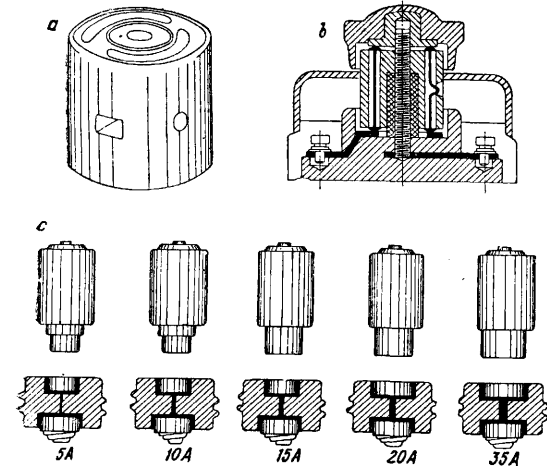
Фиг. 4.

ного цилиндра из керамич. материала (фарфора, стеатита), имеющего в нижней своей части контакт и резьбу для ввинчивания в цоколь. Цоколь Э. п. (на фиг. 5, б показан в разрезе весь штепсельный Э. п. в собранном виде) делают из фарфора или стеатита (жировика). Важнейшие размеры винтовой резьбы Эдисона для ламп накаливания, патронов и Э. п. нормализованы; в силу этого подходят друг к другу не только изделия различных заводов в одной стране, но и изделия, изготовленные в различных странах. Конструкция пробок должна обеспечивать их взаимную незаменимость, т. е.



Фиг. 5.

не допускать ошибочной или умышленной замены пробки, рассчитанной на небольшую силу тока, пробкой, предназначенной для более сильного тока, т. к. Э. п. с такой пробкой не защищал бы провод от перегрузок; для достижения незаменимости Э. п. на разные силы токов снабжают различной высоты головками контактных винтов и контактными частями пробок; подобными же конструктивными мероприятиями исключают и возможность поставки пробок на несоответствующее напряжение. Замена проволоки (после перегорания) своими средствами нерациональна: исправное

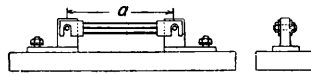


Фиг. 6.

действие Э. п. и соответствие его нормам обеспечены лишь при починке на з-де, изготовляющем Э. п. Пространство внутри пробки д. б. закрыто и сконструировано так, чтоб его нельзя было открыть, не повредивши, без помощи особых приспособлений; кроме заполнения (песком или порошком) его заливают гипсом и прикрывают под крышкой асбестом. Пробку снабжают указателем перегорания (напр. параллельно плавкой проволоке включают тонкую проволоку сопротивления, к-рая, плавясь одновременно с плавкой проволокой, освобождает пружинку, откидывающую при этом металлическую или цветную пластинку-указатель к стеклу контрольного окошечка).

П а т р о н н ы й т и п пробочного Э. п. распространен не менее штепсельного; был предложен впервые фирмой Сименс-Шуккерт. Пробка этого типа Э. п. имеет вид цилиндрич. фарфорового патрона (фиг. 6, а) с отверстием по его оси, которым его одевают на болт цоколя; на

фиг. 6, б изображен в разрезе весь Э. п. в собранном виде. Расположенная внутри патрона плавкая проволока припаяна концами к латунным или медным контактным кольцам патрона—верхнему и нижнему, которые для разных сил токов делают различной формы и высоты (для обеспечения незаменимости, фиг. 6, с). Пробочные Э. п. обоих типов изготовляют для нормальных напряжений в 125, 250 и 500 V и сил тока в 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 и 60 А. Сравнительная дороговизна пробок и недостаток фарфора во время империалистич. войны обусловили появление пробочных Э. п. многократного действия, изготовляемых для токов в 6 и 10 А: в одной пробке объединены несколько (3, 6 или 9) камер, в каждой из к-рых помещается по одной плавкой проволоке; при перегорании одной из них можно (посредством



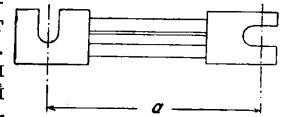
Фиг. 7.



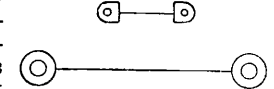
Фиг. 8.

переключателя или просто поворачивая пробку на определенный угол) взамен перегоревшей включить вторую, третью и т. д. проволоку. Недостаток: большой расход вставок (легкость переключения развивает недостаточно серьезное отношение к включению Э. п. без предварительного выяснения причины перегорания). В качестве установочных Э. п. применяют также закрытые Э. п. со съемной частью в виде трубки, снабженной контактными кольцами или ножами (распространены менее пробочного типа; в основном схожи с описываемой ниже аналогичной конструкцией для высокого напряжения).

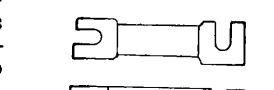
Для внутренней проводки при более сильных токах (установки промышленного назначения, главные провода в жилых домах) применяют п л а с т и н ч а т ы е Э. п. открытого типа или защищенные съемной крышкой, отличающиеся простотой конструкции и дешевизной. Сменная (плавкая) часть монтируется на плите из шифера, мрамора или синтетич. изолирующего вещества; плиты из шифера или мрамора после просверливания дыр надлежит обрабатывать специальным лаком, чтоб закрыть пористые отверстия от доступа воздуха (лак должен обладать высокими изоляционными качествами, а не понижать изолирующие свойства плиты). На плите укреплены два простых контакта с винтами, под которые зажимают плавкую вставку. Во избежание раздваивания сравнительно мягкого металла плавкой части (к-рое могло бы получиться при непосредственном зажимании ее под винты контактов) концы ее припаявают к специальному оправам (обычно из меди или латуни), к-рые и зажимают под контак-



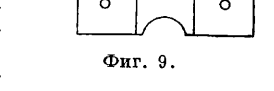
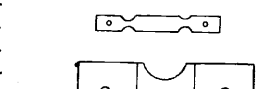
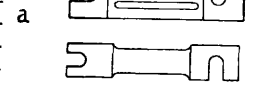
б



а



а

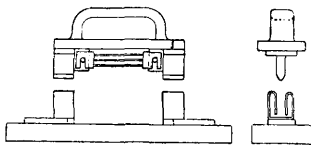


Фиг. 9.

ные винты (фиг. 7); на оправках выгравирована номинальная сила тока, на к-рую рассчитана плавкая вставка. Оправы увеличивают поверхность охлаждения вставки, облегчая гашение дуги; с той же целью оправам иногда придают специальную форму (фиг. 8), позволяющую им играть роль рогов, к-рые способствуют гашению дуги. Плавкую часть выполняют в виде пластинки (фиг. 9,а) или проволоки (фиг. 9,б). Длина вставки д. б. достаточной для того, чтобы получилась только небольшая дуга, которая не поддерживается после расплавления несмотря на наличие частиц испарившегося металла; помимо материала эта длина зависит от произведения напряжения на силу плавящего тока. В зависимости от силы тока длина вставки составляет в среднем: 4—6 см для 110—120V, 6—9 см для 200—250V, 15—30 см для 400—600V. При серебряных проволоках и напряжениях до 300 V можно брать следующее расстояние a (фиг. 9,б) между зажимами (в см):

Сила плавящего тока, А	10—50	51—100	101—300	301—600	601—1 000
Расстояние a	5	6	8	10	12

Смотря по тому, сколько пар зажимов установлено на общей плите, пластинчатые Э. п. делят на одно-, двух- и трехполюсные. Для более высоких напряжений (>250 V) пластинчатые Э. п. выполняют с выключаемой съемной частью в виде трубки (чаще всего из фарфора) с расположенной внутри ее плавкой частью, с обоих концов закрытой и снабженной по концам контактами в виде колец или чаще контактами, подобными нолам рубильников; для включения съемной части эти ножевые контакты вводят в промежутки между неподвижными контактами пружинящего типа (фиг. 10, справа), которые изготавлиются штампованием из листовой латуни или меди и укрепляются на основной плите Э. п. из шифера, мрамора или искусственного изоляционного материала. Иногда съемную часть для удобства введения ее в неподвижные контакты и извлечения ее из них снабжают рукояткой (фиг. 10), при этом пластинчатая плавкая часть располагается открыто или в трубке; в последнем случае подобный электрический предохранитель похож на разъединитель (трениальный р).



Фиг. 10.

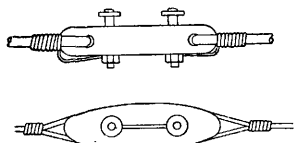
Э. п. для высокого напряжения применяют гл. обр. там, где особое значение имеют малые расходы или где местные условия не позволяют устанавливать автоматические выключатели; во всех остальных случаях следует предпочитать автоматические выключатели, обеспечивающие более совершенную защиту от перегрузок: основной недостаток Э. п. в этом случае тот, что они не всегда перегорают одновременно во всех трех фазах. При напряжениях > 20 kV Э. п. широко распространены для защиты измерительных трансформаторов, небольших трансформаторных подстанций и т. п., реже они применяются для защиты трансформаторов мощности при напряжениях > 20 kV; хорошо зарекомендовали себя при разрывных мощностях до нескольких тысяч kVA. Сменная часть закрытого типа: плавкая проволока натянута внутри трубки (из фарфора, реже из волокнистого изолирующего вещества, напр.

бакелизированного картона и т. п.), заполненной воздухом или нейтральным порошком. Физические процессы при выключении не вполне выяснены; повидимому выключение обусловлено адиабатич. охлаждением при расширении внезапно образующихся паров металла; оно обычно заканчивается в течение времени прохождение поддувонны (считая от момента возникновения дуги) и при этом в момент естественного прохождения тока через нуль или даже несколько ранее. Так как процесс выключения требует всегда нескольких тысячных секунды, то опасность возникновения перенапряжений существует только в исключительных случаях (как следствие не самого процесса выключения, а получающегося после него состояния в связи с неодновременным перегоранием Э. п. и создающимся т. о. однополюсным присоединением). Для малых сил токов (защита измерительных трансформаторов и т. п.) приходится применять плавкую проволоку весьма незначительного диаметра (0,1 мм и менее); будучи подвержена механич. колебаниям (от действия сильного электростатич. поля) и химич. воздействиям (при явлении короны образуется озон и азотистые соединения), эта тонкая проволока м. б. в результате их по истечении некоторого промежутка времени разрушена, следствием чего м. б. неправильное выключение измерительных трансформаторов и присоединенных к ним приборов. Для предупреждения разрушения плавкой проволоки от механич. и химич. причин служат специальные приспособления, напр. плавкую проволоку заключают в проводящую оболочку или окружают рассеивающим экраном (защищающим ее от действия поля) или же навивают проволоку на стеклянные стержни с последующей лакировкой (стекло благодаря его высокой диэлектрич. постоянной благоприятно влияет на распределение поля). Для более высоких напряжений иногда включают несколько Э. п. последовательно.

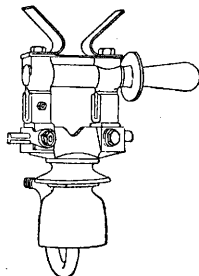
Проблема конструирования Э. п. для больших разрывных мощностей представляет значительные затруднения; для разрешения ее нередко последовательно с Э. п. включают сопротивление (умеряет мощность, облегчая выключение). Одно время для больших разрывных мощностей Э. п. были почти вытеснены масляными выключателями. За последние годы заметно за границей и у нас оживление интереса к Э. п. для больших мощностей специального типа с выбрасыванием какой-либо части конструкции от действия повышенного давления, получающегося при образовании дуги. В подобных случаях Э. п. с наполнением из масла (при применении внутри задний представляют пожарную опасность в случае неискрового действия) или четыреххлористого углерода (требует герметич. закрытий во избежание опасного для жизни действия) при образовании дуги газ благодаря расширению выбрасывает припаиванную крышку. Специальной конструкции Э. п. с масляным наполнением применяются в Германии для защиты замкнутых кабельных сетей. Для обслуживания Э. п. для высокого напряжения, смены вставок и пр. служат особые изолированные щипцы [1, 2, 9, 12, 18, 19, 20].

Э. п. для воздушных линий включают непосредственно в линию (посреди пролета), либо монтируются на изоляторе, либо (для удобства обслуживания) их опускают ниже токоведущей линии, располагая по сторонам

опоры (так, чтобы они не затрудняли влезание на опору). При установке на открытом воздухе опасность окисления контактов увеличивается; их надлежит делать из того же металла, что и оправы (наконечники) плавких вставок; иначе от действия контактной разности потенциалов возникают токи, вызывающие коррозию—разъедание контактов. Простейшая конструкция Э. п. для воздушных линий (фиг. 11): ук-



Фиг. 11.



Фиг. 12.

репленные на изоляторе зажимы, под к-рые зажата плавкая часть. В специальных конструкциях («грибообразный» тип) форма изолятора защищает вставку от доступа влаги. Для секционирования воздушной сети при авариях служит помещаемый на опоре Э. п., монтируемый на изоляторе, с приспособлением для выключения (фиг. 12). В больших городах предпочитают располагать Э. п. на опорах, помещая их в специальных удободоступных плотно закрывающихся ящиках, снабженных рубильником, расходы на к-рые окупаются удобством обслуживания [1, 10, 11, 3, 22].

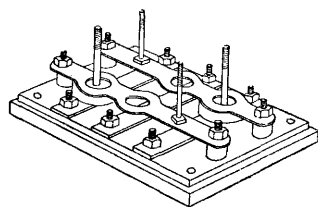
Выбор числа и расположения Э. п. При выборе числа и расположения Э. п. приходится искать компромиссного решения, удовлетворяющего противоречиям друг другу условиям. С одной стороны, расположение Э. п. должно быть таково, чтобы участок сети, лишаемый снабжения энергией при перегорании Э. п., был возможно мал; с другой стороны, возможно перегорание Э. п., не вызываемое необходимостью; поэтому число Э. п. не должно быть слишком велико. Согласно нормам Э. п. ставят, начиная от главного распределительного щита, в каждое ответвление и в каждом месте, где сечение проводов уменьшается по направлению к местам потребления энергии и притом не далее 1 м от точки ответвления или перемены сечения; иначе на участке до Э. п. должен быть проложен провод того же сечения, что и главный. В воздушных линиях главные ответвления следовало бы снабжать разъединителями, позволяющими легко локализовать повреждение; применение же Э. п. следовало бы ограничить теми ответвлениями, вероятность повреждений которых значительна, например в виду близости деревьев, большого протяжения линии и т. п. Секционирование при помощи Э. п. подземных кабельных сетей низкого напряжения требует особой тщательности (в виду плотности нагрузки, ответственности работы и большой затраты времени на устранение повреждений). В распределительной магистрали повреждения должны ограничиваться пределами квартала, в к-ром оно произошло (а если линии проложены по обеим сторонам улицы, то одной стороной улицы). Не принято устанавливать Э. п. в фидерах низкого напряжения на станции (дежурный у распределительного щита может всегда в случае надобности разомкнуть соответствующий выключатель).

Э. п. следует помещать во все незаземленные провода, служащие для ввода энергии в здание;

их следует располагать в доступном месте, возможно ближе ко входу в здание. Отдельный Э. п. должна быть защищена каждая группа потребителей, к-рал б рет в общ-й сложности ток. превышающий 6 А (в театрах и общественных залах до 15 А). Расположенные за групповыми Э. п. ответвления и провода меньшего сечения могут уже обойтись без отдельных Э. п.; их нет надобности устанавливать и там, где сечение провода уменьшается, но предыдущий Э. п. соответствует проводу меньшего сечения. В нулевых и заземленных проводах Э. п. недопустимы. В двухпроводных системах Э. п. устанавливают в обоих проводах; при установке Э. п. в одном проводе, даже с соблюдением постоянства полюса (т. е. всегда в проводах одной и той же полярности), ток в проводах может иногда достигнуть опасной величины, не расплавив Э. п. Рекомендуется поэтому пользоваться двухполюсными Э. п. (двухполюсный Э. п. также дешевле и удобнее двух однополюсных). При переходе на двухпроводную линию от трехпроводной, постоянного тока или трехфазного, применяют специальные переходные коробки для Э. п. (фиг. 13): к трем нижним шинам, в к-рые ввернуты винты, присоединяют провода трехпроводной системы, одевая на соответствующие винты две пробки, прижимаемые особыми фарфоровыми гайками с медной арматурой; можно (через винт, гайку и пробку) присоединить к любым из трех проводов две верхние шины Э. п. должны быть расположены систематично: при вводе в здание ставят главный Э. п.; Э. п., которые обслуживают группу приемников или часть здания, объединяют в группу. Такие групповые Э. п. помещают на удобной высоте в доступных местах, чаще у входа в обслуживаемое ими помещение, образуя из них частичные распределительные доски-щитки, которые помещают иногда в шкалчиках под замком. Подобная централизация Э. п., несколько увеличивая общую длину проводов и таким образом удорожая проводку, облегчает осмотр и замену Э. п.; вся проводка получается наглядной, добавление новых проводов легко выполнимо. При централизации Э. п. все переносные приборы все же снабжают каждый отдельный Э. п. внутри штепсельного гнезда [12, 13, 11, 16, 17, 22, 23, 26].

Классификация, технические условия, маркировка, правила приемки и испытания установочных предохранителей изложены в ОСТ 4027. Размеры основных стандартизованных элементов указаны в ОСТ 4028—4032.

Установочные автоматические выключатели. Для более сильных токов автоматические выключатели применяются давно. Значительно позднее возникла идея применить аналогичные выключатели более мелкого типа для малых потребителей в домашних установках взамен Э. п. с плавкой вставкой (в виду присущего последним недостатка—порчи вставки при перегорании и необходимости замены вставки в связи с этим); лишь в 1919 г. появились первые удачные типы подобных мелких («установочных») автоматич. выключателей, которые с тех пор стали быстро совершенствоваться, завоевывая все более широкое распространение (осо-



Фиг. 13.

бенно в установках, где части перегрузки и короткие замыкания) и имея тенденцию совершенно вытеснить Э. п. с плавкой вставкой. Основное достоинство установочных автоматич. выключателей — их постоянная готовность к действию — заставляет мириться с их недостатками: большей по сравнению с плавкими Э. п. стоимостью и применимостью преимущественно для меньших напряжений (обычно до 250 В). Существуют два конструктивных типа: штепсельные автоматические выключатели (для напряжений до 250 В), к-рые можно ввинчивать в доколь обыкновенного Э. п., и цокольные автоматические выключатели — с особым цоколем (для 250 и 500 В). Принцип действия: вопреки противодействию некоторой пружины автомат от руки приводит в положение, соответствующее включению цепи, подобно тому как это происходит в поворотном, нажимном или рычажном установочном выключателе (см. *Установочные материалы*); после этого ось рукоятки находится под действием пружины, к-рая стремится повернуть ось и произвести выключение; этому однако препятствует некоторый задерживающий орган (зашелка); при перегрузке или коротком замыкании зашелку освобождает особый механизм электромагнитного действия (при достижении тока определенной силы катушка электромагнита притягивает железный якорь, к-рый с помощью пружины или рычага освобождает зашелку) или термич. действия (расширение металлич. пластинки, обычно биметаллической, т. е. составленной из двух полос двух различных металлов), тогда пружина приводит ось автомата в ее первоначальное положение — положение выключения. Новое включение производится опять вручную. Автомат штепсельного типа системы «Elfa» (Эльфа) основан на электромагнитном принципе. Подобные автоматы выключают при всех перегрузках, превышающих некоторый предел, мгновенно; поэтому их называют выключателями мгновенного или незамедленного действия (без выдержки времени); в некоторых случаях они оказываются непригодными. Напр. при включении ламп с металлич. нитью сила тока вначале велика (накаливаемая нить обладает в холодном состоянии значительно большей проводимостью, чем в горячем); при одновременном включении значительного числа таких ламп большой начальный ток может вызвать выключение автомата. В этом случае надо применять автоматы замедленного действия (с выдержкой времени), к-рые при небольших перегрузках выключают лишь после некоторого довольно значительного промежутка времени, т. е. ведут себя так, как плавкие Э. п. Такое замедление работы выключателя (инерция) достигается с помощью специального приспособления, основанного на расширении стержня или пластинки от термич. действия тока (по этому стержню или пластинке может непосредственно протекать ток или же стержень косвенно обогревается теплом, к-рое ток выделяет), напр. якорь удерживается в своем положении при помощи биметаллич. пластинки, т. ч. при не слишком больших перегрузках автомат сперва не может притти в действие; однако ток перегрузки протекает также через биметаллическую пластинку; последняя начинает медленно изгибаться от нагревания током, т. ч. через некоторый промежуток времени она отпустит якорь, к-рый сможет тогда произвести выключение. В кон-

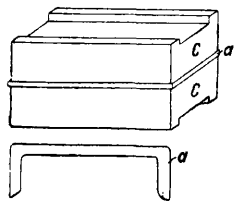
струкциях установочного автоматич. выключателя д. б. предусмотрено т. н. свободное расцепление, которое не позволяет удерживать за ручку включающий механизм во включенном положении, если перегрузка продолжает существовать: между ручкой и включающим механизмом должно находиться сцепление, на которое можно воздействовать только электрич. путем. При наличии тока, превышающего допустимую величину, ток должен влиять на сцепление таким образом, что во всяком случае происходит размыкание, даже если пытаться удерживать ручку: при попытке привести выключатель в замкнутое положение при неустраненной перегрузке якорь, как только соприкоснется контакты, сейчас же притягивается электромагнитом и снова освобождает зашелку, так что вновь получается размыкание. В других конструкциях биметаллич. пластинка служит не для получения замедляющего действия на якорь, а сама производит освобождение включающего механизма. Т. к. однако для больших сил токов выключение с помощью биметаллич. пластинки оказывается слишком медленным, то и для этих конструкций для выключения при коротких замыканиях возникает потребность в электромагнитном выключающем механизме.

Для правильного применения установочных автоматич. выключателей в сочетании с плавкими Э. п. необходимо учитывать особые свойства первых. В особенности это следует иметь в виду в отношении селективности. Обычно установочный автоматич. выключатель применяется в качестве Э. п. для защиты второстепенных распределительных цепей, являясь т. о. последним звеном в последовательном ряду Э. п.; перед ним в провода линии включены обычно еще плавкие Э. п. на главном щитке и в этажных ответвлениях. Плавкие Э. п. чрезвычайно быстро реагируют на короткие замыкания, причем реологичность перегорания тем меньше, чем сильнее ток короткого замыкания. Установочные автоматич. выключатели обладают большей инерцией по отношению к токам короткого замыкания: в связи с необходимостью ускорения обладающих инерцией масс скорость выключения возрастает с увеличением силы тока не в той же мере, как у плавких Э. п. Поэтому при последовательном включении автомата с плавким Э. п. последний д. б. выбран на не слишком малую силу тока, иначе он будет размыкать цепь одновременно с автоматом: включенный перед автоматом плавкий Э. п., а в соответствии с этим и подводный провод, надлежит брать несколько больших размеров, чем при применении вместо автомата плавкого Э. п. Напр. перед автоматом на 6 А включают пробочный плавкий Э. п. на 25 А. Тогда можно быть уверенным, что при всех возможных в обычных цепях коротких замыканиях установочный автомат выключит без перегорания Э. п. Для установочных автоматич. выключателей замедленного действия следует учитывать не только короткое замыкание, но и менее значительные перегрузки (40—80 А), т. к. такие автоматы как-раз при небольших перегрузках оказываются обычно обладающими значительно большей инерцией, чем плавкие Э. п., рассчитанные на ту же силу тока. Установочные автоматич. выключатели незамедленного действия более обеспечивают пожарную безопасность, чем автоматы с выдержкой времени. Штепсельные автоматы применяют там, где дело идет о замене в суще-

ствующих установках плавких Э. п.; в новых установках вообще предпочтительнее цокольный тип, к-рый по своим несколько большим размерам обычно обеспечивает более прочные, надежные контакты и выключающий механизм. Цокольные автоматы состоят из плоского цоколя, прикрытого круглой крышкой, и ручки; они напоминают по виду обыкновенные коробчатые выключатели; их изготовляют до 25 А и 250 В одно- и многополюсными; в последнем случае все полюсы выключаются сразу в отличие от плавких Э. п., у к-рых перегорает предохранитель в перегруженном проводе [10, 12, 24, 26].

Лит.: 1) АЕГ, Электричество как источник света и силы, 2 изд., Берлин, 1930; 2) Александров В., Монтаж электрических установок, 4 изд., М., 1930; 3) ГЭТ, Прейскуранты за 1925—27 гг. и 1932 г., М.; 4) Карпов В., Аппаратура электрических станций, М.—Л., 1928; 5) Ленинградское отделение ВЭО, Электрический справочник, 3 изд., Л., 1932; 6) Поляков М.—Л., Центральные электрические станции, 3 изд., М.—Л., 1933; 7) Рот А., Техника высоких напряжений, пер. с нем., М.—Л., 1930; 8) Сущкин Н. и Глазунов А., Центральные электрические станции и их электрическое оборудование, М.—Л., 1927; 9) Руководство Сименса, Электрическое оборудование световых и силовых установок, Берлин, 1924; 10) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 2—3, Л., 1931 и 1928; 11) Фауль В., Справочник по электротехнике, т. 3, пер. с англ., Л., 1929; 12) Фридман Д., Электроустановочные материалы, М., 1927; 13) Хацинский В., Канализация электрической энергии (сети), ч. 2, Механический расчет и конструкция, Л., 1926; 14) Электротехнические правила и нормы, 2 изд., М., 1927 и 1929; 15) Croft T., American Electricians Handbook, N. Y., 1920; 16) Croft T., Wiring for Light a. Power, N. Y., 1920; 17) Croft T., Wiring of Finished Buildings, N. Y., 1920; 18) Fowle F., Standard Handbook for Electrical Engineers, 6 ed., N. Y., 1933; 19) Lagron L., Appareillage Electrique, P., 1930; 20) Pender H., Handbook for Electrical Engineers, 2 ed., N. Y., 1922; 21) Perrine F., Conductors for Electrical Distribution, N. Y., 1903; 22) Piazzoli E., Tecnica degli impianti elettrici per luce e forza, Milano, 1929; 23) Pohl H., Die Montage elektrischer Licht- u. Kraftanlagen, 14 Aufl., Lpz., 1927; 24) Rziha E. u. Seidener J., Starkstromtechnik, Taschenbuch f. Elektrotechniker, B. 1, 7 Aufl., B., 1930; 25) Sanderson Cl., Electric System Handbook, N. Y., 1930; 26) Schoof K., Die Technik d. elektrischen Installation (Sammlung Göschen), B., 1930; 27) Shuler A., Electric Wiring, N. Y., 1925; 28) Streckker K., Hilfsbuch f. die Elektrotechnik, Starkstromausgabe, 10 Aufl., B., 1925; 29) Wedmore E. a. Trenchman H., Switchgear for Electric Power Control, L., 1924; 30) Waljen J., Entwurf u. Bau von Schaltanlagen f. Drehstrom-Kraftwerke, B., 1929; 31) Zickler H., Berechnung d. Schmelzsicherungen, «Elektrotechnik und Maschinenbau», W., 1926, p. 437. В. Хацинский.

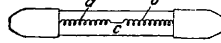
3. п. в телефонно-телеграфном деле применяются для защиты установок от действия грозы и сильных трамвайных и осветительных токов. Для защиты всякой абонентской телефонной установки применяют громоотводы и предохранители. Первые служат для отвода в землю токов высокого напряжения, а вторые—для прерывания цепи в случае попадания в телефонные провода сильных токов. Наиболее широкое применение в телефонном деле имеет угольный гро-



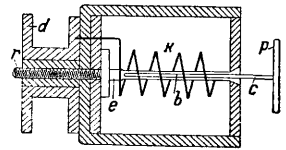
Фиг. 14.

моотвод. Он состоит из двух угольных пластин *C, C* (фиг. 14), разделенных слюдяной прокладкой *a* с вырезом. Одна из угольных пластин соединяется с землей, а другая с телефонным проводом. Через вырез слюдяной прокладки происходит грозовой разряд, и атмосферное электричество через заземленную угольную пластину уходит в землю. В качестве предохранителей от сильных токов применяются предохранитель Бозе и термическая катушка. Первый

(фиг. 15) состоит из легкоплавкого спая *c* между пружинами *a* и *b*, заключенными в стеклянной трубке, заканчивающейся двумя металлическими колпачками. При расплавлении спая *c* пружины *a* и *b* сокращаются, расстояние между ними увеличивается, что препятствует образованию вольтовой дуги. Предохранители Бозе строятся для силы тока до 0,5 А. Устройство предохранителей от токов до 2 А отличается от описанного лишь тем, что вместо спая

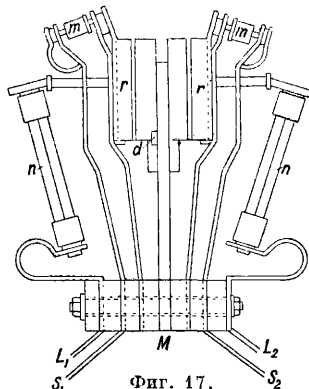


Фиг. 15.



Фиг. 16.

ли и легкоплавкого спая *c* в них применяется легкоплавкая прямолинейная проволока. Термич. катушка (фиг. 16) состоит из обмотки *k*, намотанной на оси *e*. Эта ось состоит из двух частей: винта *r*, на котором навинчена гайка *d*, изолированная от винта эбонитовой втулкой, и полого цилиндра *b*, в к-рый вставлен стержень *c* с головкой *p*. Стержень припаивается к стенкам цилиндра припоём, плавящимся при невысокой *t°*. Один конец обмотки *k* соединен с гайкой *d*, другой—с полым цилиндром и головкой *p*. Обмотка *k* выключают в



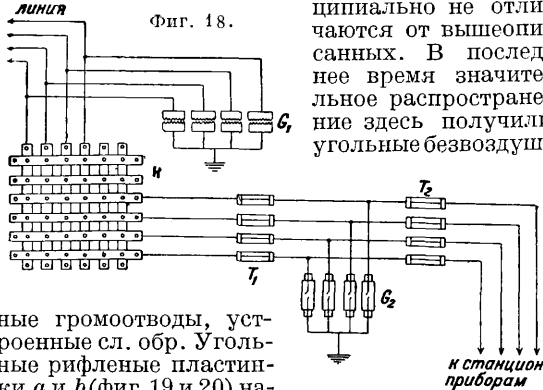
Фиг. 17.

линию абонента последовательно, закрывая гайку *d* в линейную пружину специального держателя, а головку *p* в другую пружину. Описанные предохранительные приспособления устанавливают у абонента по возможности у самого входа в помещение, монтируют на общем фарфоровом цоколе и закрывают крышкой, укрепляемой гайкой. Каждый громоотвод должен быть снабжен заземленным медным проводником сечением около 1,5 мм², который пропускается через отверстие в раме окна наружу, где и припаивается к железному проводу, оканчивающемуся в земле на глубине грунтовых вод (2—3 м). При наличии водопровода используется в качестве заземления водопроводная труба.

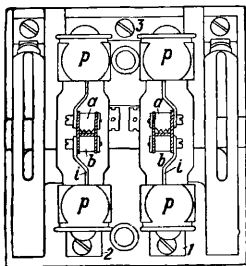
Абонентские установки, включенные в кабельные линии без участия воздушных проводов, не требуют устройства предохранительных приспособлений, к-рые в этом случае устраиваются лишь на станции. С этой целью угольные громоотводы, предохранители Бозе и термические катушки монтируются на кроссе (см. Сети телефонные). На фиг. 17 схематически изображено включение указанных приборов. Каждый провод абонента снабжен угольным громоотводом *r*, термической катушкой *t* на 0,25 А и предохранителем Бозе *n* на 2 А. Приборы смонтированы на латунной шине *M*, соединенной с землей при помощи винта *d*. Абонентские провода подводятся к зажимам *L1* и *L2* и продолжают от зажимов *S1* и *S2* при посредстве жил станционного кабеля до коммутатора.

Линейные телефонные провода, вводимые в междугородную станцию, снабжаются громоотводно-предохранительными приспособлениями от разрушения грозowymi разрядами и сильными токами. С этой целью на станции на прорезке, ближайшем от оконного ввода, или под самым вводом, если он устроен через стену, устанавливают на проводе пластинчатый громоотвод G_1 (фиг. 18). Затем провод подводится или к зажимам швейцарского коммутатора K или распределительного щитка. Отсюда провод направляется к аппарату или станционному коммутатору. На этом пути на проводе устанавливают предохранители Бозе T_1 на 2 А, алюминиевые, или безвоздушные, громоотводы G_2 , рассчитанные на напряжение в 300 В, и предохранители Бозе T_2 на 0,25 А.

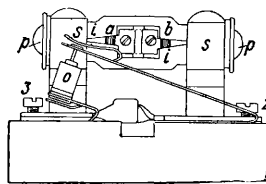
Предохранительные устройства, применяемые для защиты телеграфных установок, принципиально не отличаются от вышеописанных. В последнее время значительное распространение здесь получили угольные безвоздуш-



ные громоотводы, устроенные сл. обр. Угольные рифленые пластинки a и b (фиг. 19 и 20) находятся внутри стеклянных сосудов, из к-рых выкачан воздух. Пластинки a и b соединяются посредством проводников i с металлич. оправами p стеклянных цилиндров, к-рые соединяются зажимными винтами 1, 2 и 3 через средство охватывающих пружин s . Винты 1 и 2 служат для приключения линейных проводников, а винт 3 дает громоотводу землю. Громоотвод смонтирован вместе с двумя термич.



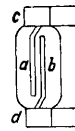
Фиг. 19.



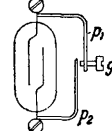
Фиг. 20.

катушек применяются также предохранители Бозе. Большое распространение для защиты телеграфных станций имеют специальные алюминиевые разрядники (см.), устроенные по типу безвоздушных громоотводов. Прибор состоит (фиг. 21) из стеклянного баллона, наполненного аргоном под давлением $\sim 0,75 \text{ atm}$. В баллоне заключены две алюминиевые пластинки a и b с расстоянием между их плоскостями $\sim 1 \text{ мм}$. Одна пластинка соединена с верхним металлич. контактом c , другая—с нижним d . Патрон вставляется в пружинные контакты, укрепленные на фарфоровом доколе (по типу безвоздушных громоотводов с рубящими кон-

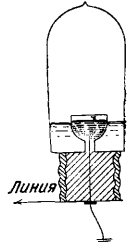
тактами). Пружинные контакты соединены с грубым громоотводом (фиг. 22), состоящим из двух металлич. пластинок p_1 и p_2 , воздушный промежуток между к-рыми регулируется винтом g ; промежуток берется равным удвоенной толщине телеграфной ленты. Такой разрядник называется полумощным, работает при 450 В и допускает силу тока в 3 А. Эти разрядники применяются для защиты телеграфных станций в районах со слабыми сравнительно грозами и в слу-



Фиг. 21.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

чае отсутствия линии сильного тока. При наличии опасного влияния электропередач или линий электрич. железных дорог полумощного разрядника уже недостаточно, поэтому в схемы защиты включают еще дополнительный мощный разрядник, выдерживающий силу тока до 50 А. Он состоит из стеклянного баллона (фиг. 23), укрепленного в доколе с патроном Эдисона, с установленной внутри стеклянной чашечкой, к-рая заполняется ртутью. Кроме того нек-рое количество ртути, уровень к-рой несколько не доходит до верхней грани чашечки, находится на дне баллона. Возникшее на проводе под влиянием электропередачи высокое напряжение ($\sim 1 \text{ kV}$) пробивает промежуток между обоими слоями ртути в баллоне, появляется вольтова дуга, по которой через землю и происходит разряд.

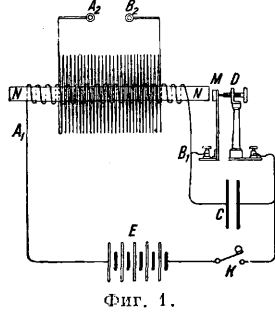
Лит.: Китаев Е., Телефония, М., 1931; Лъвов А., Телеграфные станции, М., 1933. И. Мельников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕРЫВАТЕЛИ, аппараты, служащие для размыкания электрич. цепи в целях прерывания протекающего по ней тока. В английской, французской и итальянской электротехнич. литературе под термином Э. п. понимают все приборы, служащие для указанной цели, в том числе и всякого рода выключатели (см. *Выключатели электрические, Масляный выключатель* и *Установочные материалы*); в русской литературе по примеру немецкой применение термина Э. п. ограничивают приборами, служащими для получения прерывистого (пульсирующего) тока из тока постоянно путем периодического повторяющегося ряда автоматических замыканий и размыканий цепи, по которой этот последний протекает. Получаемый таким образом прерывистый ток (сложный ток, который можно рассматривать как наложение постоянного тока на целый ряд переменных токов) используется для питания первичной обмотки небольших индукционных катушек (катушки Румкорфа), а также для некоторых других целей (лабораторных, медицинских и т. п.). Данная статья посвящена рассмотрению электрических прерывателей в указанном суженном смысле этого термина, принятом в русской литературе. Относительно прерывателей, применяемых в электрических аппаратах зажигания в двигателях внутреннего сгорания, см. *Магнето*. Электрические прерыватели подразделяются на: 1) электромагнитные—с твердыми электродами (молоточковые электрические прерыватели Неэфа, Вагнера, Дёпре); 2) механические—ртутные: а) дис-

ковые (центрифугальные) и б) струйные (турбинные); 3) электролитические (Венельта, Симона). Основные требования, предъявляемые к электрическим прерывателям: надежность работы, равномерность прерываний, незначительные потери энергии, простота ухода.

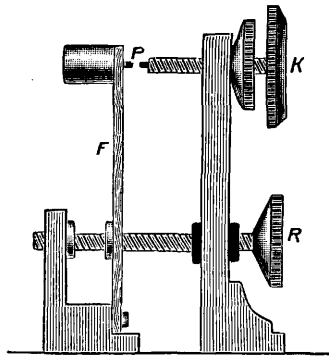
Электромагнитные (молоточковые) Э. п. состоят из неподвижного электромагнита и приводимого им в вибрирующее движение якоря, имеющего обычно вид молоточка; молоточек, вибрируя, попеременно то приводит в соприкосновение то вновь удаляет друг от друга два контакта, периодически т. о. замыкая и размыкая цепь тока (в результате замыканий и размыканий первичной цепи в изолированной от нее вторичной обмотке индукционной катушки, для питания к-рой служит прерыватель, индуцируется переменный ток; частота его зависит от числа размыканий первичной цепи; индукционная катушка м. б. использована для получения небольших количеств энергии в качестве недорогого суррогата обычного трансформатора).

Для небольших индукционных катушек прерыватель конструктивно объединяют с самой катушкой, причем ее первичная обмотка с сердечником выполняет функции электромагнита, заставляющего вибрировать молоточкообразный якорь. Молоточек с железной головкой *M* (фиг. 1) может вибрировать в горизонтальном направлении, но пружинка прижимает его к винтику *D*. В первичную обмотку катушки *A₁B₁* пускают ток (от батареи *E*, обычно в 2—4V, из нескольких гальванич. элементов или аккумуляторов) через винтик *D* и молоточек *M*. При замкнутой цепи (контактный ключ *K* включен) сердечник катушки *NN* намагничивается и притягивает молоточек, так что он отходит от

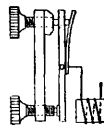


Фиг. 1.

винтика, размыкая т. о. цепь; тогда магнетизм сердечника исчезает; он перестает притягивать молоточек и пружина возвращает его в первоначальное положение, прижимая к винтику, благодаря чему цепь вновь замыкается: процесс размыкания и замыкания периодически повторяется. Для ослабления искрообразования в месте размыкания параллельно прерывателю включают конденсатор *C* (эда самоиндукции частью идет на заряд конденсатора и лишь часть ее на искрообразование; конденсатор д. б. с высокой проводимостью и хорошо изолированный); контакты д. б. плоскими и хорошо при-



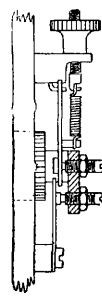
Фиг. 2.



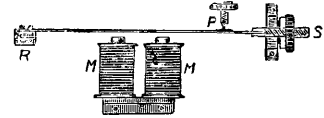
Фиг. 3.

легающими друг к другу (при уменьшении площади соприкосновения увеличивается плотность тока, повышая износ от искры); кроме того для уменьшения изнашивания контактов от искрих делают их из металла с высокой $\epsilon_{пл.}$ — платины (контакты *P* на фиг. 2). Наивыгоднейшее расстояние между контактами (обеспечивающее наиболее регулярную работу прерывателя) находят для каждого условия работы опытным путем, регулируя его с помощью контактного винта *K* или винта *R*, служащего для регулирования положения пружины *F*. Прерыватель не дает свободы регулирования: ток размыкается в тот момент, когда он возрастает настолько, что притяжение электромагнита преодолевает упругость пружины; между тем ввинчиванием или вывинчиванием винтов *K* и *R* изменяют ход молоточка и натяжение пружины, т. ч. получается одновременное изменение всех трех факторов, определяющих рабочий режим Э. п., — силы тока, длительности замыкания и продолжительности периода изменения тока (с увеличением упругости пружины обычно усиливается ток и возрастает число прерываний). В нем. литературе первую конструкцию молоточкового прерывателя приписывают Неффу, а во французской — Физо. В дальнейшем появился ряд конструктивных видоизменений.

Наиболее распространена конструкция Э. п. сист. Дёпре (фиг. 3), позволяющая регулировать момент размыкания так, чтобы он совпадал с моментом, когда ток достигает определенной желаемой силы. Предложенный Карпантье атомический



Фиг. 4.



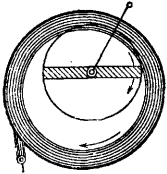
Фиг. 5.

Э. п. (фиг. 4) не имеет закрепления с помощью пружины и потому свободен от собственных механич. колебаний. Видоизменением молоточкового Э. п. является струнный Э. п. (фиг. 5), в котором молоточек заменен проволокой *RS*, вибрирующей перед полюсами электромагнита *MM*; разрыв цепи тока происходит в точке *P*. Струнный Э. п. применяется для получения очень большого числа прерываний (в целях увеличения частоты тока, индуцируемого во вторичной обмотке индукционной катушки). Подобную конструкцию имеет *зуммер* (см.). Следует заметить, что нарастание тока при замыкании цепи происходит медленнее, чем прекращение его при размыкании: во вторичной обмотке индукционной катушки в первом случае получается меньшая эдс, чем во втором [экспериментальное доказательство: при небольшом расстоянии между электродами *A₂* и *B₂* (фиг. 1) между ними проскакивают искры в обоих случаях — как при замыкании, так и при размыкании первичной цепи; при увеличении расстояния *A₂B₂* во вторичной обмотке получается ток только одного направления, индуцируемый при размыкании первичной цепи, что можно проверить, заряжая от искр индукционной катушки отдельный конденсатор]. Подобное различие эдс, получающихся в обоих случаях, иногда представляет неудобства для практического использования индукционной катушки.

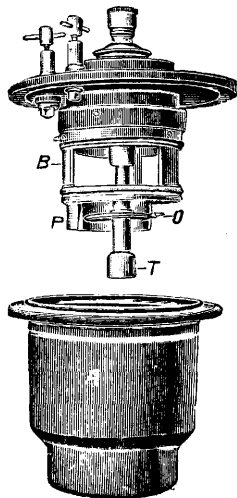
Поэтому Сремieu предложил Э. п., в к-ром после каждого размыкания цепи направление тока, посылаемого в первичную обмотку катушки, автоматич. переключением изменяется на обратное [10]. Имеются также конструкции, напр. Villard'a [10], в к-рых вибрирование прерывателя создается действием постоянного магнита на укрепленный на пружине тонкий подвижной стержень, погруженный одним концом в ртуть, которая служит вторым контактом. Достоинства молоточковых Э. п.: отсутствие (в большинстве случаев) каких-либо жидкостей, возможность (хотя бы и не вполне свободного) регулирования частоты прерываний. Недостатки: из-за инерции сравнительно небольшая частота прерываний (большинство конструктивных улучшений имело целью возможное повышение этой частоты); т. к. разрыв осуществляется в воздухе, то прерыватель неприменим для питания при более высоких напряжениях; несмотря на применение конденсатора искрообразование сравнительно быстро разрушает платиновые контакты; появляющиеся повреждения их поверхности приходится довольно часто устранять (мелким напильком, наждачной бумагой), поэтому при интенсивной работе Э. п. уход за контактами становится обременительным [2, 8, 9, 11].

Механические (ртутные) Э. п. Принцип устройства: один из контактных электродов—ртуть, другой электрод—твердый; необходимое для относительного перемещения обоих этих электродов движение осуществляется с помощью маленького электродвигателя (последний приводится во вращение током от той же батареи, от к-рой питается главная цепь, или от постороннего источника, напр. от осветительной сети).

1) **Дисковые (центрифугальные) ртутные прерыватели:** электродвигатель быстро вращает вокруг вертикальной оси железный сосуд с ртутью (сосуд доливается доверху керосином или спиртом); внутри его помещают диск из изолирующего материала; диск этот свободно расположен на оси, которая параллельна оси вращения сосуда, но несколько смещена по отношению к ней; на диске расположена по диаметру медная полоса, проходящая через



Фиг. 6.

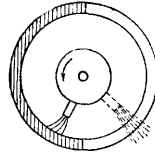


Фиг. 7.

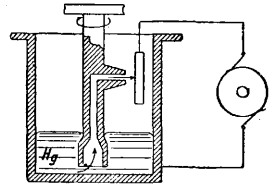
ось и соединенная с ней электрически. У вертикальных стенок сосуда при вращении его получается под действием центробежной силы вращающийся кольцевой слой ртути; этот слой, касаясь части окружности диска, приводит его во вращение: при погружении медной полосы в ртуть получается замыкание цепи; для изменения времени этого погружения, т. е. для изменения продолжительности периода замы-

кания цепи, можно изменять эксцентриситет оси вращения диска. Описанный принцип действия дисковых ртутных прерывателей поясняет фиг. 6—разрез наиболее распространенной их конструкции («Ротакс»).

2) **Струйные (турбинные) ртутные прерыватели** представляют собой более новый и улучшенный тип: электродвигатель

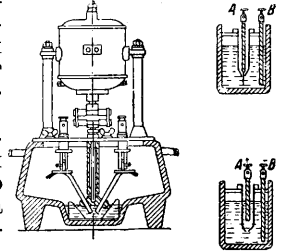


Фиг. 8.



Фиг. 9.

приводит во вращение маленькую железную турбинку, вставленную в неподвижный чугунный сосуд *A* (фиг. 7), в к-рый налито немного ртути; вращающаяся часть турбинки *B* состоит из вертикальной трубки *T*, снабженной снизу винтом *P* и сбоку отверстием *O*; трубка погружена внизу в ртуть, которую при вращении трубки винт поднимает вверх по ней; достигнув некоторой высоты, ртуть действием центробежной силы выбрасывается в виде тонкой струи из бокового отверстия *O*; ртуть и вращающаяся часть турбинки соединены с одним полюсом источника тока; в соединении с другим полюсом находится расположенное вокруг вращающейся части неподвижное металлич. полукольцо; когда отверстие *O* приходится против полукольца, то струя ртути попадает на него: между *P* и *O* образуется ртутный контакт, через к-рый цепь тока замыкается; через полуборота струя ртути будет выбрасываться мимо полукольца, и цепь окажется разомкнутой. Поверх ртути наливают керосин или спирт, который, отнимая тепло, способствует быстрому гашению искры размыкания. На фиг. 8 показан горизонтальный разрез турбинного прерывателя, а на фиг. 9—схематич. вертикальный разрез. Для привода от электродвигателя служит одеваемый на шкив турбины ремень. Вместо одного полукольца можно установить по окружности две металлич. полосы, занимающие каждая четверть окружности, оставляя четверть окружности свободной: при каждом обороте получаются два размыкания. Для получения большего числа перерывов применяют кольцо с большим числом зубцов (при попадании струи в промежутки между ними получается каждый раз размыкание цепи). Число прерываний, к-рое равно произведению числа полуколец (или зубцов) на число оборотов электродвигателя, можно легко регулировать реостатом, включенным в цепь электродвигателя, контролируя его тахометром: оно обычно составляет 600—2 500 об/м. (при числе оборотов < 600 турбинка часто уже перестает накачивать ртуть). Отношение продолжительности замыкания к продолжительности периода полного изменения тока, к-рое равно отношению измеренной по окружности длины зубца (полукольца) к сумме длин зубца и промежутка, можно изменять только скачка-



Фиг. 10.

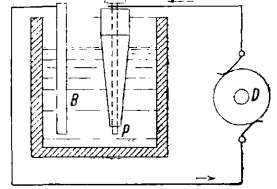
и соединенная с ней электрически. У вертикальных стенок сосуда при вращении его получается под действием центробежной силы вращающийся кольцевой слой ртути; этот слой, касаясь части окружности диска, приводит его во вращение: при погружении медной полосы в ртуть получается замыкание цепи; для изменения времени этого погружения, т. е. для изменения продолжительности периода замы-

ми, а не плавно (для этого, отвинтив кольцо с зубцами, заменяют его новым кольцом с другим числом зубцов). Иногда взамен спирта резервуар прерывателя заполняют каким-нибудь газом, напр. светильным или блаугазом. Для уменьшения искрообразования параллельно зажимам прерывателя включают конденсатор. На фиг. 10—современный усовершенствованный тип прерывателя «Констант» с заполненным газом резервуаром.

Достоинства турбинного прерывателя: 1) весьма регулярное прерывание даже сравнительно сильных токов при условии тщательного ухода за прерывателем (см. ниже); 2) высокая частота прерываний и возможность удобного регулирования ее в широких пределах; 3) возможность регулирования в широких пределах силы прерываемого тока (идущего для питания первичной обмотки индукционной катушки) при постоянном числе прерываний, т. к. сила тока в двигателе не зависит от силы прерываемого тока, при условии питания двигателя и прерывателя от различных источников тока (невозможность такого независимого регулирования является крупнейшим недостатком молоточковых прерывателей); 4) сравнительно малое искрообразование, т. к. струя ртути при размыкании цепи покидает зубец с большой скоростью (≤ 5 м/сек), а образующаяся искра гасится благодаря быстрому отнятию тепла спиртом или газом. Недостатки турбинного прерывателя: 1) довольно частое засорение отверстия, из которого выбрасывается струя ртути (устраняется прочисткой тонкой стальной проволокой); 2) добавочный расход энергии на питание электродвигателя; 3) необходимость тщательного ухода и периодич. чистки. Необходимо следить за уровнем спирта: когда в силу испарения поверхность спирта опустится до уровня, на котором получается струя ртути, то начнутся взрывы, создаваемые искрами размыкания, хотя и не опасные, но при частом повторении вызывающие расшатывание крышки прерывателя (поэтому в ней делают отверстия для выхода газов); кроме того при низком уровне спирта поверхность зубцов быстро изъязвляется (от этого недостатка свободны прерыватели с резервуаром, наполненным газом). Необходимо частая чистка турбинных прерывателей (при ежедневной работе 2—4 раза в месяц); ртуть, к-рая загрязняется тем скорее и сильнее, чем больше сила прерываемого тока, промывают (бензином, затем горячим насыщенным раствором соды, затем много раз чистой водой), высушивают пропускной бумагой и фильтровывают через плотную ткань (лучше через замшу); керосин сменяют; в случае заполнения спиртом нужна промывка только водой с последующим высушиванием и фильтрованием; в прерывателях с газовым заполнением чистка требуется значительно реже, т. к. ртуть не эмульгируется [2, 8, 10, 11].

Электролитические прерыватели. 1) Прерыватель Венельта (фиг. 11) состоит из стеклянного сосуда с электролитом, в к-рый погружены два электрода. В качестве электролита применяют чаще разбавленную водой серную к-ту (к-ты берут ок. 10%, уд. в. раствора 1,15—1,18) или полунасыщенный раствор серномagneзиевой соли $MgSO_4$, слегка подкисленный серной к-той. Поверх электролита наливают тонкий слой масла. Один электрод (отрицательный) В свинцовый, в виде пластины большой поверхности, другой (положи-

тельный) Р—платиновый, малой поверхности, обычно в виде штифта или проволоки. К зажимам электродов В и Р присоединяют источник тока D (батарею элементов, аккумуляторов и т. п.). Платиновый электрод окружен изолирующей (стеклянной) трубкой, т. ч. ток из него может поступать в электролит только через выступающее из трубки острие электрода, т. е. через очень небольшое сечение жидкости; поэтому плотность тока в этом месте настолько велика, что здесь получается значительное выделение тепла: в результате жидкость испаряется и разлагается на водород и кислород,—на конце электрода образуется пузырек газа (гремучий газ), который отделяет его от массы электролита и тем размыкает цепь. После некоторого перерыва жидкость опять получает доступ к платиновому острию, цепь автоматически замыкается и ток возникает вновь; далее процесс размыкания и замыкания периодически повторяется. Опыт показал, что к платиновому электроду надо всегда присоединять положительный зажим источника тока; это объясняют тем, что нагревание электрода происходит не только от тепла Джоуля, но и вследствие тепла Пельтье. Для правильной работы выпрямителя необходимо напряжение ≤ 40 —50 В. Прерыватель Венельта работает лучше без конденсатора. Число прерываний изменяется в зависимости от диаметра и длины платинового электрода; были предложены конструкции, позволяющие с помощью винта выдвигать из трубки проволочку, регулируя выступающую из трубки длину ее; обычно последняя не должна превышать 1,5 мм; в среднем число прерываний равно 500—600 в сек. и м. б. доведено до 800, оно зависит также от состава жидкости. В предложенном Тейлором видоизмененном типе прерывателя платиновый электрод заменен тонким угольным, а серная к-та— KNO_3 ; работа подобного прерывателя менее удовлетворительна и уголь быстро разрушается.



Фиг. 11.

2) Прерыватель Симона имеет оба электрода из свинца с большой поверхностью и два сосуда, оба наполненные серной кислотой, разведенной водой; в каждый из них погружен один из электродов. Сосуды вставляются один в другой, оказываясь т. о. разделенными друг от друга фарфоровой стенкой внутреннего сосуда; в этой стенке имеется очень маленькое отверстие, в котором именно и происходит размыкание цепи: в нем, вследствие местного выделения тепла Джоуля и электролиза, образуется пузырек газа, разрывающий цепь и затем по прекращении в связи с этим тока вновь исчезающий. Этот прерыватель работает хорошо только при наличии в цепи большой самоиндукции. Достоинства электролитич. прерывателей: 1) экономичность, 2) простота и удобство эксплуатации (отсутствие надобности в чистке). Недостаток: невозможность просто регулировать частоту прерываний [1, 2, 6, 8, 10].

Лит.: 1) Петровски й А., Электричество и магнетизм, П., 1917; 2) СЭТ, Справочник вника для электротехников, т. 3, Л., 1928; 3) Хвольсон О., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; 4) Эйхенвальд А., Электричество, 6 изд., М.—Л., 1931; 5) And erle F., Lehrbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, 2 Aufl., Lpz. u. W., 1912; 6) Ven is ch k e G., Die wissenschaftlichen Grundlagen d. Elektrotechnik, 6 Aufl., B., 1922;

7) M a z o t t o D., Radiotelegrafia e radiotelefonía, Milano, 1912; 8) P h i l l i p s C., Problems of Interrupted a. Fluctuating Currents, «Journal of the Inst. of Electrical Engineers», L., 1920, p. 727; 9) T a y l o r - J o n e s E., The Theory of the Induction Coil, L., 1921; 10) T u r p a i n A., La Télégraphie sans fil, 2 ed., P., 1908; 11) V a l e n t i n e r S., Auf der Induktion beruhende Apparate, Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B., 1927; 12) Z e n n e c k J., Elektromagnetische Schwingungen u. drahtlose Telegraphie, Stg., 1905. В. ХАЩИНСКИЙ.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, сооружения для производства б. или м. значительных количеств электрич. энергии из других видов энергии. В основном устройстве Э. с. состоит из электрич. машин с их вспомогательным механич. оборудованием (т. н. силовая часть электрических станций) и электрическим; помощью этого устройства получается механич. энергия, преобразуемая в электрич. энергию, к-рая отпускается в электрич. сеть (см. *Сети электрические*), а из нее—потребителям. Существенное отличие электрических станций от других промышленных предприятий в производственном отношении—невозможность хранения продукции электрических станций на складе, приводящая к необходимости отпуска энергии по мере спроса на нее. Классификация Э. с. приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Классификация электрических станций.

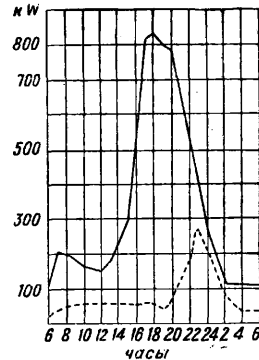
Признак, положенный в основу подразделения	Виды станций
Схема снабжения потребителя Источник механич. энергии Вид первичных двигателей Род отпускаемого в сеть тока Назначение отпускаемой электрической энергии (род нагрузки) Главный потребитель электрич. энергии Владелец Род участия в работе на общую сеть (при совместной работе нескольких станций для питания ее)	Районные* ¹ Изолированные* ² Теплоэлектрические* ³ Тепловые Гидравлические Ветряные Паровые: а) с (поршневыми) паровыми машинами б) локомотивные в) с паровыми турбинами Дизельные Газогенераторные Гидравлические Ветряные Постоянного тока Переменного тока: а) однофазного б) трехфазного Осветительные Силовые Электрохимические Смешанной нагрузки Городские Фабрично-заводские Трамвайные Железнодорожные Сельскохозяйственные Судовые Военные Государственные Коммунальные Кооперативные Основные* ⁴ Пиковые* ⁵ Резервные* ⁶

*¹ Для питания крупного (и часто удаленного от Э. с.) района. *² Для снабжения ограниченного круга потребителей, напр. городские, фабрично-заводские (блок-станции). *³ Для комбинированного производства тепла для теплофикации (производства или отопления) и электрич. энергии. *⁴ Несут основную нагрузку, обслуживая нижнюю часть графика (см. ниже). *⁵ Покрывают продолжительные максимумы («пики») общего графика нагрузки. *⁶ Работают при авариях и неожиданных увеличениях нагрузки.

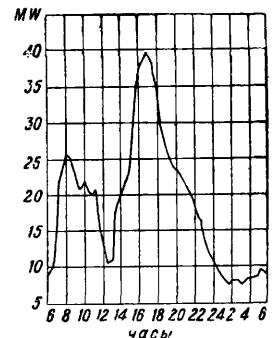
Общие сведения. Основные энергетические показатели рабочего режима Э. с. Установленная мощ-

ность—сумма мощностей всех установленных на Э. с. электрич. генераторов; ей равна, при исправности всех частей оборудования, располагаемая мощность (к-рую Э. с. может по состоянию оборудования развить в данное время); присоединенная мощность—сумма мощностей всех приемников, подключенных к сети станции; на груз ка Э. с.—мощность, генерируемая в определенный момент; пик—максимальная нагрузка за определенный промежуток времени (напр. сутки). Полезно произведенная энергия (поступившая с шин Э. с. в сеть) равна произведенной генераторами энергии за вычетом энергии, израсходованной на собственные нужды Э. с. Коэффициент использования Э. с.—отношение (в долях единицы или в %) произведенной энергии (за год) к энергии, к-рую она выработала бы за то же время при непрерывной (в течение 8 760 ч.) работе всех установленных на Э. с. генераторов под полной нагрузкой; родственное этому понятие—число часов использования Э. с.—произведенная за год энергия, деленная на установленную на Э. с. мощность. Коэффициент нагрузки (или коэф. использования максимума станции)—отношение произведенной (за год) энергии к энергии, к-рую Э. с. выработала бы за год при непрерывной (8 760 ч.) работе под нагрузкой, равной максимальной. Коэффициент одновременности—отношение нагрузки в определенный момент к суммарной мощности всех присоединенных к станции приемников. Коэффициент разновременности (разнородности)—отношение суммы разновременных максимумов отдельных частей системы (групп потребителей) к максимуму всей системы. Кпд станции—полезно произведенная электрическая энергия, деленная на энергию, которая израсходована станцией (в виде топлива, воды под напором или ветра).

Нагрузка станции. Для характеристики нагрузки Э. с. служат графики нагрузки—кривые, получаемые в результате



Фиг. 1



Фиг. 2.

постоянного наблюдения за нагрузкой: они изображают колебания нагрузки в ф-ии времени (в течение суток, иногда месяца или года). На фиг. 1—суточные графики (сплошной линией—для зимы, пунктиром—для лета) Э. с. с преобладающей осветительной нагрузкой; на фиг. 2—зимний суточный график для преобладающей силовой нагрузки. Подобные кривые получают по наблюдениям показаний ваттметров и счетчиков или они непосредственно вычерчиваются самопишущими приборами. Они

изображают изменения нагрузки в их хронологич. последовательности. По таким «нагрузочным» графикам м. б. построены производные (приведенные) графики, напр. в последовательном порядке убывания или возрастания нагрузки (т. н. график продолжительности нагрузки). Площадь графика изображает количество энергии, произведенной (или полезно отпущенной) станцией.

Изучение графиков весьма важно для проектирования Э. с. и правильной их эксплуатации. При проектировании Э. с. строят характерные суточные графики—наибольшей нагрузки (зимний) и наименьшей (летний) как для рабочих, так и для нерабочих дней. Для построения выясняют предварительно ожидаемые нагрузки для отдельных групп однородных потребителей в различные часы, а затем эти нагрузки суммируют (прибавив к ним потери мощности в сети, трансформаторах и на собственные нужды станции). Для определения ожидаемых нагрузок сперва, соединив потребителей в однородные группы (внутреннее освещение жилых помещений, учреждений, учебных заведений, лечебных учреждений, торговых помещений и т. п., уличное освещение, водопровод, трамвай, мелкая пром-сть, крупная пром-сть), вычисляют присоединенную (установленную) мощность для каждой группы на основании обследования района энергоснабжения по данным (о площади пола, занятой под различные помещения, о мощности и типе установленных электродвигателей и пр.), получаемым от органов управления (от комхоза) и от промышленных предприятий на основании обследования района на месте или (для более приближенных подсчетов) на основании статистич. данных о присоединенной мощности для существующих сетей, обслуживающих потребителей такого же характера. Нагрузки получают, умножая величины присоединенной мощности на коэффициенты одновременности. При исчислении нагрузок учитывают и будущий прирост потребления (учитывая законы роста населения, развития пром-сти и пр.), к к-рому относят расчет Э. с.—обычно лет на 5—8 вперед. С точки зрения постройки и эксплуатации Э. с. наличие пиков в графике является экономически обременительным: из-за них на Э. с. приходится устанавливать генераторы большей мощности, к-рые не используются полностью в часы слабой нагрузки (особенно во время «провалов» в графике, напр. в часы обеденного перерыва). Желательно возможно большее приближение к идеальному случаю графика равномерной нагрузки в виде прямой, параллельной оси абсцисс; с этой целью тарификация электрич. энергии стремится стимулировать потребление абонентами энергии в часы малой нагрузки и удерживать их от потребления в часы максимумов. Весьма благоприятное влияние на график и использование генераторов оказывает аккумулярование энергии (в часы слабой нагрузки) в целях использования ее во время пиков), осуществляемое путем накапливания воды в регулировочных бассейнах гидроэлектрич. станций, в виде аккумулярования тепла на тепловых электрических станциях или, чаще, при помощи батарей электрических аккумуляторов (см. *Аккумуляторы электрические*).

Основные Э. с. Процесс превращения механич. энергии в электрическую осуществляется в машинном зале, в к-ром устанавливают электрич. генераторы вместе с при-

водящими их во вращение первичными двигателями, обычно непосредственно сочлененными с генераторами. От генераторов электрич. энергия поступает по *проводам* (см.) в распределительное устройство (совокупность частей оборудования для управления работой станции и измерения величин, характеризующих эту работу), находящееся в самом машинном зале или в особом помещении: сюда она подводится к шинам и направляется от них далее по воздушным или кабельным линиям (см. *Линии передачи, Фидеры*) в электрич. сеть к потребителям. На современных высоковольтных Э. с. имеется еще одна ступень преобразования энергии—повысительная подстанция, на к-рой поступающая от генераторов электрич. энергия помощью трансформаторов преобразуется в энергию более высокого напряжения; подстанция располагается в пристройке, отдельном здании или на открытом воздухе (см. *Подстанция электрическая*). К машинному залу на паровых станциях прилегает котельная (см. *Котлы паровые*), где подаваемое в нее тем или иным путем топливо сжигается под котлом в топке, отдавая свою энергию пару, который по паропроводам поступает в первичные двигатели—паровые турбины (см. *Турбины паровые*) или *паровые машины* (см.); на станциях с газогенераторными двигателями к машинному залу примыкает помещение газогенераторной установки (см. *Газогенераторы*) для производства горючего газа (путем сжигания топлива) и очистки его. На гидроэлектрич. станциях кроме машинного зала и распределительного устройства в состав частей электрических станций входят еще гидротехнич. сооружения: водонапорные сооружения, каналы и трубы для подвода воды к турбинам и отвода ее (см. *Гидроэлектрические станции*).

Основные тенденции развития Э. с. Основным преимуществом электрич. энергии является возможность централизованного (более экономичного) производства ее при децентрализованном потреблении. Однако до Яблочкова каждый приемник питался от отдельного генератора. В 1877 г. Яблочков, соединив последовательно несколько своих «свечей», дал первое решение задачи одновременного питания нескольких приемников от одного источника энергии. В 1878 г. Вердерман осуществил впервые параллельное включение приемников. Вскоре (в 1879 г. в США Брэнн в Кливленде и Эдисон на пароходе «Колумбия», а в 1880 году Эдисон в Нью Йорке) стали строить Э. с., питавшие сперва отдельные дома или кварталы, а затем, с появлением в конце прошлого века предложенной Эдисоном *треспроводной системы* (см.) постоянного тока и изобретением трансформаторов, целые города. Развитию (с 1890—1900 г.) городских Э. с. способствовали: быстрое распространение электрич. освещения (первые Э. с. предназначались преимущественно для целей освещения), появление силовой нагрузки (электродвигателей) и сооружение трамваев. Начинается процесс быстрого увеличения мощности отдельных агрегатов и общей мощности каждой станции. В больших городах стали заставлять несколько станций работать совместно на общую электрич. сеть. В начале настоящего столетия появляются районные, строящиеся на месте разработки топлива или водных ресурсов станции для снабжения энергией крупных территорий как наиболее выразительные тенденции к повышению экономичности

методов получения энергии. Б. или м. планомерная (насколько это возможно в условиях капиталистич. строя) электрификация различных стран после войны характеризуется резким увеличением мощности отдельных Э. с. (появляются «сверхмощные» Э. с. мощностью в сотни тысяч кВт) и соединением их для совместной работы на мощные электрич. сети, охватывающие целые провинции и даже страны. В США мощность тепловых Э. с. доходит до 1 млн. кВт (в штате Индиана) при мощности отдельных агрегатов до 200 тыс. кВт и более; в области мощных гидроэлектрич. станций первенство принадлежит СССР. Днепровская Э. с. является крупнейшей в мире гидростанцией.

Выбор вида первичных двигателей. Империалистич. война, в связи с вызванным ею топливным кризисом приведшая к стремлению возможно рациональнее использовать все естественные запасы энергии, стимулировала интерес к использованию новых источников энергии (ветер, солнечные лучи, атмосферное электричество, разности темп-р воды и воздуха, приливы и отливы), а также тенденцию в качестве топлива для Э. с. перейти на малоценные сорта топлива (торф, мелкие отбросы при добыче каменного угля—штыб) или использовать гидравлич. энергию. Т. к. перевозить малоценное топливо нецелесообразно, то сооружают мощные станции на месте его разработки или у источников водной энергии: преимущество таких районных станций—дешевая энергия, получаемая путем использования энергетич. ресурсов на месте их нахождения и передаваемая при высоком напряжении (см. *Линии передачи*) на большие расстояния к промышленным центрам или для питания крупных районов. Меньшего масштаба станции строят в городах и для отдельных промышленных предприятий. В связи с этим для районных и других крупных Э. с. в качестве первичных двигателей применяют гидравлические и паровые турбины или паровые двигатели всех трех типов (турбины, паровые машины или локомобили); преимущество их—возможность применять любой род топлива (вплоть до мусорожигания). Применение двигателей Дизеля ограничивается почти исключительно небольшими станциями (в виду тенденции экономить нефть для военного и воздушного флота, автотранспорта, химич. переработки и экспорта), где они удобны по минимальному расходу топлива и простоте теплового хозяйства Э. с. Промышленные предприятия имеют собственную Э. с. при отсутствии возможности присоединения к сети государственных станций (районных), при применении на э-де горячей воды и пара для производственных нужд и отопления в таких размерах, что эти нужды м. б. покрыты теплом, отработавшим в двигателях собственной Э. с., и наконец при наличии на предприятии производственных отбросов (опилки, стружки, жмыхи, отходящие газы доменных печей), к-рые желательно использовать как топливо для Э. с. При комбинированном производстве тепловой и электрич. энергии здесь применяют преимущественно паровые двигатели; в остальных случаях выбор двигателя—по изложенным выше соображениям. При наличии доменного газа или газа коксовых печей применяют газовые двигатели, к-рые в остальных случаях ныне применяются

редко. Ветросиловые Э. с. пока применяются преимущественно в с. х-ве и на мелких промышленных предприятиях (мельницы, водоснабжение), особенно когда не требуется работа по заданному графику нагрузки.

Число и мощность машинных агрегатов Э. с. Число агрегатов желательно минимальное (иначе мощность отдельных агрегатов меньше, КПД ниже, общая стоимость выше), каждый двигатель д. б. длительно нагружен < чем на 50% своей номинальной мощности, общая мощность рабочих агрегатов должна слегка превышать пик нагрузки Э. с. Увеличение числа агрегатов уменьшает величину резерва (при одном агрегате—резерв в 100%, при двух—в 50%, при трех—в 33%); при совместной работе Э. с. резерв м. б. снижен до 20—30% (а иногда и до 0).

Участок земли для Э. с. С точки зрения электрич. сети теоретически желательно расположение Э. с. в центре тяжести нагрузок снабжаемого района (минимум металла на провода); однако часто (в городах) это трудно осуществимо; при высоком же напряжении это требование не столь существенно. С точки зрения самой Э. с. участок д. б. расположен возможно ближе к берегу реки, озера и т. п. в виду большой потребности в воде (для питания котлов, конденсации пара, охлаждения двигателей внутреннего сгорания и т. д.), а также поближе к ж.-д. и судоходным путям (подвоз топлива, материалов, удаление золы). Важны свойства грунта (необходимо пробное бурение перед выбором участка): могут удорожить устройство фундаментов. Д. б. учтена возможность будущего расширения Э. с.: ее следует располагать у края участка (расширение в другую сторону), который не д. б. слишком мал. Для гидроэлектрич. станций выбор участка и его размеров предопределяется гидротехнич. соображениями. При совместной работе электрических станций пиковые станции располагают поближе к ц. т. нагрузок, чтобы уменьшить расходы по передаче и гл. обр. для повышения надежности снабжения.

Силое оборудование Э. с. 1) Паровые станции. Двигатели. Турбинам отдадут предпочтение при больших мощностях (> 1 000 кВт для одного агрегата); при средних мощностях (500—1 000 кВт) применяют как турбины, так и поршневые паровые машины, при малых (< 500 кВт)—поршневые машины или локомобили. На оборудование Э. с. оказывает значительное влияние роль ее в системе электроснабжения. Первые станции, строящиеся в районе, или пиковые оборудуют большим числом менее мощных агрегатов; основные станции строят с меньшим числом более мощных агрегатов; для станций, служащих резервом для гидроэлектрич. станций, выбор мощности и числа агрегатов определяется согласно распределению нагрузок между гидроэлектрич. станциями и паровой по годовому графику. Общее расположение важнейших частей Э. с. Основные части паровой станции: устройство для подачи топлива, установка для размола топлива (только в случае применения пылевидного топлива), котельная (насосы для котлов устанавливают в котельной, а на мощных Э. с.— в особом помещении), машинный зал, распределительное устройство, служебные помещения. При достаточных размерах участка эти части располагают в ряде прилегающих друг к другу зданий; для малых Э. с., а также (осо-

бенно в США) при недостатке места (в густо застроенных частях городов) ограничиваются одним зданием с компактным расположением частей, иногда в несколько этажей. Котельную располагают параллельно или перпендикулярно к берегу в зависимости от формы участка, удобства подвода и отвода воды и способа подачи топлива. Машинный зал (или здание) располагают возможно ближе к котельной, так чтобы пар- и водопроводы получились покороче; подробности о расположении машинного зала относительно котельной и об оборудовании последней см. *Котлы паровые*, *Котельные установки*. Паровые двигатели располагают вдоль оси машинного зала или поперек его по соображениям уменьшения пролета перекрытий, удобства обслуживания мостовым краном, обеспечения хорошего естественного освещения; желательно также некое разделение паровой и электрич. частей машинного зала. Вообще расположение всех частей оборудования в зданиях должно обеспечивать кратчайшие пути движения энергии, ее носителей и отбросов, а также соблюдение требований безопасности: д. б. соблюдены наименьшие габаритные расстояния между частями оборудования и стенами, проходы и т. п. Существенное значение для экономичной работы станции имеет вспомогательное оборудование ее: для водоснабжения Э. с. (обеспечения ее водой должного качества для питания котлов, охлаждения), для топливоснабжения (подача, хранение, иногда размол топлива), для обеспечения надлежащей дымовой тяги, удаления отбросов (золы), подъемные устройства и т. д. Кроме того станции оборудуют подъемными путями для подвоза топлива и частей оборудования. При механизации различных частей вспомогательного оборудования для приведения их в действие применяют паровые или электрич. двигатели. На с о б с т в е н н ы е нужды паровой станции расходуется 5—6% ее мощности (конденсация 2%, топки и искусственная тяга 2%, насосы 1%), при пылевидном топливе на размол его и подачу идут еще 2—3%. Новейшие тенденции к повышению кпд паровых Э. с. находят в области теплового хозяйства свое выражение в повышении теплонапряжения поверхности нагрева, подогрева воздуха, введении регенеративного процесса, повышении давления пара до критич. давления и в применении перегрева (до 400—450°). Кпд станции д. б. тем выше, чем больше коэф. использования станции и стоимость топлива; для этого нужно более сложное и дорогое оборудование (большие ежегодные расходы на отчисление по капиталу). При небольших коэф.тах использования Э. с. и стоимости топлива выгоднее простая схема тепловых процессов, не требующая сложного и дорогого оборудования.

2) Станции с двигателями в внутреннего сгорания. *Двигатели внутреннего сгорания* (см.) подразделяют на газовые двигатели и двигатели жидкого топлива (сырая нефть, спирт, бензин, керосин и т. п.). Э. с. с газовыми двигателями (см. *Двигатели газовые*, *Газогенераторы*) сравнительно редки. Преимущества их перед паровыми Э. с.: отсутствие опасности взрывов и парокотельной установки с дымовой трубой, малые размеры потребного участка, простота обслуживания, быстрый пуск в ход, небольшой расход воды, бездымная работа; недостатки их: допустимость перегрузки >20%, резкое возрастание расхода газа и понижение кпд при малых нагрузках, не-

обходимость большого резерва. Э. с. с двигателями Д и з е л я более распространены. В виду быстрого пуска в ход особенно пригодны в качестве пиковых Э. с. Преимущества по сравнению с паровыми Э. с.: независимость уд. расхода топлива на 1 kWh от величины агрегата, малая зависимость от водоснабжения в виду меньшей потребности в охлаждающей воде и отсутствия влияния на тепловое хозяйство более высокой t° охлаждающей воды (важно для жаркого климата), легкая подача топлива (в виду его высокой калорийности) и небольшое место для хранения его, отсутствие опасности самовозгорания топлива, отсутствие дыма, постоянная готовность к действию и быстрота пуска (в связи с этим устранение расходов на потери холостого хода). Недостатки: неспособность к перегрузкам, при больших мощностях малое число оборотов (удорожание электрич. генераторов), резкое увеличение уд. расхода топлива при малых нагрузках двигателей (отсюда необходимость выбора большого числа агрегатов). Э. с. с двигателями Дизеля целесообразны в странах с низкими ценами на нефть при очень малых размерах строительного участка для местностей с только что начинающейся электрификацией. С развитием за последние годы двигателей Дизеля большей мощности быстро возрастает применение Э. с. с ними в качестве пиковых или резервных.

3) Гидроэлектрические станции (см. *Гидроэлектрические станции*). Себестоимость электрич. энергии, получаемой от тепловых Э. с., зависит не только от расхода топлива, но и от накладных расходов на оплату процентами строительного капитала, амортизации и пр. При использовании водной энергии в лучшем случае экономят расходы на топливо, но если утилизация водного источника и передача энергии от него к месту потребления связаны с значительными первоначальными затратами, то расходы на проценты и амортизацию могут сделать энергию даже более дорогой, чем получаемая от тепловых Э. с. Широкое развитие использования водной энергии объясняется стремлением экономить топливные ресурсы и экономичностью передачи энергии на большие расстояния. Кроме того (что особенно предусматривается планом развития гидростанций СССР) утилизация гидроэнергии, связанная с созданием крупных плотин, позволяет полностью использовать водные пути сообщения. В целях лучшего использования гидростанций и удешевления их энергии рационально развивать новые области сбыта энергии (создание около Э. с. комбинатов для производства алюминия, карбида кальция и пр.). Ценность получаемой от гидростанций энергии определяется не только числом kWh, к-рые она может генерировать за год, но существенно зависит от того, какой частью мощности можно располагать постоянно (у станций с естественным стоком) или, соответственно, каким образом станция может соответствовать колебаниям потребления (для станций с регулированием стока). При отсутствии регулирования полноценна только та мощность Э. с., к-рой можно располагать всегда, т. е. мощность водного источника в самое маловодное время; для остальной мощности можно рассчитывать за kWh только на ту цену, к-рая соответствует расходу на топливо на тепловых Э. с.; только при возможности приспосабливания потребления к генерируемой мощности (например для электрохимич. пром-сти или

при совместной работе с тепловыми Э. с.) сбыт остальной энергии м. б. более рентабельным. Для гидростанций с регулированием стока kWh в пределах, ограничиваемых величиной водохранилища, по меньшей мере столь же полноценен, как kWh, генерируемый тепловой Э. с. Кроме того гидростанция с регулированием стока имеет перед тепловой Э. с. преимущество более быстрой приспособляемости к быстрым колебаниям нагрузки (котлы паровой Э. с. не всегда могут достаточно быстро следовать этим колебаниям). Поэтому при совместной работе гидростанций и тепловых Э. с. основную нагрузку поручают паровой станции, а пики—гидростанции с водохранилищем. Новейшие успехи паровой техники значительно понизили расход топлива тепловых Э. с.; однако приобретенное ими т. о. преимущество в конкуренции с гидростанциями не так уж велико; повысились капиталовложения, необходимые для постройки тепловой Э. с., а усложнение оборудования делает для нее равномерность нагрузки еще более существенной. В связи с этим преимущество гидростанций с водохранилищем в отношении быстрой приспособляемости к колебаниям нагрузки приобретает еще большее значение. Это привело к постройке в новейшее время крупных насосных установок для гидравлич. аккумулярования генерируемой тепловыми станциями энергии с использованием этого запаса для покрытия пиков. В местностях, снабжаемых энергией преимущественно от тепловых Э. с., для водного источника становится возможной утилизация мощности, во много раз превышающей мощность его в самое маловодное время. Так как кпд гидравлич. турбин близится к максимальному достижимому пределу, то снижение себестоимости электрич. энергии возможно лишь рациональным проектированием Э. с.: уменьшение числа агрегатов с увеличением мощности их (Шаннон 30 000, Коновинго 40 000, Днепрогэс 77 500 kVA), использование естественного стока, во много раз превышающее мощность в самое маловодное время (при условии наличия тепловых станций для совместной работы или периодической отдачи избыточной энергии для специальных отраслей промышленности), уменьшение строительной стоимости путем установки распределительных устройств и даже генераторов на открытом воздухе. При совместной работе с паровой Э. с. стремятся к наибольшему использованию гидравлич. мощности потока. Существует несколько небольших гидростанций для использования морских приливов и отливов и запроектирован ряд более крупных станций такого рода (Англия, США). Для электрификации Союза ССР подобные установки вряд ли могут иметь большое практич. значение в виду малого развития у нас береговой линии с значительными приливами и отливами.

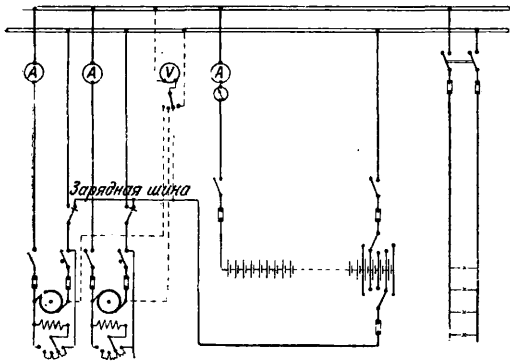
4) Ветросиловые Э. с. (см. *Ветряные двигатели* и *Ветросиловые станции*). Основные типы. а) Э. с. с работой по заданному графику нагрузки требуют оборудования аккумуляторной батареи и (при непостоянстве ветра в данной местности) резервными—тепловыми или гидравлическими—двигателями. Э. с. с автоматич. регулированием постоянной скорости вращения двигателя обладают достоинством простого управления электрич. частью. Наиболее совершенны Э. с. с автоматич. регулированием напряжения генератора при изменяющейся скорости двигателя

(схожи с устройствами для осевого освещения ж.-д. поездов), генераторы специальных конструкций (постоянство напряжения при различных скоростях вращения), полная автоматизация переключения сети на питание от генератора, от батареи или на питание при их параллельной работе; б) Э. с. вспомогательные при тепловых: проще типа «а» (отпадают аккумуляторы); необходимы машины постоянного напряжения (или автоматич. регулирование скорости ветряного двигателя) и автоматич. включение для параллельной работы с генераторами тепловых двигателей; в) Э. с. с работой по графику ветра (потребляемая мощность соответственно мощности ветра): просты (без регулирования скорости или напряжения), часто применяются для электронасосов (приводимый от ветродвигателя генератор питает электродвигатель, от которого производится насос).

Электрическая часть Э. с. Электрические генераторы. На станциях постоянного тока наиболее распространены шунтовые генераторы, генераторы компаунд при резко колеблющейся нагрузке (трамвайные Э. с.); генераторы последовательного возбуждения только в специальных случаях (питание дуговых ламп, передача энергии на расстоянии постоянным током высокого напряжения) непригодны для зарядки аккумуляторных батарей (см. *Динамомашинка*). На станциях переменного тока—почти исключительно синхронные генераторы (см. *Генератор переменного тока*), асинхронные генераторы—только на небольших ветросиловых и гидроэлектрич. станциях: просты, дешевы, не требуют синхронизации, но имеют низкий $\cos \varphi$ (см. *Индукционные машины*). Необходим выбор генераторов в соответствии с эксплуатационными требованиями и с первичными двигателями (соответствие скорости вращения для возможности непосредственного сочленения на одном валу; только для малых и тихоходных—ременная или, за последнее время, вновь чаще зубчатая передача). Возбуждение генераторов переменного тока помощью индивидуальных возбуждителей генераторов постоянного тока, сидящих на том же валу, или (для тихоходных генераторов) с приводом от электродвигателя, или возбуждение от стационарного генератора постоянного тока, обеспечивающего собственные нужды Э. с. Особого внимания требуют вопросы параллельной работы (при переменном токе синхронизирующие приспособления) и охлаждение генераторов (см. *Динамомашинка* и *Генератор переменного тока*). Для обслуживания собственных нужд Э. с. на крупных Э. с.—отдельный станционный агрегат (первичный двигатель и генератор), проще—станционный генератор (на одном валу с одним из главных рабочих генераторов); на малых и средних Э. с. питание собственных нужд—от главных распределительных шин непосредственно или посредством трансформатора собственных нужд. Аккумуляторные батареи для собственных нужд применяются теперь только для дистанционного управления аппаратурой (выключатели, контрольные и сигнальные аппараты) и освещения безопасности.

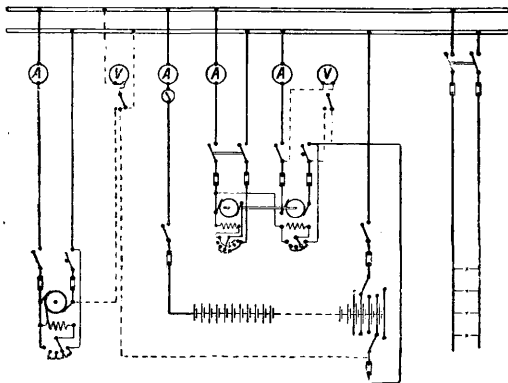
Выбор рода тока и напряжения см. *Сети электрические, Распределение электрической энергии, Системы переменного тока и Трехпроводные системы*. — Аккумуляторные батареи см. *Аккумуляторы электрические*.

Схемы электрических соединений. 1) Постоянный ток. Э. с. постоянного тока имеют простые низковольтные распределительные устройства, поэтому система шин обычно одиночная (один комплект из двух шин в 2-проводных установках, из трех шин — в 3-проводных и т. д.). На фиг. 3 — схема для двух шунтовых генераторов с зарядом аккумуляторной батареи путем повышения напряжения генераторов и с двойным (двухрычажным) элементарным коммутатором; недостаток



Фиг. 3.

такого способа заряда — дорогие, плохо используемые генераторы (применяется в небольших установках); другой способ — батарею делают на группы (2 или 3), включаемые для заряда параллельно, также невыгоден (потери энергии в реостате, в к-ром приходится поглощать избыток напряжения); наиболее рациональный способ — заряд помощью *вольтодобавочной машины* (см.), вращаемой электродвигателем (фиг. 4). На фиг. 5 — схема Э. с. с двумя генераторами компаунд; здесь необходима особая уравнивательная шина (предохраняет генераторы от попадания в их последовательную обмотку уравнительного тока, к-рый мог бы ослабить намагничивание). Типичная схема Э. с. с *трехпроводной системой* (см.) дана на фиг. 6: главный рабочий генератор присоединен к крайним проводам, деление напряжения батарей с двумя двойными

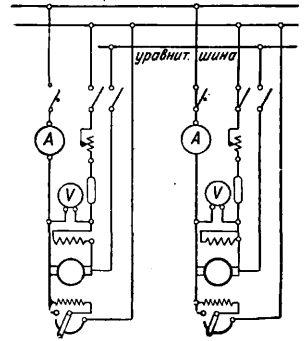


Фиг. 4.

элементарными коммутаторами, для заряда — вольтодобавочная машина, вращаемая уравнительным агрегатом.

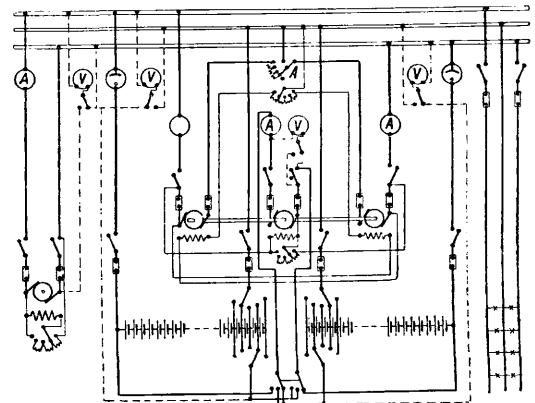
2) Переменный ток. Трехфазные Э. с. низкого напряжения, до 250 V (встречаются при небольших мощностях на заводах), мало отличаются от Э. с. постоянного тока: сложнее

только приспособления для параллельной работы в связи с включением фазных ламп и синхроскопов (см. *Генератор переменного тока*). Схемы Э. с. повышенного напряжения (250—1 000 V) более сложны; измерительные приборы здесь включают помощью измерительных трансформаторов, выключатели берут масляные. При низком напряжении всегда, а при повышенном и высоком только на небольших Э. с. второстепенного значения применяют систему одиночных шин (недостаток: для всякого, даже небольшого, ремонта приходится выключать всю установку). Кольцевая система одиночных шин применяется вообще редко (сложность расширения, необходимость секционирования). При высоком напряжении схемы значительно сложнее в связи с большими количествами энергии и необходимостью защиты от *перенапряжений* (см.) и токов *короткого замыкания* (см.). Для высокого напряжения и на всех крупных Э. с. — система двойных шин (2 комплекта шин из двух шин каждый в 2-проводных



Фиг. 5.

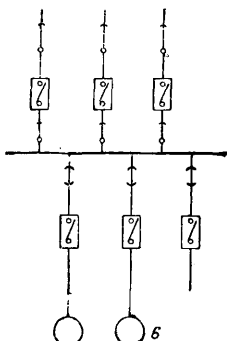
установках, из трех шин в 3-проводных и т. д.); преимущество их: можно без перерыва работы Э. с. производить ремонт, чистку, делить Э. с. на 2 части (каждый генератор или линия м. б. помощью переключателей присоединены к любому из двух комплектов шин). Окончательный выбор между одиночными и двойными шинами определяется тем, допускает ли Э. с. перерывы в работе. Двойные шины необходимы, если эксплуатация Э. с. требует работы ее в виде отдельных независимых групп. На мощных Э. с. несколько комплектов шин, на каждый из которых м. б. переключены любой генератор или линия. Важнейшая задача при разработке схемы соединений трехфазных Э. с. — справиться с сильными токами короткого замыкания при авариях. Важно, чтобы применяемые аппараты не подвергались при этом перегрузкам как в отношении выключаемых мощностей, так и в отношении их термич. и динамич. прочности. Для этого ограничивают величину токов короткого



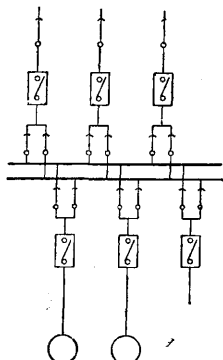
Фиг. 6.

установках, из трех шин в 3-проводных и т. д.); преимущество их: можно без перерыва работы Э. с. производить ремонт, чистку, делить Э. с. на 2 части (каждый генератор или линия м. б. помощью переключателей присоединены к любому из двух комплектов шин). Окончательный выбор между одиночными и двойными шинами определяется тем, допускает ли Э. с. перерывы в работе. Двойные шины необходимы, если эксплуатация Э. с. требует работы ее в виде отдельных независимых групп. На мощных Э. с. несколько комплектов шин, на каждый из которых м. б. переключены любой генератор или линия. Важнейшая задача при разработке схемы соединений трехфазных Э. с. — справиться с сильными токами короткого замыкания при авариях. Важно, чтобы применяемые аппараты не подвергались при этом перегрузкам как в отношении выключаемых мощностей, так и в отношении их термич. и динамич. прочности. Для этого ограничивают величину токов короткого

замыкания и время их воздействия на части установки. Обычно все повышающиеся мощности Э. с. обуславливают дальнейшее повышение

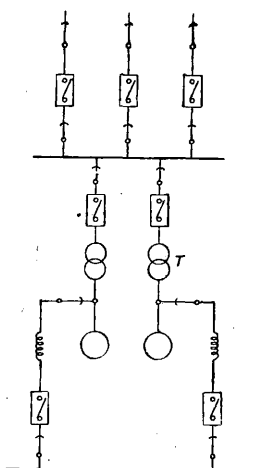


Фиг. 7.

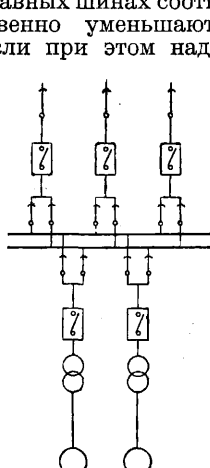


Фиг. 8.

рабочего напряжения (в связи с увеличением снабжаемого района), благодаря чему токи на главных шинах соответственно уменьшаются. Если при этом надеж-



Фиг. 9.

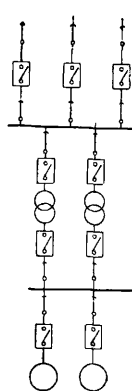


Фиг. 10.

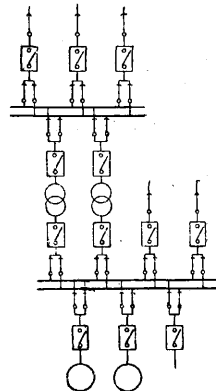
ность работы Э. с. все же недостаточно обеспечена, приходится прибегать к подразделению (секционированию) шин и включению реакторов.

На более крупных Э. с. главные шины подразделяют т. о., чтобы на каждую секцию не приходилась слишком большая генерируемая мощность; отдельные секции соединяют друг с другом *реакторами* (см.). Параллельно соединяемым рабочим шинам располагают вспомогательный комплект шин, к-рый может простираться на все секции рабочих шин. Этим обеспечивается простейшим образом возможность переключения с одной рабочей секции шин на другую. Между отдельными системами шин, или шинными секциями, помещают междушинные выключатели. На фиг. 7 и 8—схемы Э. с. для распределения энергии при напряжении генераторов G (фиг. 7—одиночные, фиг. 8—двойные шины). На фиг. 9 и 10—схемы Э. с. для распределения энергии при напряжении,

повышенном трансформаторами T с одиночными и двойными шинами; генератор с трансформатором составляют одно целое; они соединены между собой без какого-либо выключающего органа. Кроме того на стороне генераторов показана вспомогательная шина, через которую в случае надобности м. б. подведена энергия для собственных нужд Э. с. При наличии двойной системы шин, для постоянного обеспечения энергией для собственных нужд Э. с., предусмотрен специальный станционный генератор с совершенно отдельным распределительным устройством. На фиг. 11 и 12—схемы для распределения энергии при двух напряжениях

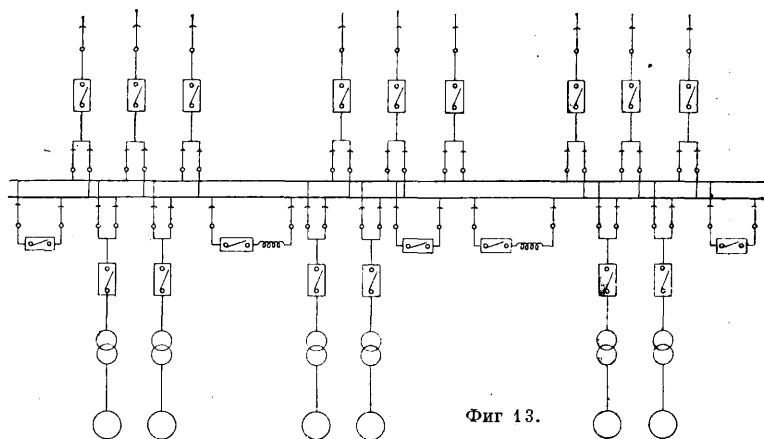


Фиг. 11.



Фиг. 12.

(генератором и повышенном помощью трансформаторов); схема позволяет заставлять генераторы по выбору работать с трансформаторами, что обеспечивает значительную надежность установки. На фиг. 13—типичная схема мощной городской Э. с. Показано секционирование шин, включение реакторов и междушинных (междусекционных) выключателей. В дополнение к изображенным выше принципиальным однолинейным схемам на фиг. 14 показана подробная трехлинейная схема трехфазной Э. с. низкого напряжения с одним генератором, на фиг. 15—схема Э. с. с несколькими включаемыми параллельно высоковольтными генераторами (приборы включены через измерительные



Фиг. 13.

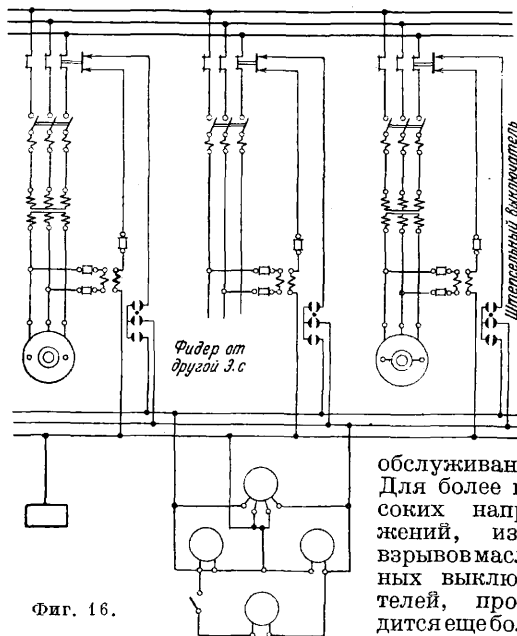
трансформаторы, возбудители—компаунд). На фиг. 16—схема для параллельного включения генераторов электрических станций высокого напряжения со сравнением фаз на низком на-

пряжении и включением на параллельную работу на высоком напряжении.

Элементы оборудования распределительного устройства см. *Выключатели электрические, масляные, Разъединитель, Электрические предохранители, Электрические измерения, Реактор, Реле, Щит распределительный.*

Конструкция распределительного устройства. Щитовой тип. На небольших низковольтных Э. с. сохранилась в основном до настоящего времени характерная для первых установок этого рода, с их низким напряжением, конструкция распределительного устройства: все оно сводится к распределительному щиту, на лицевой стороне к-рого монтируются измерительные приборы и ручки для управления аппаратурой, а непосредственно позади к-рого располагают шины, выключатели, реостаты и другие элементы распределительного оборудования. Такая же приблизительно конструкция щитового распределительного устройства сохраняется при низком напряжении и для несколько более крупных Э. с., причем только длина щита будет больше в связи с увеличением числа его панелей. Щит помещают в машинном зале у одной из стен его, выбирая для этого длинную или короткую (торцевую) стену в зависимости от местных условий (число и мощность агрегатов,

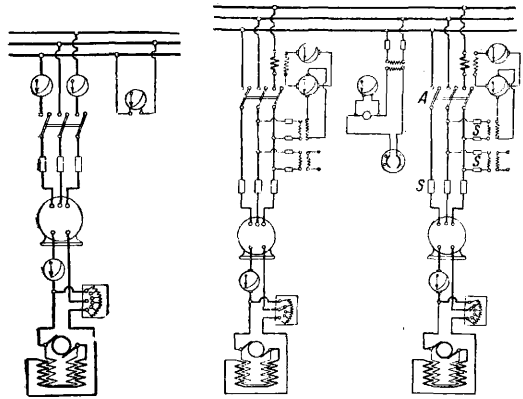
желательно подводить к самому щиту: на нем только приборы, питаемые через измерительные трансформаторы, и рукоятки для управления аппаратурой; высоковольтная же аппаратура еще м. б. размещена на открытом железном каркасе (как в низковольтных установках), но последний отделяют от щита проходом для



Фиг. 16.

обслуживания. Для более высоких напряжений, из-за взрывоопасных выключателей, проводится еще большее пространственное отделение

щита от высоковольтной аппаратуры с применением бетонных перегородок. Распределительные устройства с выделенными электрическими цепями, получающиеся таким образом, выносятся при этом из машинного зала в отдельное помещение около него или специальную пристройку. Отличие от щитового типа: для локализации аварий каждая цепь (генератора, фидеры) помещена в особой ячейке, отделенной от соседней перегородкой. При еще более высоких напряжениях от такого одноэтажного распределительного устройства переходят к многоэтажному: всю аппаратуру располагают в двух этажах (а иногда и в трех, причем однако обслуживание становится довольно затруднительным) отдельного здания распределительного устройства. Пример двухэтажного устройства—фиг. 17 (см. также *Подстанция электрическая*). При этом существуют конструкции с ячейками для отдельных цепей в каждом этаже; ячейки открытые, обслуживаемые с общего коридора (недостаток; неполная локализация аварий, распространение сажи и копоти); в установках очень большой мощности, чтобы лучше локализовать аварии, применяют для маслосодержащей аппаратуры закрытые со всех сторон ячейки (камеры) или подразделяют общий коридор на части с железными дверями, или утепленный тип маслосодержащей аппаратуры (баки с маслом в отдельных камерах или в общем коридоре, крышки же выведены во внутренние помещения), или распределительное устройство выполняют с разделением фаз (сложно и дорого). Зольный тип распределительного устройства

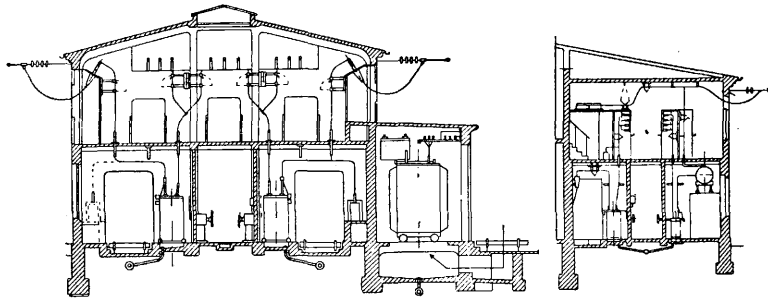


Фиг. 14.

Фиг. 15.

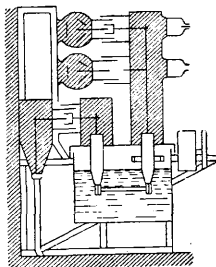
удобство обслуживания, возможность будущих расширений, освещение машинного зала дневным светом); преимущество первого расположения (вдоль машинного зала): несколько более короткие кабели между генераторами и распределительным устройством; недостаток—некое затемнение зала, к-рое устраняют освещением с торцевых стен и устройством верхнего света; преимущество поперечного расположения (у торцевой стены): достаточное освещение машинного зала по длинной стене, распределительное устройство не мешает забору воздуха к генераторам; недостатки: кабели длиннее, невозможность (при длинном зале) хорошего обзора агрегатов от щита. Иногда щит поднимают на некоторую высоту, отводя для него площадку (эстраду), расположенную на несколько ступеней выше пола, чтобы дежурный мог легче следить за работой генератора (против этого возражают, что дежурный не должен отвлекаться от наблюдения за щитом тем, что происходит в машинном зале). При напряжениях > 525 V высокое напряжение, для обеспечения безопасности обслуживания, уже не

является выражением тенденции избавиться от перегородок (дорогих, затемняющих, затрудняющих хороший обзор): все устройство на поддерживающих железных конструкциях подобно устройству открытого типа (см. *Подстанция электрическая*), но помещено в од-



Фиг. 17.

ном общем большом зале; недостаток: распространение копоти и сажи при авариях (для устранения—масляные выключатели в изолированных камерах). Внимания заслуживают появившиеся сперва в Англии бронированные распределительные устройства (без открытых токоведущих частей); аппаратура, шины и проводка бронированы с заполнением соответствующих пространств изоляционной массой, мастикой) в виде ящиков, шкафов стационарных и выдвижных и с подвижными тележками. Достоинства: компактность, безопасность, надежность работы, удобства переноса и расширения; недостаток: дороговизна. Пример на фиг. 18. Открытый тип распределительного устройства (все устройство устанавливается на открытом воздухе) получил за последнее время большое распространение (см. *Подстанция электрическая*); несмотря на несколько большую (приблизительно на 15%) стоимость стойкой к непогоде аппаратуры для напряжений 35 кВ дешевле закрытых типов; достоинства: отсутствие пространственных стеснений, удобная и безопасная эксплуатация.



Фиг. 18.

Автоматические и полуавтоматические Э. с. появились сперва в США, в виду ряда преимуществ начинают распространяться и в Европе несмотря на более низкую по сравнению с США зарплату. Экономич. преимущества: некоторые небольшие водные источники м. б. экономично использованы только при отсутствии расходов на персонал. Технические преимущества: регулярность, безопасность и надежность работы, уменьшение ремонта (меньше повреждений от ошибочных операций), повышение кпд, уменьшение капиталовложений на строительную часть (уменьшение кубатуры из-за более компактного расположения элементов оборудования), быстрота выполнения оперативных процессов (включения, выключения и пр.). Недостатки: трудность локализации аварий (в виду сложности схемы), необходимость более квалифицированного персонала (для ремонта и осмотра). На автоматических станциях все оперативные процессы по регулированию эксплуатации происходят механически, без

участия человека; на полуавтоматических Э. с. только часть оперативных процессов автоматизирована, часть же операций выполняется присутствующим на Э. с. персоналом; они представляют собой промежуточный тип между автоматич. Э. с. и Э. с. с дистанционным управлением (из удаленного места, напр. с диспетчерского пункта—поста управления). Оборудование для автоматизации делится на: 1) устройства для поддержания определенного рабочего режима; сюда относятся все контролируемые схемы (при изменении некого постоянного режима приходят в действие сигнальные, включающие или регулирующие механизмы, может быть не только

поддерживаем какой-либо постоянный режим, но возможно регулирование какой-либо величины в закономерной зависимости от изменения другой величины, например регулирование напряжения в зависимости от нагрузки) и 2) устройства для изменения рабочих режимов (автоматический пуск и остановка вследствие импульса от руки или действием специального приспособления—поплавка, термометра, часового механизма, защитного реле; предпосылка: процессы изменения рабочего режима происходят в известной постоянной последовательности, соблюдение к-рой и регулируется соответствующими автоматич. устройствами). Комбинация обоих видов устройств дает полную автоматизацию Э. с.; полуавтоматич. управление Э. с. охватывает обычно только первый вид устройств. Системы автоматического управления. 1) Управление помощью включающих валиков. Всем процессам соответствуют контакты или другие аналогичные приспособления, расположенные на валике и смещенные пространственно один относительно другого в соответствии с заданным порядком следования процессов друг за другом; движение валика регулируется соответствующими реле, которые после завершения каждого процесса передвигают валик на один шаг дальше; особые предохранительные приспособления корректируют движение валика в случаях неправильного его функционирования. 2) Зависимое управление (в порядке последовательного цикла операций). Все зависимые звенья автоматич. устройства расположены в последовательный ряд так, что к органам, от которых зависит осуществление последующих операций, ток начинает подводиться только тогда, когда правильно сработали все предыдущие органы и реле. Т. о. положение всех звеньев—операций цикла, к-рые д. б. выполнены ранее,—регулируется принудительно. Эти зависимые звенья м. б. как механич. характера (конечные выключатели, т. е. выключатели, действующие в конце какого-либо процесса, напр. в конце хода поршня, выключатели температурные и давления, зависимые механич. запоры, зашелки, собачки и т. п.), так и электрич. характера в виде контролируемых реле (реле напряжения, частоты, мощности или комбинации их). Поэтому подобные схемы иногда называют цепью реле, каковое название однако не вполне отражает их сущность. Приспособление для

Табл. 2.— Мощность и выработка энергии электрических станций СССР 31/XII 1932 г.

Мощность и выработка энергии	Действит. сост. на 31/XII				По плану ГОЭЛРО	По 5-летнему плану на 1932*
	1913	1920	1928	1932		
I. Установленная мощность, MW						
а) Э. с., присоединенные к районным шинам	250,0	260,3	626,4	3 079,3	1 750,0	3 200,0
б) городские и сельские коммунальные Э. с.	175,0	181,1	299,1	325,0	500,0	550,0
в) фабричные, ж.-д. и почтовые Э. с.	750,0	774,0	949,0	1 162,7	1 250,0	1 750,0
Всего	1 175,0	1 215,4	1 874,5	4 567,0	3 500,0	5 500,0
II. Выработка энергии, млн. kWh						
а) Э. с., присоединенные к районным шинам	675,0	300,0	2 002,0	9 200,0	4 375,0	14 000,0
б) городские и сельские коммунальные Э. с.	325,0	55,0	730,0	900,0	1 250,0	1 000,0
в) фабричные, ж.-д. и почтовые Э. с.	1 500,0	145,0	2 271,0	2 400,0	3 125,0	7 000,0
Всего	2 500,0	500,0	5 003,0	12 500,0	8 750,0	22 000,0

* Первоначально намеченные на 30/IX 1933 г., сильно перевыполненные цифры.

автоматич. зависимого управления располагают обычно в непосредственной близости при-

угле, добытом на месте,—24,2%, на буром угле, добытом на месте,—12,1%, на торфе—25,0%.

Табл. 3.— Распределение электрических станций СССР по мощности (на 31/XII 1932 г.).

Установленная мощность в kW	Э. с., присоединенные к районным шинам		Районные станции и самост. теплоцентрали		Коммунальные Э. с.		Фабрично-заводские Э. с.	
	Число	Устан. мощн.	Число	Устан. мощн.	Число	Устан. мощн.	Число	Устан. мощн.
До 10 000	51	225 100	4	24 000	19	64 900	28	136 200
От 10 000 » 20 000	18	237 400	5	70 100	7	91 000	6	76 300
» 20 000 » 50 000	19	551 000	13	368 500	2	49 500	4	133 000
» 50 000 » 100 000	11	755 300	10	672 100	—	—	1	83 200
Свыше 100 000	8	1 310 500	8	1 310 500	—	—	—	—
Всего	107	3 079 300	40	2 445 200	28	205 400	39	428 700

водимых ими в действие машин, т. к. на этих машинах находятся конечные контакты и неэлектрич. реле (темп-рные, давления и т. д.).

Табл. 4.— Распределение более крупных электрических станций СССР по роду топлива (к концу 1932 г.). *

Количество Э. с.	Общая мощность в kW	Примечание
8	252 500	На привозной нефти
5	187 300	» нефти, добыв. на месте
36	519 800	» привозн. каменном угле
34	787 900	» каменном угле, добываемом на месте
2	285 000	» буром угле, добываемом на месте
11	633 000	» торфе

* В 1932 г. ок. 91,5% энергии было выработано на тепловых Э. с.

К концу 1932 г. (табл. 2—4) присоединено к районным шинам 107 установок: 36 районных Э. с. общей мощностью (в kW) 2 414 700, 4 само-

стоятельные теплоцентрали—30 500, 28 коммунальных Э. с.—205 400, 39 фабрично-заводских Э. с.—428 700. К концу 1932 г. в СССР—восемь электрических станций мощностью > 100 000 kW каждая, вырабатывавшие 30% всей продукции энергии в СССР: Днепротэс (гидроэлектрическая) мощностью (в kW) 310 000, Кашира (бурый уголь)—186 000, Шатура (торф)—136 000, Балахна (торф)—158 000, Штеровка (штыб)—152 000, Зуевка (штыб)—150 000, Ленинградская V ГЭС (торф)—111 000, Московская I (нефть)—107 500.

Участие различных сортов топлива в выработке энергии на электрических станциях СССР (к концу 1932 г.): на привозной нефти выработано 16,3%, на нефти, добытой на месте,—8,1%, на привозном каменном угле—14,3%, на каменном

угле, добытом на месте,—24,2%, на буром угле, добытом на месте,—12,1%, на торфе—25,0%.

Лит.: Веденеев Б., Гидроэлектрич. силовые установки, Л., 1926; Вейкерт Ф., Установки высокого напряжения, пер. с нем., 2 изд., Л., 1931; Гинтер Л., Тепло-электростанции, М., 1925; его же, К вопросу о теплотехнике центрального района г. Ленинграда, Л., 1929; Гоппе Ф., Проектирование небольших электрич. станций и сетей, пер. с нем., Л., 1930; Дарманчев А., Графики нагрузки и энергетич. показатели в эксплуатации электрич. станций, М.—Л., 1931; Дмитриев В., Электрич. силовые установки. Основы проектирования центральных электрич. станций, 4 изд., М., 1929; его же, Электрич. силовые установки. Основы проектирования электрич. блок-станций и теплосиловых установок, Л., 1929; Егизаров И., Гидроэлектрич. силовые установки, Л., 1927; Кажинский В., Ветроустановки, М.—Л., 1928; Карпов В., Ветроустановки, Л., 1927; Клингенберг Г., Сооружение крупных электростанций, пер. с нем., Л., 1929; Крофт Т., Электрич. станции и подстанции, пер. с англ., под ред. В. Карпова, 3 изд., М.—Л., 1928; Ловин К. и Барсуков В., Современные американские электрич. станции, М., 1927; Лютер Р., Электросиловые установки. Распределительные устройства, Л., 1926 (литогр.); Меерович, Эксплуатация центральных электрич. станций, М., 1928; Морз П., Электрич. аппаратура, Электрическое оборудование распределительных устройств, пер. с франц., М., 1929; Поливанов М., Районные электрич. станции и подстанции, М., 1927; Пьярков М., Центральные электрич. станции, 3 изд., М.—Л., 1933; Рот А., Техника высоких напряжений, пер. с нем., М.—Л., 1930; Статистика электрич. станций за 1922—1926 гг.,

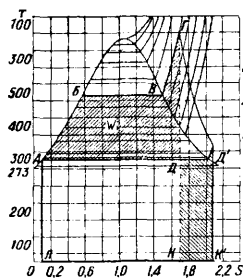
М., 1928; Сушкин Н. и Глазун А., Центральные электростанции и их электрич. оборудование, М., 1927; СЭТ, Справ. книга для электротехников, т. 2, Л., 1931; Танер-Танебаум М., Использование отработанного тепла, М., 1925; Тейхмюллер И., Коммутиационные схемы электростанков сильного тока, пер. с нем., Л., 1929; Фауль Ф., Справ. по электротехнике, пер. с англ., т. 3, Л., 1929; Фентеклюз А., Ветродвижатели, Л., 1927; Холль П. и др., Расчет и проектирование гидросиловых установок, пер. с нем., М., 1929; Шифринсон Б., Теплофикация городов, М., 1929; Skirg W., Приборы и схемы для параллельного включения машин переменного тока, пер. с нем., под ред. В. Хашинского, Л., 1926; Голлов В., Опыт централизованного наблюдения за эксплуатацией основной электрич. системы «Электротона», «Изв. Электротона», Л., 1928; Поряков М., Снабжение переменным током установок для обслуживания собственных нужд силовых станций, «Тепло и Сила», М., 1928, 1; Хацинский В., Централизованное управление работой соединенных параллельно сетей, «Электричество», М.—Л., 1926, 11, стр. 464; е го же, Знаменательные события в истории развития и канализации электрич. энергии за последние полвека, там же, 1930, Юбилейный выпуск, стр. 86; Barth F., Wahl, Projektierung u. Betrieb von Kraftanlagen, 4 Aufl., W., 1925; Dronin F., Centrales électriques, P., 1928; Fowler F., Standard Handbook for Electr. Engineers, 6 ed., N. Y., 1933; Kuser H., Die el. Kraftübertragung, B. 3, 2 Aufl., B., 1929; Lagron L., Appareillage électrique, P., 1930; Margolis A., Grundlagen der Städteheizung, B., 1927; Maudit A., Installations électriques à haute et basse tension, P., 1926; Morrow L., Electric Power Stations, N. Y., 1927; Munk P., Tarife für den Verkauf el. Arbeit, B., 1927; Niethammer F., Schaltanlagen in el. Betrieben, B. 1, 2, B., 1920, 1926; Pender H., Handbook for el. Engineers, 2 ed., N. Y., 1922; Rushmore D. a. Lof E., Hydroelectric Power Stations, N. Y., 1927; Rziha E. u. Seidenberg J., Starkstromtechnik, Taschenbuch für Elektrotechniker, 7 Aufl., B. 2, B., 1931; Sanderson A., Electr. System Handbook, N. Y., 1930; Schönberg A. u. Glunk E., Landes Elektrizitätswerke, Mch. u. B., 1926; Schupp E., Elektr. Schaltzeug Siemens-Handbücher, B. 3, B., 1927; Streckker K., Hilfsbuch für die Elektrotechnik, 10 Auflage, B., 1925; Titz E., Die elektr. Einrichtungen für den Eigenbedarf grosser Kraftwerke, Berlin, 1927; Vellard L., Stations centrales et sous-stations, Paris, 1925.

В. Хацинский.

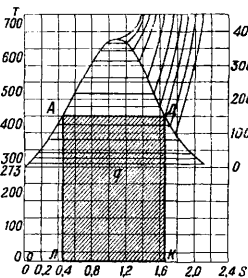
Теплоэлектроцентральный (ТЭЦ), теплосиловая установка для комбинированной выработки электрич. и тепловой энергии. Производство электрич. энергии несмотря на внешне громадное развитие техники тепловых электрич. станций—грандиозные Э. с., мощные турбинные и котельные агрегаты, высокие параметры пара, далеко проведенную автоматизацию и централизацию процессов—является одним из наименее экономичных технологических процессов, использующим сырье—топливо с исключительно низким кпд. Кпд современных отдельных наилучших центральных Э. с. едва достигает 25%, опускаясь в среднем до 12—16%. Низкий кпд выработки электрич. энергии является следствием низкого коэффициента полезного действия самого теоретического процесса, который в идеальном случае не превосходит 30—40%.

Теоретич. процесс выработки электрич. энергии из тепловой энергии водяного пара представлен на температурно-энтальпийной диаграмме (TS -диаграмма, фиг. 19). По линии AB идет процесс подогрева воды, BB —процесс испарения, BG —процесс перегрева пара. Площадь диаграммы $ABBGKL$ между двумя крайними ординатами, осью абсцисс и линией процесса получения пара дает в масштабе количество тепла, затраченное на получение пара из воды при t , определяемой точкой A . Расширение в паровом двигателе (турбине) при идеальном теоретич. процессе идет по адиабате $ГД$ и затем по линии $ДА$; пар, по выходе из турбины, конденсируется в воду. Из точки A цикл повторяется. При конденсации пара все тепло, в масштабе равно площади диаграммы $ADKL$, передается холодному телу—охлаждающей воде—и теряется. В случае действительного теоретич. процесса расширение политропическое

идет по линии $ГД'$ и затем конденсация—по линии $Д'А$. Очевидно, что в этом случае с охлаждающей водой теряется большое количество тепла, определяемое в масштабе площадью $AD'K'L$. На выработку электрич. (механической) энергии в идеальном случае используется количество тепла, определяемое в масштабе площадью $ABBGDA$ и обозначенное буквой w . При политропич. процессе потери тепла больше на площадь $DD'K'K$ (в масштабе) и поэтому на эту величину меньше количество тепла, используемое на выработку электрич. энергии. Как показывает диаграмма, теоретич. цикл

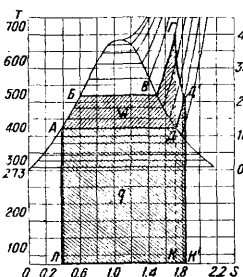


Фиг. 19.



Фиг. 20.

использования тепловой энергии для выработки электрической имеет весьма низкий кпд. На выработку электрич. энергии не м. б. использовано все тепло низкого потенциала—площадь ниже $0^{\circ}C$ на TS -диаграмме, и м. б. использована лишь часть тепла только высокого потенциала. Совершенно иное положение с использованием тепловой энергии на тепловое потребление. Процесс получения пара низких параметров для теплового потребления идет по линии AD (фиг. 20). Площадь $ADKL$ дает в масштабе количество тепла, затраченное на получение пара. Тепловое потребление осуществляется путем отнятия тепла от пара и его конденсации по линии AD с использованием на тепловое



Фиг. 21.

потребление количества тепла, определяемое площадью $ADKL$ и обозначенное буквой q . Кпд идеального теоретич. процесса теплового потребления равен 100%, причем используется полностью тепло низкого потенциала и почти не требуется тепло высокого потенциала. Действительный теоретический процесс идет аналогично. Противоположные свойства обоих процессов использования тепловой энергии, заключающиеся в том, что при выработке электрич. энергии используется тепло только высокого потенциала, невозможность использования тепла низкого потенциала и теплового потребления, использование тепла относительно низкого потенциала и отсутствие необходимости в тепле высокого потенциала позволяют осуществить комбинированный процесс выработки электрич. энергии на тепловом потреблении. В TS -диаграмме этот процесс протекает т. о.: по линии $ABBG$ (фиг. 21) идет процесс получения пара, по линии $ГД$ —расширение пара в турбине, по линии $ДА$ —тепловое потребление с одновременной конденсацией пара в воду. Площадь $ABBGDA$ определяет в масштабе количество тепловой энергии, использованной

для получения электрич. энергии, площадь АДКЛ—количество тепловой энергии, использованной для теплового потребления. Затраченное количество тепловой энергии равно сумме этих площадей (АБВГКЛ), следовательно общий кпд комбинированного процесса равен 100%. Так как кпд отдельного процесса теплового потребления также равен 100%, то комбинированный процесс, не увеличивая кпд процесса теплового потребления, повышает кпд выработки электрич. энергии до 100%. В случае действительного теоретич. процесса на тепловое потребление используется площадь АД'К'Л, а на выработку электрич. энергии площадь АБВГД—ДД'К'К. И в этом случае общий кпд процесса равен 100%. АД'К'Л + АБВГД—ДД'К'К=АБВГДКЛ, т. е. отклонения от идеального теоретич. процесса не уменьшают кпд.

Использование теплового потребления для выработки электрич. энергии в комбинированном процессе с теоретич. кпд, равным 100%, представляет энергетич. содержание теплофикации и ее исключительное совершенство и определяет задачу ТЭЦ. Возможность достижения исключительно высокого кпд выработки электрич. энергии на тепловом потреблении ставит задачу максимального использования теплового потребления для этой цели, т. е. возможно полной централизации теплоснабжения от мощных ТЭЦ и получения возможно большего количества электрич. энергии на единицу теплового потребления. На долю ТЭЦ падает задача получения максимального количества электрич. энергии на тепловом потреблении. При заданном характером потребления параметрах тепловой энергии, отпускаемой со станции (ТЭЦ), количество электрич. энергии, полученной на единицу теплового потребления, зависит при прочих равных условиях гл. обр. от начальных параметров пара (t° и давления). Располагаемые адиабатич. теплопадения растут по мере повышения начального давления как относительно, так и абсолютно. При низких относительно начальных давлениях больший эффект дает повышение давления, а при

Табл. 5.— Действительные используемые теплопадения, Cal/kg.

Нач. давл., at(a)	Конеч. давл., at(a)	Температура					
		300°	350°	400°	450°	500°	550°
25	0,04	198	213	228	245	262	280
	1,2	113	123	134	147	160	174
	8,0	49	56	62	68	74	80
50	12,0	33	37	41	46	50	54
	1,04	202	221	237	254	273	292
	1,2	126	199	152	165	180	197
75	8,0	69	78	88	97	107	116
	12,0	55	64	71	79	87	95
	0,04	196	218	239	257	276	299
100	1,2	126	143	158	173	188	203
	8,0	75	87	98	109	121	133
	12,0	63	74	83	93	103	104
125	0,04	—	213	236	256	276	296
	1,2	—	142	159	176	191	207
	3,0	—	90	202	116	128	140
125	12,0	—	77	89	100	111	123
	0,04	—	203	231	256	274	294
	1,2	—	137	158	176	192	208
125	8,0	—	89	104	118	131	145
	12,0	—	77	91	104	117	129

*1 Без промежуточного перегрева.

Примечание. В табл. 5 и ниже приняты следующие обозначения: at(a)—абсолютная атмосфера, at(i)—избыточная атмосфера.

более высоких начальных давлениях—повышение t° . Это остается справедливым и для действительного процесса (табл. 5).

Влияние начальных и конечных параметров на выработку электрич. энергии видно из табл. 6, где дано количество вырабатываемой электрич. энергии на 1 MCal уходящего из турбины пара.

Табл. 6.— Количество электрич. энергии, вырабатываемое на 1 MCal тепла уходящего из турбины пара, в kWh/MCal.

Нач. давл., at(a)	Конеч. давл., at(a)	Температура					
		300°	350°	400°	450°	500°	550°
25	0,04	415	436	455	484	510	548
	1,2	203	216	232	247	263	282
	8,0	80	88	95	102	108	114
50	12,0	53	57	61	66	71	76
	0,04	445	460	490	517	546	578
	1,2	242	255	271	288	307	327
75	8,0	126	130	142	153	164	176
	12,0	93	104	112	125	131	138
	0,04	455	477	506	533	562	605
100	1,2	254	272	291	309	329	349
	8,0	138	151	163	177	191	206
	12,0	114	126	137	147	159	172
125	0,04	—	482	508	537	567	606
	1,2	—	280	298	320	339	361
	8,0	—	163	175	192	207	221
125	12,0	—	136	148	160	174	189
	0,04	—	475	505	533	564	602
	1,2	—	281	303	326	345	364
125	8,0	—	168	182	199	214	227
	12,0	—	142	157	169	187	201

Повышение начальных параметров, как показывают эти данные, имеет тем большее значение, чем выше конечные параметры, т. е. гораздо важнее для выработки электрической энергии на тепловом потреблении (ТЭЦ), чем конденсационным способом (конденсационные Э. с.). Существенно также, что повышение начальной t° для более высоких давлений является более выгодным и в свою очередь делает более целесообразным повышение давления. Наконец эти же данные показывают, что большую роль играет также понижение конечных параметров, т. е. параметров теплового потребления. Характер использования тепловой энергии и различие требуемых для этого потенциалов (начальные давления и тем-ры) при внесении некой дифференциации в градиции потенциала тепловой энергии позволяют осуществить классификацию теплосиловых станций в соответствии с использованием тепловой энергии. Тепловая энергия наиболее высокого потенциала используется для выработки электрич. энергии (ниже обозначается буквой W). На тепловое потребление используется тепловая энергия обычно двух различных потенциалов: более высокого—на технологич. цели, в виде пара, обозначаемого далее буквой D, и более низкого—на цели отопления и бытовые нужды, обозначаемого буквой Q. Точная цифровая величина каждой градиции потенциала не м. б. дана, т. к. она колеблется в довольно широких пределах: так, для выработки электрич. энергии в настоящее время используется пар в среднем при давлениях 30—60 at(a) и t° перегрева 425—475°, поднимаясь значительно выше и опускаясь ниже этих величин; на технологич. нужды потребляется пар в пределах 3—10 at(a), также поднимаясь выше и опускаясь ниже этих пределов, и наконец на цели отопления применяется пар ок. 1,2 at(a). Хотя между этими градициями потенциалов и нет резких границ и они соприкасаются, однако в общем случае

$$W \gg D \gg Q.$$

Возможные типы теплосиловых станций определяются использованием той или иной градации потенциалов или их совокупности. Все возможные комбинации использования таковы:

$$W + D + Q. \quad (I)$$

$$W + D; W + Q; [D + Q]. \quad (II)$$

$$W; [D]; [Q]. \quad (III)$$

Первая группа $W + D + Q$ определяет районную ТЭЦ, обслуживающую электрич. и тепловое потребление (двух видов: технологическое—обычно пар—и отопление—обычно горячая вода) целого района. Этот тип энергетич. установки является наиболее совершенным, т. к. удовлетворяет электрич. и тепловое потребление целого района, обладая при этом в технич. отношении всеми преимуществами мощных Э. с. Во второй группе первая установка $W + D$ определяет т. н. фабрично-заводскую ТЭЦ, обслуживающую обычно одно фабрично-заводское предприятие электрич. энергией и паром для технологич. целей. Вторая установка второй группы $W + Q$ соответствует т. н. коммунальной ТЭЦ, удовлетворяющей электрич. потребление и тепловое на цели отопления и бытовые нужды крупного населенного пункта. Третья установка второй группы $[D + Q]$ не является теплосиловой установкой в прямом смысле, т. к. отдает лишь тепловую энергию двух видов. Эта установка определяет весьма часто встречающуюся в США центральную котельную для районного теплоснабжения. Первая установка третьей группы W определяет конденсационную Э. с. Вторая и третья установки третьей группы также не являются теплосиловыми станциями в обычном смысле и представляют: одна фабрично-заводскую котельную $[D]$, а другая—домовую отопительную котельную $[Q]$. Все перечисленные типы в действительности не являются обычно установками вполне чистого типа, отпускающими только тот вид энергии, к-рый указан, и не имеют вполне резких границ, однако именно эти виды энергии, или градации использования потенциала тепловой энергии, являются преобладающими и определяют режим работы, тип и даже конструктивное оформление станции. Так, фабрично-заводская ТЭЦ почти всегда снабжает ф-ку или з-д теплом для целей отопления, однако определяющим режим работы и тип станции является удовлетворение электрич. и теплового потребления для технологич. целей. Конденсационная Э. с. часто снабжает теплом для целей отопления помимо самой станции также рабочий по-

селок при ней, отнюдь не превращаясь этим в ТЭЦ, ибо и режим работ, и конструктивное выполнение, и определяющий способ производства электрич. энергии соответствуют конденсационной Э. с. Тип станции определяется количественными соотношениями использования потенциалов тепловой энергии, и установка какого-либо вида может перейти в следующий более высокий тип станции, если количественное нарастание использования потенциала тепловой энергии какой-либо градации достигнет такой величины ее, при к-рой вся станция и режим ее работ будут определяться также и использованием этой градации потенциала. Так, фабрично-заводская ТЭЦ $W + D$ путем охвата теплового потребления окружающего района—добавления Q —может постепенно превратиться в районную ТЭЦ $W + D + Q$ и т. д. Развитие энергетики дает многочисленные примеры таких постепенных превращений станций одного типа в станции другого более совершенного. Приведенная классификация отвечает также в основном историч. развитию энергетики. Первый этап определялся существованием отдельных Э. с. (или станций для выработки механич. энергии) и отдельных установок для удовлетворения теплового потребления D и Q . По мере развития энергетики стали появляться наряду с первыми также фабрично-заводские и коммунальные ТЭЦ $W + D$ и $W + Q$, являющиеся уже более совершенными энергетич. установками, а также центральные котельные $D + Q$. Наконец последний период развития энергетики СССР знаменуется появлением наиболее совершенного типа энергетич. установок—районных ТЭЦ $W + D + Q$. Историческое для развития энергетики СССР постановление июньского пленума 1931 г. ЦК ВКП(б) учло исключительные технич. и технико-экономич. совершенства районных ТЭЦ: «ЦК считает, что в дальнейшем плане электрификации страны д. б. во всем объеме учтена задача развернутого строительства мощных ТЭЦ в крупных индустриальных центрах как старых (Москва, Ленинград, Харьков и т. д.), так и новых (Свердловск, Челябинск и т. д.)». Итак наиболее совершенной установкой является районная ТЭЦ, удовлетворяющая электрич. и тепловое потребление двух видов (пар и горячая вода) целого района.

Характер (тип) станции и тип турбинных агрегатов, детали тепловой схемы определяются характером электрич. и теплового потребления районов. Потребление тепловой энергии на тех-

Табл. 7.—Число дней с средней суточной t° по Москве.

Темп-ра наружного воздуха	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
-39,9 ÷ -35,0°	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,03
-34,9 ÷ -30,0°	0,4	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	0,43
-29,4 ÷ -25,0°	1,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	2,5
-24,9 ÷ -20,0°	2,6	1,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	5,4
-19,9 ÷ -15,0°	4,8	4,0	1,5	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	13,8
-14,9 ÷ -10,0°	6,4	6,5	3,7	—	—	—	—	—	—	0,2	2,4	—	21,1
-9,9 ÷ -5,0°	6,9	7,9	8,8	0,7	—	—	—	—	—	0,8	5,6	—	38,6
-4,9 ÷ 0°	6,6	6,5	9,8	5,7	0,1	—	—	—	0,2	5,6	11,0	—	54,7
0,1 ÷ 5,0°	2,1	1,8	6,8	13,4	2,0	0,1	—	—	3,1	12,0	9,0	—	54,0
5,1 ÷ 10,0°	—	—	0,2	7,1	7,5	2,8	—	—	11,8	9,6	1,2	—	41,73
10,1 ÷ 15,0°	—	—	—	3,0	10,9	8,9	5,4	12,5	11,3	2,7	—	—	54,7
15,1 ÷ 20,0°	—	—	—	0,1	7,9	12,7	15,4	12,5	8,3	0,1	—	—	52,0
20,1 ÷ 25,0°	—	—	—	—	1,7	5,4	9,3	4,4	0,2	—	—	—	21,0
25,1 ÷ 30,0°	—	—	—	—	0,03	0,1	0,8	0,2	—	—	—	—	1,13
Средняя t°	-10,3	-9,1	-4,8	+3,4	—	—	—	—	—	+3,7	-2,5	-8,0	—

нологич. цели является постоянным в течение года и имеет суточный график с значительными колебаниями нагрузки при наличии одно-, двух- и трехсменных предприятий с сильным понижением нагрузки ночью, с двумя максимумами: утренним ок. 10 ч. и послеобеденным ок. 13—14 ч. Число часов использования максимума потребления составляет в год 4 000—6 000 в зависимости от сменности работы предприятий района. Потребление на цели отопления определяется только метеорологич. условиями и зависит линейно от t° наружного воздуха. Насколько случайными и изменчивыми являются метеорологич. условия, настолько же переменным является и потребление тепловой энергии на цели отопления. В табл. 7 приведены данные о средней длительности стояния t° наружного воздуха за период около 100 лет по Москве.

Данные табл. 7 показывают, что средние месячные t° наружного воздуха, по которым обычно принято определять расход тепла на цели отопления, в действительности соответствуют громадному диапазону t° с различной продолжительностью их стояния и соответствующему этим t° расходу тепла на цели отопления. Помимо этого средние месячные t° за различные годы сильно колеблются, как показывает табл. 8.

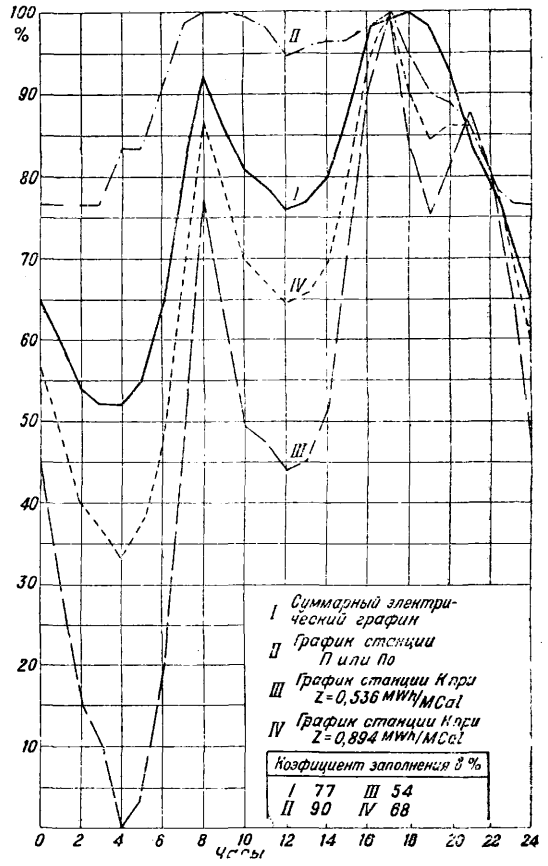
Табл. 8.—Повторяемость (число лет) средних месячных t° .

Месяцы	Средняя t°									
	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2
Ноябрь . . .	—	—	—	—	—	1	10	13	27	23
Декабрь . . .	1	2	5	10	12	10	15	22	13	2
Январь . . .	4	4	10	10	20	17	17	5	3	—
Февраль . . .	1	—	7	12	19	15	18	12	2	2
Март . . .	—	—	—	1	—	10	15	29	18	14

в к-рой даны числа лет, имеющих ту или иную среднюю t° данного месяца (t° доведена до 0°). Т. о. тепловое потребление на цели отопления является весьма неустойчивым, зависящим от случайных метеорологич. условий, и не м. б. определено сколько-нибудь точно заранее. Расход тепла на отопление имеет сезонный характер и изменяется от нуля до максимума. Суточный график расхода тепла на цели отопления имеет весьма ровный характер. Число часов использования максимума в год составляет ок. 2 500—2 600 в год, при длительности отопительного сезона для средней полосы Европ. части СССР ок. 5 000 ч. В более северных и восточных областях СССР с более суровым климатом длительность отопительного сезона повышается так же, как и величина максимума потребления. Расход тепла на бытовые нужды пока составляет относительно небольшую величину, не определяющую характера суммарного теплового потребления.

Потребление электрич. энергии разбивается также на три части—технологическое, бытовое и осветительное. Первые два имеют характеристики, совпадающие с соответствующим потреблением тепловой энергии. Потребление электроэнергии на цели освещения связано тесно с периодами восхода и захода солнца и незначительно с метеорологич. условиями (облачность). Это потребление резко переменное как в течение суток, так и в течение года. Зимой, когда освещение начинается рано и совпадает со временем работ всех предприятий, имеет место и абсо-

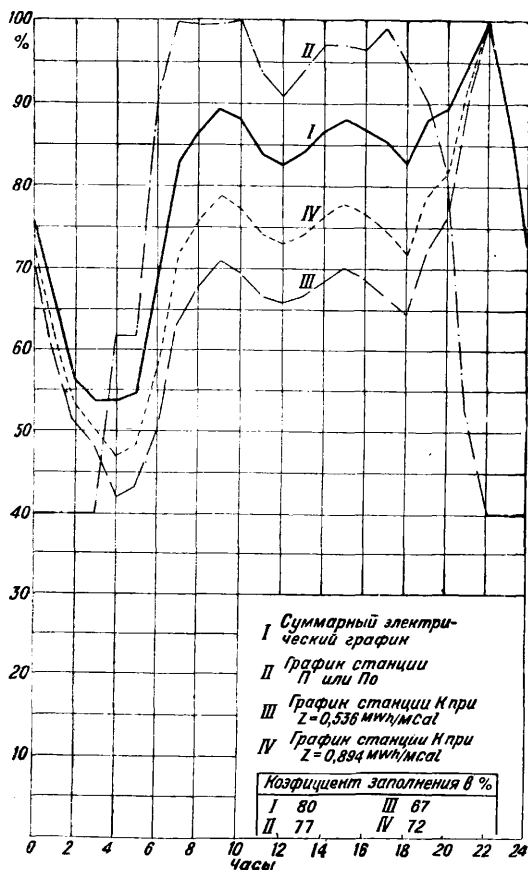
лютный максимум потребления на освещение и максимум суммарного потребления электрич. энергии. Это совпадение создает пиковый характер зимнего графика и имеет место в период между 16 и 19 ч. Летом осветительная нагрузка начинается значительно позже 21—23 ч., совпадает с ночной нагрузкой на технологич. цели и меньше по величине. Сочетание суммарной электрич. с суммарной тепловой нагрузкой вследствие изменчивого потребления тепловой энергии на цели отопления неопределенно. Годовые максимумы электрич. и тепловой нагрузки не совпадают. Максимум электрич. нагрузки падает на декабрь, тепловой—на январь—февраль. Также не совпадают суточные максимумы:



Фиг. 22.

максимум электрич. нагрузки падает зимой на период 16—19 ч., летом 22—23 ч., максимум тепловой на 9—10 ч. и 13—14 ч. зимой и летом. Этот характер теплового и электрич. потребления определяет целесообразный тип ТЭЦ. ТЭЦ м. б. осуществлена двух типов: либо с выработкой электрич. энергии только на тепловом потреблении (данного района) или помимо выработки на тепловом потреблении также с выработкой части электрич. энергии конденсационным путем. Первый тип м. б. назван противодавленческой ТЭЦ (П), второй—ТЭЦ с конденсационной частью (КО). При осуществлении ТЭЦ в виде противодавленческой станции ее электрич. мощность вследствие переменного режима теплового потребления на цели отопления также является переменной величиной, и лишь нек-рая часть установленной мощности м. б. надежно гарантирована (возможный мини-

мум тепловой нагрузки). Возможный максимум ее мощности как правило не совпадает ни во времени года ни, что особенно важно, во времени суток с максимумом электр. нагрузки. Вследствие указанного электр. потребление района должно покрываться помимо данной ТЭЦ также конденсационной станцией, имеющей добавочную мощность, резервирующую всю разницу между максимумом мощности противодавленческой ТЭЦ и возможным минимумом ее рабочей мощности при пониженной нагрузке на отопление в периоды суточных максимумов электр. нагрузки. Влияние несовпадения суточных графиков видно на фиг. 22 для зимнего при $t^{\circ} -15^{\circ}$ и летнего дня на фиг. 23. На фиг. 22 и 23 $Z = \mathcal{E}/Q$, где \mathcal{E} — вырабатываемая электроэнергия в kWh, Q — вырабатываемая тепловая



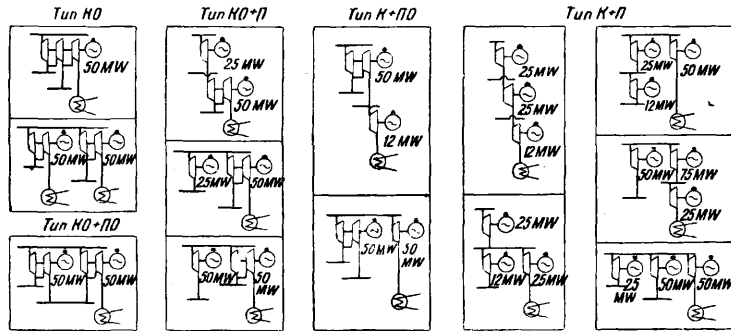
Фиг. 23.

энергия в MCal. Коэф. использования максимума конденсационной мощности при этом (равный коэф-ту заполнения графика) зимой низок, мощность доходит до нуля или до очень малой величины. Летом благодаря несовпадению максимумов использование максимума (использование оборудования) каждой из двух станций значительно ниже суммарного. Каждая из станций д. б. рассчитана на максимум соответствующей нагрузки, и в результате значительная часть установленной мощности как турбинной, так и котельной, т. е. всей станции, дублируется. При осуществлении же одной ТЭЦ с конденсационной частью котельная и турбинная мощности м. б. рассчитаны лишь на совмещенный максимум электр. и тепловой нагрузки; уста-

новленная мощность получается гораздо меньше. Излишняя установленная мощность станции в первом случае на 30—60% больше (в зависимости от доли теплового потребления на цели отопления), чем при осуществлении одной ТЭЦ с конденсационной частью, с соответствующим увеличением всех затрат на сооружение. Как показывают приведенные графики (фиг. 22 и 23), режим конденсационных станций получается весьма тяжелый, с резкими колебаниями нагрузки, что делает работу их менее надежной и экономичной. Перерасход топлива в первом случае (две станции) на 6—10%, при прочих равных условиях, превосходит таковой для случая одной станции. В отдельных случаях ТЭЦ с конденсационной частью могут являться источником наиболее экономичной и совершенной пиковой мощности. Котельная ТЭЦ рассчитывается на возможную максимальную тепловую нагрузку, к-рая длится весьма малое число часов в году и имеет поэтому, за редким исключением, весьма значительный резерв. Не исключена возможность при благоприятных условиях прекращения отопления на несколько часов (3—4) в сутки без заметного понижения t° внутри помещений. В этом случае освободившаяся часть пара м. б. расширена в турбине до конденсатора и дать значительную добавочную мощность порядка 20—25% от мощности ТЭЦ. Эта пиковая мощность может быть т. о. получена без добавочного котельного оборудования при наиболее удовлетворительном режиме работы котельной (без растопки котлов, без затраты мазута, как это обычно бывает на пиковых конденсационных станциях). Т. о. наиболее рациональным типом является ТЭЦ с конденсационной частью.

Тепловая схема ТЭЦ определяется типом станции (конденсационная часть), типом турбинных агрегатов и деталями тепловой схемы (способ отдачи тепла, водоприготовление, регенерация и т. д.). Все существующие типы турбинных агрегатов м. б. разделены на три основные группы: конденсационные (К-турбины), противодавленческие (П-турбины) и конденсационные с отбором пара (КО-турбины) в зависимости от их энергетич. характеристики. К-турбины могут удовлетворять только электр. потребление и потому одни эти турбины не могут обслуживать все электр. и тепловое потребление района. П-турбины могут удовлетворять тепловое потребление и давать электр. мощность только в количестве, определяемом тепловой нагрузкой, а потому они также не могут обслуживать все электр. и тепловое потребление района. Наконец КО-турбины могут независимо удовлетворять электр. (конденсационная часть) и тепловое (отбор) потребление, а потому в состоянии одни обслужить все электр. и тепловое потребление районов. Все различные виды турбин по своим энергетич. характеристикам принадлежат к одному из указанных трех типов. Так например, турбина с противодавлением и промежуточным отбором (ПО-турбина) имеет характеристику противодавленческой турбины (удовлетворение теплового потребления и мощность, определяемая только тепловой нагрузкой). Т. н. турбина с ухушденным вакуумом имеет характеристику противодавленческой турбины с противодавлением ниже атмосферного тогда, когда она удовлетворяет тепловое потребление, и характеристику конденсационной турбины тогда, когда тепловое потребление этой турбиной не

удовлетворяется. Турбина двойного давления с впуском пара в промежуточную ступень является конденсационной турбиной с полной ее характеристикой. Потребность в тепле двух параметров (двух потенциалов) на технологич. потребление и отопление позволяет осуществить удовлетворение электр. и тепловой энергии обоих видов с полным их использованием КО-турбиной с двумя регулируемыми отборами пара, или, как ее можно обозначить, К20-тур-



Фиг. 24.

биной. Для покрытия теплового потребления П-(или ПО)-турбинами приходится осуществлять конденсационную часть в виде К-турбин. Для удовлетворения заданного электр. и теплового потребления возможны весьма различные комбинации турбинных агрегатов, в основном разбивающиеся на группы КО, КО + ПО, КО + П, К + ПО и К + П, где отдельные турбины могут входить в различных сочетаниях (фиг. 24). Обозначая цифрой вверху начальное давление, внизу конечное и принимая условно давление пара для технологич. потребления в 10 ат(а), а на отопление в 1,2 ат(а), можно легко перечислить все или ряд возможных комбинаций какой-либо группы турбинных агрегатов. Так, группа К + П допускает следующие варианты:

$$\begin{array}{ll} \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^{10} + K^{1,2} & \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^H + K^{1,2} \\ \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^{10} + K^{10} & \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^H + K^{10} \\ \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^{10} + K^H & \Pi_{10}^H + \Pi_{1,2}^H + K^H \end{array}$$

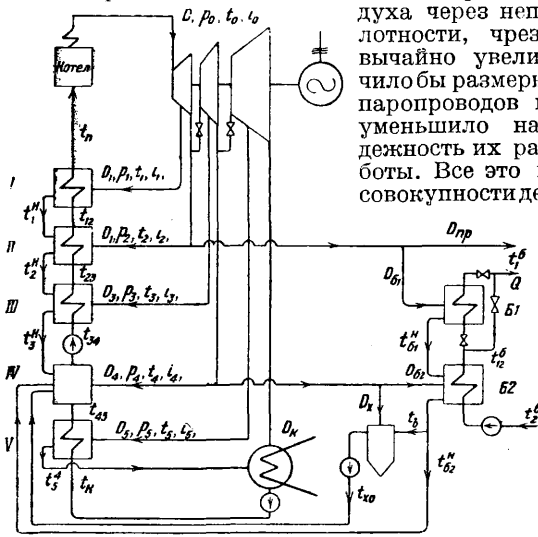
Все группы КО + ПО, КО + П и К + ПО представляют собой двухваловые агрегаты, т. е. требуют обязательно два различных типа турбин для удовлетворения электрического и двух видов теплового потребления; вся группа К + П содержит три типа турбин, т. е. представляет трехваловые агрегаты. Группа КО может состоять либо из одного типа турбин—одновальных К20 либо из двух типов—одного с отбором для технологич. целей и другого для целей отопления. Установленная мощность станции получается тем больше, чем больше число валов; каждый лишний вал увеличивает установленную мощность на 20—40%. Размеры конденсационных устройств больше в вариантах с К-турбинами, чем с КО-турбинами. Наименьшую установленную мощность имеет одновальный тип КО-турбин (К20). Установленная мощность растет в порядке последовательности групп КО, КО + ПО, КО + П, К + ПО, К + П. В этом же порядке располагаются турбинные агрегаты по экономичности (расходу топлива); наилучшим является тип КО, затем остальные. Одновальные КО-турбины (тип К20) дают наименьшее число установленных турбин, од-

нотипных и взаимозаменяемых, что является наиболее удобным с точки зрения эксплуатации (ремонты, резерв, обслуживание и т. д.), дает возможность полного секционирования, наибольшую простоту тепловой схемы и надежность работы, полное внутреннее резервирование, наиболее удобный режим работы с независимым удовлетворением электр. и теплового потребления, единый аварийный и ремонтный, электрический и тепловой резерв системы. Благодаря возможности перераспределять в широких пределах нагрузку между обоими отборами (для технологич. целей и отопления) возможные ошибки проектных предположений в потребных количествах пара обоих параметров не приносят затруднений в эксплуатации. Сооружение ТЭЦ по очередям м. б. осуществлено без затруднений и без установки излишней мощности первых очередей и т. д. Все это делает К20-турбины наиболее совершенным типом турбинных агрегатов для ТЭЦ. Временный стандарт турбин (Главэнерго)

содержит поэтому только группу КО-турбин (типы КО и К20).

Наиболее существенным вопросом для ТЭЦ являются способ отдачи тепла со станции и водоподготовка. снабжение потребителей паром связано с большими потерями конденсата и с его частичным загрязнением. Качество питательной воды для котлов является важнейшим элементом надежной эксплуатации, что для ТЭЦ связано со способом возмещения потерь конденсата. Это приводило к тому, что в первый период проектирования и строительства мощных ТЭЦ удовлетворение тепловых потребителей часто осуществлялось путем отдачи вторичного пара из паропреобразователей. Этому способствовало и то, что котлы повышенного [ок. 25—30 ат(а)] и высокого [ок. 60—100 ат(а)] давления ранее считали возможным питать только чистым конденсатом. Развитие техники химич. водоочистки и обработки котловой воды сделало вполне надежным питание с большим % добавления химически очищенной воды современных мощных котлов высокой производительности порядка 60—70 ат(а). Большие осложнения эксплуатации при наличии паропреобразователей (что не освобождало от необходимости иметь химич. водоочистку для питания паропреобразователей и химич. обработку котловой воды), высокая их стоимость и уменьшение экономичности (на 4—6%), вследствие необходимости брать из турбины отборы повышенного давления, привели к тому, что современные ТЭЦ проектируются и строятся без паропреобразователей с возмещением потерь химически очищенной водой. Потребление на цели отопления удовлетворяется обычно горячей водой. Темп-ра подогрета воды достигает в наиболее холодное время t^0 порядка 125—135°, опускаясь в зависимости от t^0 наружного воздуха до 60—80° (при качественном регулировании), либо поддерживается всегда в пределах 90—100° (при количественном регулировании). При более распространенном качественном регулировании подогрета воды ведется в двух последовательных подогревателях, или, как их принято называть несмотря на совершенное несоответствие, бойлерах (boiler—по-англий-

ски — паровой котел): основном и пиковом. Весь подогрев ведется нормально в основном подогревателе; при необходимости получить наиболее высокую темп-ру вода догревается в пиковом. Такое решение является наиболее целесообразным для ТЭЦ. Подогрев воды до 135° требует пара давлением не ниже 4 ат(а). Изменение давления отбора возможно в довольно ограниченных пределах порядка $\pm 0,5 \div \pm 1,0$. Поэтому при подогреве воды паром из одного отбора пришлось бы его иметь порядка $3,5 \pm 0,5$ ат(а) $\div 3,0 \pm 1,0$ ат(а). Вместе с тем наиболее низкие t° (табл. 7) длятся весьма короткий период. Все остальное время подогрев воды требуется до значительно более низких t° и использование отбора более низкого давления дает значительное увеличение выработки на тепловом потреблении. С другой стороны, при t° горячей воды ниже 95—100° можно было бы употреблять для подогрева воды пар давлением ниже атмосферного. Однако это привело бы к необходимости иметь на подогревателях отсасывающие воздух устройства, могло бы привести к проникновению в конденсат пара воздуха через неплотности, чрезвычайно увеличило бы размеры паропроводов и уменьшило надежность их работы. Все это в совокупности де-



Фиг. 25.

лает наиболее правильным выбор временным стандартом Главэнерго давления отбора пара для подогрева воды в 1,2 ат(а) с возможностью перестановки его до 2,5 ат(а). Догрев воды до наиболее высоких t° (125—135°) целесообразно производить паром из отбора на технологич. пели или (при отсутствии его или при полной нагрузке) непосредственно дросселированным паром из котлов, что не отражается заметно на экономичности работы ТЭЦ, т. к. длится всего несколько десятков часов в год. ТЭЦ должна иметь развитую систему регенеративного подогрева питательной воды, причем помимо подогрева паром из регулируемых отборов для теплового потребления необходимы нерегулируемые отборы. Регенерация является внутренним тепловым потреблением и потому приносит для выработки электрич. энергии такие же выгоды, как и тепловое потребление района, только в соответственно меньшем масштабе. Кроме того регенерация улучшает работу котельного агрегата. Целесообразная принципиальная тепловая схема ТЭЦ дана на фиг. 25.

Тепловая схема станции поддается полному тепловому расчету. Расчет_схемы, данной на

фиг. 25 для одной турбины, ведется сл. обр. Задано: а) количество пара, идущего на тепловое потребление (технологическое), D_{np} , m^3 , б) количество тепла, отдаваемого со станции с горячей водой, Q , $MCal/час$ и темп-ры воды t_1^t и t_2^t и в) количество электрич. энергии W , MW . Начальные параметры пара перед турбиной: давление p_0 , ат(а), темп-ра t_0 , теплосодержание i_0 , Cal/kg . Давление пара, отдаваемого со станции, $p_{np} = p_2$. Для подогрева воды, отдаваемой со станции, в основном бойлере—подогревателе—идет пар при давлении $p_{61} = p_4$ и в пиковом— p_{62} . Давление отборов пара для регенерации определяется сл. обр. Для регенерации используются регулируемые отборы, осуществляемые для теплового потребления (p_2 и p_4), и кроме того между этими отборами, между нижним отбором и конденсатором и верхним отбором и начальным давлением, берутся три отбора, давления к-рых определяются т. о., чтобы t° насыщения для этих отборов делили соответствующие темп-рные интервалы (между темп-рами насыщений) на равные части, т. е.:

$$t_5^t \cong \frac{t_4^t + t_3^t}{2}; \quad t_3^t \cong \frac{t_2^t + t_1^t}{2}; \quad t_1^t \cong \frac{t_0^t + t_2^t}{2}.$$

В TS -диаграмме строится процесс турбины и определяются состояния пара во всех точках отбора и при выходе из турбины в конденсатор. Все параметры даны на тепловой схеме. Весь тепловой расчет осуществляется путем составления балансовых ур-ий энергии (тепла), если количество тепла в воде обозначать также буквой t (до не слишком высоких давлений теплосодержание численно равно темп-ре, для высоких давлений заметно отличается от нее). Задачей расчета является определение расхода пара на турбину и из всех отборов в зависимости от тепловой (D_{np} и Q) и электрич. (W) нагрузки. Расчет ведется в следующем порядке: вначале рассчитывается подогревательная (бойлерная) установка, затем химочистка и наконец схема регенерации.

Подогревательная (бойлерная) установка. Температура воды между подогревателями (бойлерами) на 5—8° ниже t° насыщения обогревающего основной (Б2) бойлер пара

$$t_{12}^t \cong t_{62}^t - (5 - 7^\circ).$$

Количество тепла, сообщаемое в первом подогревателе,

$$Q_{61} = \frac{t_1^t - t_{12}^t}{t_1^t - t_2^t} Q$$

и во втором

$$Q_{62} = \frac{t_{12}^t - t_2^t}{t_1^t - t_2^t} Q = Q - Q_{61}.$$

При учете кпд подогревателя η_6 (обычно 97—98%) ур-е баланса тепла первого подогревателя

$$D_{61}(i_{61} - i_{61}^n) \eta_6 = 10^3 Q_{61},$$

где, как и везде дальше, расход пара берется в m^3 , тепла в $M Cal/ч.$, теплосодержания в Cal/kg . Расход пара на первый подогреватель

$$D_{61} = \frac{10^3 Q_{61}}{(i_{61} - i_{61}^n) \eta_6} = \alpha_{61} Q,$$

где все величины кроме D_{61} известны. Баланс тепла второго подогревателя

$$D_{62}(i_{62} - i_{62}^n) \eta_6 + D_{61}(i_{61}^n - i_{62}^n) \eta_6 = 10^3 Q_{62},$$

откуда определяется расход пара на второй подогреватель

$$D_{62} = \frac{10^3 Q_{62} - \alpha_{61} Q (i_{61}^n - i_{62}^n) \eta_6}{(i_{62} - i_{62}^n) \eta_6} = \alpha_{62} Q.$$

Химочистка должна возмещать все потери конденсата на станции и потери конденсата у тепловых потребителей. Обозначая потери конденсата на станции в долях от всего расхода пара αD и предполагая, что весь конденсат у тепловых потребителей теряется, можно писать, что химочистка должна давать очищенной воды $\alpha D + D_{np} m/\mu$ плюс количество идущего на химочистку пара. Расход пара на химочистку по балансу смещения

$$(\alpha D + D_{np} + D_{x0}) t_{x0} = [D_{x0} t_{x0} + (\alpha D + D_{np}) t_b] \eta_{x0},$$

откуда

$$D_{x0} = \frac{\alpha D (t_{x0} - \eta_{x0} t_b) + D_{np} (t_{x0} - \eta_{x0} t_b)}{\eta_{x0} t_{x0} - t_{x0}} = \alpha_{x0} D + \alpha_{x0}^{np} D_{np},$$

где все величины кроме D и D_{x0} известны. Весь дальнейший расчет ведется т. о., что все величины определяются в ф-ии полного расхода пара на турбину.

I. Подогреватель. Баланс тепла

$$D_1(i_1 - t_1^n) \eta_1 = (1 + \alpha) D(t_n - t_{12}).$$

Т. к. количество питательной воды, выходящей из тепловой схемы, должно покрывать все потери станции, то

$$D_1 = \frac{(1 + \alpha)(t_n - t_{12})}{(i_1 - t_1^n) \eta_1}.$$

II. Подогреватель. Баланс тепла

$$D_2(t_2 - t_2^n) \eta_2 + \alpha_1 D(t_1^n - t_2^n) \eta_2 = (1 + \alpha) D(t_{12} - t_{23}),$$

откуда

$$D_2 = \frac{(1 + \alpha)(t_{12} - t_{23}) - \alpha_1 (t_1^n - t_2^n) \eta_2}{(i_2 - t_2^n) \eta_2} D = \alpha_2 D.$$

III. Подогреватель. Баланс тепла

$$D_3(t_3 - t_3^n) \eta_3 + (\alpha_1 + \alpha_2) D(t_2^n - t_3^n) \eta_3 = (1 + \alpha) D(t_{23} - t_{34}),$$

откуда

$$D_3 = \frac{(1 + \alpha)(t_{23} - t_{34}) - (\alpha_1 + \alpha_2)(t_2^n - t_3^n) \eta_3}{(i_3 - t_3^n) \eta_3} D = \alpha_3 D.$$

IV. Подогреватель-деаэратор. Составляется баланс смещения, причем количество конденсата из конденсатора и V подогревателя определяется как разница между полным расходом пара и всеми отборами

$$D_k + D_5 = D - D_1 - D_2 - D_3 - D_4 - D_{np} - D_{61} - D_{62} - D_{x0}.$$

Баланс тепла

$$[(D_1 + D_2 + D_3) t_3^n + (D_{61} + D_{62}) t_{62}^n + (D_{x0} + \alpha D + D_{np}) t_{x0} + (D - D_1 - D_2 - D_3 - D_4 - D_{61} - D_{62}) t_{45} + D_4 i_4] \eta_4 = (1 + \alpha) D t_{34}.$$

Ур-ие баланса тепла деаэратора должно давать также баланс пара и конденсата, как видно из самого ур-ия. Все величины кроме D_4 и D известны и легко определяется D_4 . После решения получается

$$D_4 = \alpha_4 D + \alpha_4^{np} D_{np} + \alpha_4^c Q.$$

V. Подогреватель. Баланс тепла

$$D_5(i_5 - t_5^n) \eta_5 = (D - D_1 - D_2 - D_3 - D_4 - D_{61} - D_{62} - D_{np} - D_{x0})(t_{45} - t_k).$$

После подстановки всех найденных выше величин определяется

$$D_5 = \alpha_5 D + \alpha_5^{np} D_{np} + \alpha_5^c Q.$$

Уравнение мощности. Подстановка всех величин в ур-ие мощности

$$D = x d_3 W_m + (1 - x) d_3 W + \sum_{k=1}^m \frac{i_m - i_k}{i_0 - i_k} D_m,$$

где x —коэф. холостого хода, $d_3 = \frac{860}{\eta_m \eta_2 (i_0 - i_k)}$ —удельный расход пара при экономич. нагрузке, W_m —максимальная (номинальная) мощность турбины, W —заданная нагрузка турбины, m —индекс суммирования, D_m —отборы пара из всех точек отборов турбины, позволяет определить полный расход пара на турбину в зависимости от тепловой и электр. нагрузок, т. к. все величины D_m выражены через D , D_{np} и Q . В результате подстановки получается

$$D = A + BW + CD_{np} + EQ.$$

Для любого числа турбин m и за любой период времени n часов ур-ие мощности

$$D = x d_3 W_m \sum mn + (1 - x) d_3 \mathcal{E} + \sum_{m=1}^m \frac{i_m - i_k}{i_0 - i_k} D_m,$$

где все величины (D , \mathcal{E} и D_m) отнесены ко всему периоду n часов и окончательно расход пара получается таким же образом, как и раньше

$$D = A \sum mn + B \mathcal{E} + C D_{np} + E Q.$$

Лит.: Типизация паровых турбин и тепловой схемы больших электростанций. Сборник под ред. А. Горянова, ч. 1—2, М.—Л., 1933; Якуб В., Теплоэлектроцентрали, М.—Л., 1933; его же, Теплофикация и теплоэлектроцентрали, М., 1931; его же, Типы станций и типы турбин, «Тепло и Сила», М., 1933, 6; Шифринсон Б., Теплофикация городов, М., 1929; Дарманчев А., Графики нагрузки, М.—Л., 1933; Рубинштейн Н., Регенеративный подогрев воды, «Известия ВТИ», М., 1929, 1/44 и 9/52; Ромашкин В., Деаэрация питательной воды, «Тепло и Сила», М., 1929, 10 и 11; Гравосский Р., Испарители, там же, 1929, 2; Паровые турбины, Проект стандарта и комментарии, М., 1934; Якуб В., Высокие давления и температуры, «Тепло и Сила», М., 1932, 12; Рубинштейн Н., «Энергетич. обозрение», 1934, вып. 4; Раков К., Пар высокого давления, «Генплан Электрификации», т. 7, М., 1932; Renford A., Druckverteilung u. Dampfverbrauch bei Teillast von Gegendruck und Entnahmepfumpfturbinen, «Archiv für Warmwirtschaft», В., 1927, 10, 1928, 1; Alden V. and Babke W., Steam Turbine Plant Practice in the United States, «Transactions of the American Society of Mechanical Engineers», N. Y., 1933, v. 55; Thomson P. and Van-Duzen R., High Temperatures Experience at Detroit, «Combustion», N. Y., 1933, v. 11, 5. Б. Якуб.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВВОД, часть электроустановки,

соединяющая внутреннюю сеть проводов с наружной. В тех случаях, когда внутри здания расположена станция или подстанция, часто вместо названия «ввод» применяется название «вывод». Э. в. может быть выполнен кабельным или воздушным. Если здание питается самостоятельным *фидером* (см.), то к вводу относится его участок, начиная от наружной стены здания и кончая первым щитком с приборами и аппаратами. При подаче энергии на электроустановку путем ответвления от общей питательной магистрали к вводу относят также наружную линию, начиная от места ответвления.

Кабельный ввод применяется там, где питательная наружная сеть проложена кабелем (см.). Это имеет место на большинстве силовых установок. В осветительной сети только в очень больших городах магистральные линии выполняются кабельными. Здесь большое применение еще имеют воздушные провода, и в соответствии с этим Э. в. также устраиваются воздушными. Однако встречаются кабельные вводы и при воздушной наружной магистрали. Чаще это бывает при высоком напряжении, когда из соображений строительного порядка или по условиям загроможденности площадки м. б. неудобен воздушный ввод. Иногда этот участок кабеля между внутренней сетью и наружной рассматривается еще и как добавочное средство защиты от перенапряжений. На низком напряжении кабельный ввод при воздушной сети м. б. целесообразным только в исключительных случаях, напр. при выходе ряда

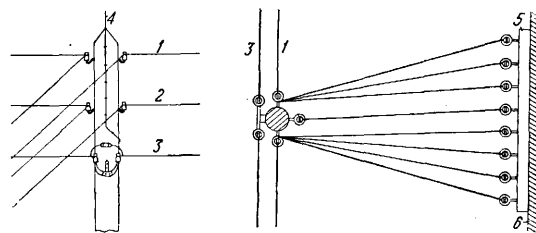
линий из городского трансформаторного киоска (см. *Подстанция электрическая*), когда для уменьшения стоимости киоска иногда соединения с ближайшими столбами выполняются кабелем. В сетях низкого напряжения можно встретить и обратную картину — воздушный ввод при кабельной сети. В каком-либо большом домовладении муфта питающего кабеля иногда устанавливается в подвороте, и отсюда расходятся воздушные линии к различным строениям участка. При кабельном вводе кабель заводится в здание на глубине 0,7—1 м под поверхностью земли. Для прохода его в фундамент целесообразно заложить гончарную или чугунную трубу диам. в свету 3—4 дм.

Воздушный ввод — более сложное устройство, при выполнении которого д. б. выдержан ряд электротехнич. правил, утвержденных ВЭС. Провода высокого напряжения д. б. снаружи здания отдалены от земли своими низшими точками не менее чем на 6 м, голые провода низкого напряжения — на 5 м. Для сельских местностей эти высоты снижены соответственно до 4,5 м и до 3 м, если провода пересекают только полосу улицы, служащую для пешеходного движения. Проход проводов сквозь стену выполняется на высоком напряжении при помощи специальных вводных изоляторов; на низком напряжении каждый провод с резиновой изоляцией д. б. заложён в отдельную эбонитовую трубку, вмазанную в стену, с фарфоровой воронкой на наружном конце и такой же втулкой на внутреннем. У ввода на наружной стене непременно д. б. поставлены изоляторы, чтобы в месте прохода сквозь стену провода не подвергались механич. напряжению. При вводе через крышу ставятся на высоком напряжении специальные изоляторы вертикального типа, а на низком — газовая труба, загнутая на верхнем конце на 180° так, чтобы в нее не попадала вода. В трубе каждый провод прокладывается в отдельной эбонитовой трубке. Ввод через крышу иногда применяется на подстанциях (чаще в Америке) при напряжениях выше 20 kV; на низком напряжении — весьма редко, а в сельских местностях применение его нормами не рекомендуется. На низком напряжении, в особенности при ответвлениях от магистрали, иногда ставят на вводах снаружи здания изолированные провода. Обычно в этом необходимости нет, если соблюдены требования правил безопасности относительно недоступности проводов. При применении изолированных проводов следует брать провода с оплеткой, противостоящей атмосферным влияниям (марка ПВМ). Резиновая изоляция допустима, но она не особенно устойчива при наружных установках и поэтому экономически нецелесообразна.

Для осветительных вводов малой мощности в целях экономии цветных металлов в СССР предписано применять железные оцинкованные провода. Диам. их д. б. 3—5 мм. Ответвления от воздушных линий к местам потребления (вводы) согласно правилам безопасности могут не иметь предохранителей в месте ответвления, если таковые стоят в непосредственной близости от места ввода в здание, однако практически таковые на низком напряжении всегда ставятся по крайней мере на одном из полюсов, чтобы избежать отключения магистрали при аварии с каким-либо вводом. При системах с нулевым проводом последний не должен иметь предохранителя на столбе. Вводы вы-

сокого напряжения входят непосредственно в распределительное устройство и включаются в соответствии с требованиями установки. На вводах низкого напряжения, ведущих к потребителям, д. б. установлены внутри здания предохранители, выключатель и счетчик. Если в помещениях проложены не кабели, а провода и по счетчику производится оплата за энергию, то обычно провода от места входа в здание и до счетчика д. б. по требованию электростанций прокладываемы в трубах. В системах с заземленной нейтралью в нулевой провод предохранители не ставятся, за исключением случая двухпроводных вводов, когда ставить их нужно, если нулевой провод не сделан легко распознаваемым и если для отсоединения установки от сети не поставлен отдельный выключатель. Обычно на небольших осветительных вводах последний не ставится, и вывинчивание плавких пробок является единственным средством для отключения установки. Счетчиков на небольших осветительных установках с несколькими лампочками иногда не ставят; расчет за энергию производится по оптовому тарифу, а на вводе устанавливается ограничитель тока. В СССР этот метод не получил пока применения. Для устройства вводов крупные станции имеют свои печатные инструкции. А. Бухштаб.

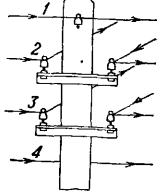
Телефонно-телеграфные вводы. Первый линейный столб у начальной или оконечной станции с сделанными на ней линейными проводами,



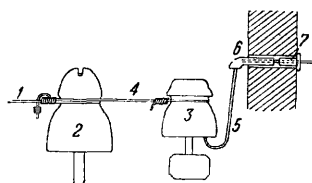
Фиг. 1.

если он стоит у самого здания, куда нужно ввести провода (не дальше 10—15 м), служит вместе с землей в водным (станции м) столбом, и от него провода отводятся непосредственно к станционному зданию. Высота столба определяется местными условиями и числом вводных проводов с расчетом запаса на последующее развитие. Укрепления станционных вводных столбов делаются особенно тщательно; в сфере влияния линий высокого напряжения устройство проволочных оттяжек не допускается. На станционном вводном столбе обязательно устройство *громоотвода* (см.) из 5-мм железной оцинкованной проволоки, которая прикрепляется к столбу железными скобками через 60 см. На вершине столба проволока громоотвода выпрямляется, заостряется и залуживается. В сфере влияния линий передачи высокого напряжения громоотвода не устраивают, равно как и металлич. ступеней для влезания на столб. На промежуточных станциях для ввода проводов в здание устанавливаются разные столбы (с крюками или траверсами). Для каждого из вводных в станцию проводов завинчиваются 2 крюка: по одному с каждой стороны столба. На них заканчивается линейный провод и от них же идут вводные провода в станцию. Т. о. для каждого входящего в станцию провода от разрезного столба до станции нужно отвести 2 провода;

такое ответвление называется ш л е й ф о м. На фиг. 1: 1, 2—провода, заходящие на промежуточную станцию, 3—провод, идущий мимо промежуточной станции, 4—громоотводная проволока, 5—дубовый брусок, 6—стена. На фиг. 2



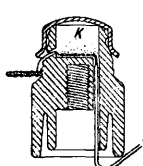
Фиг. 2.



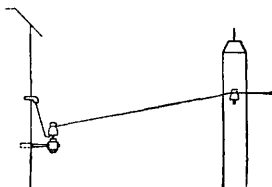
Фиг. 3.

дан вид разрезного столба с двухштырными траверсами (провода 1, 4 идут мимо промежуточной станции, провода 2, 3 заходят в нее). Разрезной столб м. б. в то же время и вводным.

Воздушные провода в числе не более 15 вводятся в здание каждый в отдельности в о з д у ш н ы м в в о д о м, при большем числе—группами, заключенными в кабели. Все железные

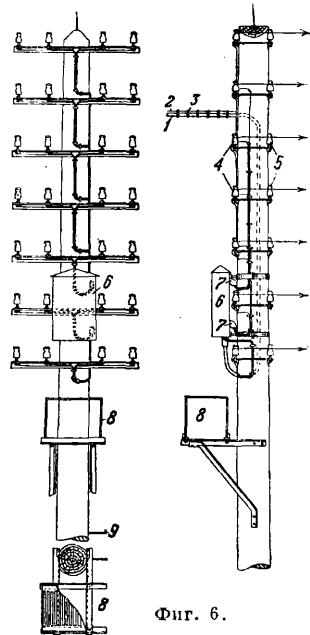


Фиг. 4.



Фиг. 5.

телеграфные провода заканчиваются на изоляторах вводного или разрезного столба и оттуда идут к вводам в виде оцинкованного провода; телефонные и вводные телеграфные бронзовые провода проходят, не разрезаясь, до вводного

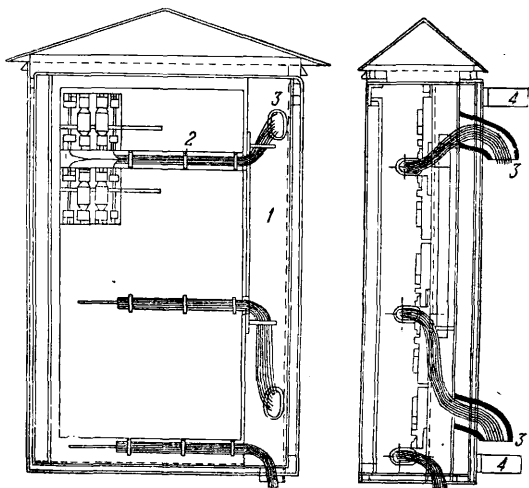


Фиг. 6.

кронштейна. Принципиальная схема устройства воздушного ввода телеграфного провода дана на фигуре 3. Линейный провод 1 укрепляется окончательной заделкой на изоляторе 2 вводного столба. Здесь этот провод соединяется с вводным изолятором 3 специального типа оцинкованной стальной проволокой 4 diam. 2,5 мм. Вводный оцинкованный проводник 5 пропущается через вводный изолятор 3, причем жила его выпускается и сплавляется с оцинкованным проводом. На фиг. 4 дан разрез вводного изолятора и показана схема соединения вводного проводника с оцинкованным проводом. Защищенный от изоляции вводный проводник пропускается через большой внутренний канал изолятора, проходит камеру К, малый канал и выпускается на-

ружку, где оббивается несколько раз около оцинкованной проволоки и сплавляется с ее острым концом, опущенным вниз. В камере провод заливается специальной массой из канифоли и воска. Другой конец вводного проводника пропускается затем через воронку 6 и втулку 7 (фиг. 3) внутрь помещения. Вводным проводником служит медный канатик из семи проволок $\varnothing 0,5$ мм каждая, изолированный двумя слоями (вулканизированной резины и прорезиненной лентой) и покрытый свинцовой оболочкой. При воздушных вводах линейные провода заканчиваются либо на крючках, ввинченных в стену (при числе проводов до 4), либо (при большем числе проводов) на кронштейнах, прикрепленных к стене (фиг. 5). При вводе в здание каждый проводник снабжается предохранителем (громоотводом).

При устройстве вводов кабелями применяются как воздушные, так и подземные кабели. Кабели вводят в здание через отверстия в стенах или крыше, в к-рых закладывают чугунные или железные трубы. При этом воздушные кабели закрепляют около вводных отверстий



Фиг. 7.

так, чтобы натяжение наружной части не отражалось на внутренней части ввода. Подземные кабели, если они поднимаются по наружной стене здания, закрепляются на стене железными скобами и защищают деревянными или железными перекрытиями. Внутри здания кабели доводят до распределительных устройств, где концы их наращивают проводниками с изоляцией из резины или снабжают концевыми муфтами, из к-рых концы жил выводят наружу изолированными проводниками через эбонитовые или фарфоровые втулки. Соединение вводных кабелей с линейными воздушными проводами производится при помощи к а б е л ь н ы х я щ и к о в (см. *Сети телефонные*), установленных на стационарных стойках, разрезных или вводных столбах. На фиг. 6 показано оборудование кабельного столба для ввода воздушного телеграфного кабеля: 1—кабель, 2—трос, 3—подвески для кабеля, 4—вводные изоляторы, 5—линейные изоляторы, 6—кабельный ящик, 7—вводные желоба, через к-рые в кабельный ящик вводятся проводники, 8—плошадка, с к-рой производят все испытания и измерения в кабельном ящике (обычно огорожена перилами), 9—ступеньки для влезания на

площадку. На фиг. 7 изображен отдельно кабельный ящик с боксом 1. Ящик представляет собой металл. каркас из углового железа, обшитый листовым железом толщиной 2 мм. Внутри ящика укреплена металл. рама с защитными приборами. Кроссировочные кольца 2 служат для распределения (кроссировки) проводников внутри кабельного ящика; 3 — вводные желоба. Скобами 4 кабельный ящик прикрепляется к столбу. О радиотехнич. вводах см. Ввод в радиотехнике.

Лит.: Львов А., Телеграфные станции, Москва, 1933; Буновский А., Курс железнодорожной телеграфии и телефонии, М.—Л., 1931; Справочник—руководство по связи и электротехнике, Москва—Ленинград, 1932. И. Мельников.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР, система, состоящая из металл. проводящих пластин (обкладок Э. к.) и какого-либо изолирующего материала (диэлектрика) между ними. Емкость статического конденсатора выражается ф-лой

$$C = \frac{\epsilon S(n-1)}{4\pi d} \text{ см} = \frac{\epsilon S(n-1)}{4\pi d} \cdot \frac{1}{9} 10^{-9} \mu\text{F},$$

где C — величина емкости, S — площадь одной пластины в см^2 , d — расстояние между пластинами в см , n — число пластин, ϵ — диэлектрич. постоянная материала, находящегося между пластинами. Эта ф-ла выведена в предположении, что заряд распределяется по поверхности пластин равномерно и что краевой эффект электрич. поля отсутствует. Практически наличие краевого эффекта дает несколько меньшее значение емкости. Поправка м. б. введена в вычисление, если в указанной ф-ле под величиной S понимать не действительную поверхность, а поверхность пластины, увеличенную до периметру узенькой полоской, шириной b м. б. вычислена из следующих соотношений: 1) для круглых пластин $b = 0,4413 d$, 2) для прямоугольных пластин $b = 0,11 d$. Более точный учет краевого эффекта приводит к сложным и громоздким ф-лам. Так, для плоского Э. к., образованного из двух круглых пластин толщиной b и радиуса r , расположенных параллельно друг другу на расстоянии d , Кирхгоф и Клаузиус дают такую ф-лу:

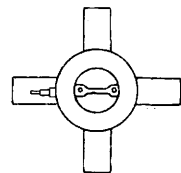
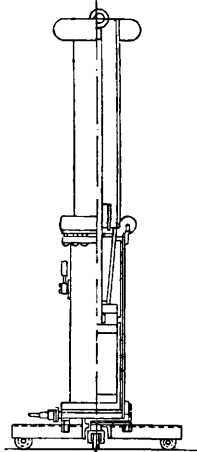
$$C = \frac{\epsilon r}{4d} + \frac{\epsilon r}{4\pi} \left[1 + \ln \frac{16\pi(d+b)}{da} + \frac{b}{a} \ln \frac{b+d}{b} \right],$$

где все размеры в см . Ф-ла дает высокую точность вычисления значения емкости, поэтому такие Э. к. м. б. применяются в качестве эталонных для Э. к. малой емкости. Широкое применение Э. к. во многих областях электротехники предопределяет их конструкцию, где род диэлектрика является характернейшим различием между ними. Сам диэлектрик представляет наиболее важную и ответственную часть Э. к., а потому одновременно должен обладать следующими качествами: 1) малыми диэлектрич. потерями, 2) высокой электрич. прочностью и 3) большой диэлектрич. постоянной. Широкое применение получили Э. к. воздушные, масляные, стеклянные, слюдяные, бумажные, целлоновые. Особняком стоит группа электролитич. Э. к., устройство и эксплуатация к-рых значительно отличаются от прочих.

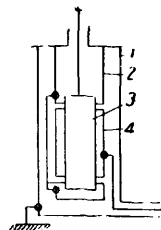
Воздушные конденсаторы. Основные свойства воздуха, выражающиеся в отсутствии явлений остаточного заряда, в малых диэлектрич. потерях и способности без вреда переносить повторные разряды, создали ряд областей применения его в качестве диэлектрика для Э. к. К недостаткам воздуха отно-

сятся малые электрич. прочность и диэлектрич. постоянная, что приводит к громоздким размерам Э. к. значительной емкости. Для повышения электрич. прочности воздуха используют найденную опытным путем закономерность, выражающуюся в том, что с увеличением давления его электрич. прочность возрастает, причем до 10 ат(а) прямо пропорционально давлению, а затем медленнее. Поэтому для высоких напряжений получили распространение Э. к.

со сжатым воздухом или другими газами [фиг. 1а — разрез и фиг. 1б — схема эталонного Э. к. фирмы Гартман и Браун с емкостью в 90 см для мостика Шеринга; в качестве диэлектрика применен сжатый азот под давлением в 12 ат(а): 1 — кожух, 2 — экран, 3 — внутренний и 4 — внешний цилиндры]. Другим решением вопроса увеличения электрической прочности воздуха или газа является применение большого вакуума порядка $10^{-6} \div 10^{-7}$ мм. Электрическая прочность газа при таком большом разрежении



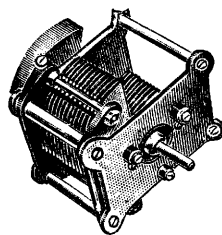
Фиг. 1а.



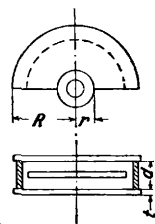
Фиг. 1б.

м. б. до 1 600 кВ/см. Подобные вакуумные Э. к. могут получить значительное распространение для установок высокого напряжения и высокой частоты, однако трудности их изготовления до сих пор ограничивают применение.

Воздушные Э. к. постоянной и переменной емкости, применяющиеся в радиотехнике, почти исключительно относятся к плоско-параллельному типу; они дают возможность получе-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

ния большой емкости путем применения большого числа пластин (способ, широко используемый в конструкциях Э. к. переменной емкости). В таких Э. к. одна система пластин, совокупность к-рых представляет собой одну обкладку Э. к., является неподвижной, в то время как другая система пластин, закрепленная на вращающейся оси и представляющая собой другую обкладку, может при своем вращении занимать относительно первой то или иное положение, входя в ее зазор (фиг. 2). Для повышения величины пробивного напряжения, а так-

же для получения большей емкости при тех же геометрич. размерах Э. к. иногда заливаются маслом. Такие Э. к. строятся на значение максимальной емкости от нескольких десятков до тысяч см. Одной из форм очертания пластин Э. к. переменной емкости, применяющихся в радиотехнике, является полукруг (фиг. 3). Здесь действующей поверхностью S является поверхность пластин с меньшей полукругностью (вращающейся), с учетом выреза в центре другой пластины для помещения оси вращения:

$$S = 0,5\pi(R^2 - r^2).$$

Если высота изоляторов, разделяющих две смежные неподвижные пластины, — D , а толщина пластины — t , то расстояние между соседними пластинами Э. к.

$$d = 0,5(D - t).$$

Следовательно наибольшая емкость C_{max} Э. к., т. е. его емкость, когда подвижные пластины полностью вошли в зазор между пластинами неподвижными, будет:

$$C_{max} = \varepsilon \frac{0,5\pi(R^2 - r^2)}{4\pi \cdot 0,5(D - t)}(n - 1) = \frac{(R^2 - r^2)}{4(D - t)}(n - 1).$$

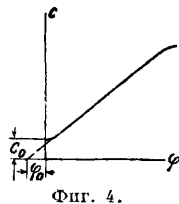
Если подвижные пластины вошли в зазоры не полностью, а лишь на некоторый угол φ° , то соответствующая емкость Э. к. определится следующим образом:

$$C_\varphi = \frac{\varphi}{\pi} C_{max},$$

т. е. емкость переменного Э. к. с круглым очертанием пластин пропорциональна углу поворота φ его подвижной системы. При этом кривая градуировки Э. к. будет прямой, ур-ие к-рой

$$C = c(\varphi + \varphi_0) = c\varphi + c\varphi_0 = a\varphi + b,$$

где φ — угол поворота, отсчитываемый по шкале Э. к., в градусах, φ_0 — отрезок на оси абсцисс, получаемый путем продолжения кривой градуировки и выраженный в градусах, c — величина емкости, приходящаяся на 1° шкалы. Прямолинейность эта однако сохраняется не по всей шкале; она нарушается в начале и в конце ее вследствие неравномерности поля у краев пластин (фиг. 4, кривая градуировки). Кривая не проходит через начало координат, иначе говоря, Э. к. при наибольшем выведении пластин все же обладает нек-рой начальной емкостью C_0 , к-рая нежелательна. Основной задачей при проектировании Э. к. переменной емкости является сведение величины начальной емкости к возможно меньшему значению, ибо при этом возрастает рабочий диапазон Э. к. Одним из способов уменьшения начальной емкости является срезывание краев подвижной пластины ($\sim 5^\circ$), так что в начальном положении (при $\varphi = 0$) взаимное положение пластин имеет вид, изображенный на фиг. 5.



Фиг. 4.



Фиг. 5. Э. к. с полукруглыми пластинами, применяемые в колебательных контурах, не дают прямолинейной зависимости между длиной волны и углом поворота пластин. Происходящие отсюда неудобства настройки контуров вызвали появление Э. к. со специальной формой пластин, обеспечивающих прямолинейную зависимость (т. н. прямоугольные Э. к.) и получивших большое распространение. Эти Э. к. характеризуются следующей зависимостью емкости от угла поворота:

$$C_\varphi = (a\varphi + b)^2,$$

где a и b — постоянные. Нахождение формы пластин такого Э. к. решается следующим образом. При угле поворота $\varphi = 0^\circ$ Э. к. характеризуется начальной емкостью

$$C_{min} = b^2,$$

откуда $b = \sqrt{C_{min}}$. При угле поворота $\varphi = 180^\circ$ Э. к. характеризуется максимальной емкостью:

$$C_{max} = (180a + b)^2,$$

откуда значение постоянной определится как

$$a = \frac{\sqrt{C_{max}} - \sqrt{C_{min}}}{180}$$

при любом значении угла поворота φ ; действующая поверхность подвижной пластины Э. к. д. б. пропорциональна разности $C_\varphi - C_{min}$. При этом надо учесть нерабочую площадь центрального выреза в неподвижной пластине. Если радиус этого выреза r , то нерабочая площадь будет

$$\frac{\pi r^2}{360} \varphi = \frac{r^2}{114,6} \varphi.$$

Т. о. действующая поверхность подвижной пластины будет

$$S_\varphi = k[(a\varphi + b)^2 - C_{min}] + \frac{r^2}{114,6} \varphi,$$

где k — коэффициент пропорциональности, зависящий от величины полной поверхности подвижной пластины. Если полная поверхность пластины S , то

$$S = k(C_{max} - C_{min}) + \frac{r^2}{114,6} 180,$$

откуда

$$k = \frac{S - \frac{r^2}{114,6} 180}{C_{max} - C_{min}}.$$

Значение радиуса-вектора кривой очертания поверхности подвижной пластины находим, исходя из след. соображений. Для небольшого приращения $d\varphi$ угла поворота приращение площади сектора радиуса R_φ будет

$$dS = \frac{\pi R_\varphi^2}{360} d\varphi,$$

откуда

$$R_\varphi = \sqrt{\frac{360}{\pi} \frac{dS}{d\varphi}} = \sqrt{114,6 \frac{dS}{d\varphi}},$$

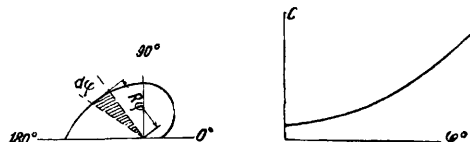
но

$$\frac{dS}{d\varphi} = 2ka(a\varphi + b) + \frac{r^2}{114,6},$$

следовательно

$$R_\varphi = \sqrt{114,6[2ka(a\varphi + b)] + r^2}.$$

Очертание такой поверхности изображено на фиг. 6, а ее градуировочная кривая — на фиг. 7. В условиях приема незатухающих колебаний



Фиг. 6.



Фиг. 7.

по способу биений такие Э. к. являются уже неудовлетворительными, т. к. в этом случае необходимо, чтобы Э. к. обеспечивал прямолинейную зависимость для частоты в ф-ии от угла поворота подвижной системы. Такие Э. к. носят название **прямоугольных**. Для получения прямолинейной зависимости между частотой и углом поворота φ необходимо, чтобы емкость Э. к. изменялась обратно пропорцио-

нально квадрату отсчета по его шкале, т. е. у-рие кривой градуировки д. б.

$$C_{\varphi} = \frac{1}{(a\varphi + b)^2}$$

Аналогично предыдущему имеем для этого случая следующие у-рия:

$$b = \frac{1}{\sqrt{C_{min}}}$$

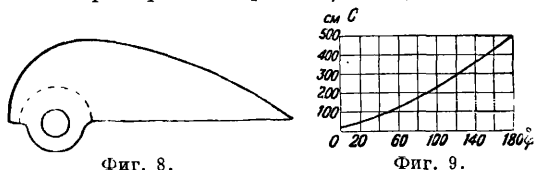
$$a = \frac{1}{180} \left[\frac{1}{\sqrt{C_{max}}} - \frac{1}{\sqrt{C_{min}}} \right]$$

$$S_{\varphi} = k \left[\frac{1}{(a\varphi + b)^2} - C_{min} \right] + \frac{r^2}{114,6} (180 - \varphi),$$

$$k = \frac{S - \frac{r^2}{114,6} \cdot 180}{C_{max} - C_{min}}$$

$$R_{\varphi} = \sqrt{114,6 \frac{2ak}{(a\varphi + b)^3} + r^2}$$

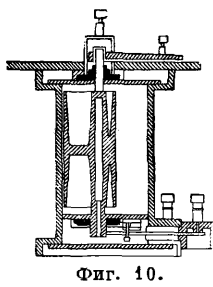
Построенная по кривой $R_{\varphi} = f(\varphi)$ поверхность имеет примерное очертание, изображенное на



фиг. 8, а кривая градуировки электрического конденсатора на фиг. 9.

Прецизионные Э. к. переменной и постоянной емкости являются неотъемлемой частью всякого радиотехнич. прибора как измерительного аппарата. Соответственно технич. требованиям по своей конструкции они приближаются к типу нормальных, но более совершенны в своем конструктивном оформлении.

Эталонные Э. к. Наиболее распространенный тип—система подвижных пластин различной конфигурации. Улучшение подобного типа Э. к. идет гл. обр. по пути усовершенствования привода к подвижной системе, уменьшения потерь и лучшего экранирования. Несмотря на большие достижения в смысле точной механич. сборки подобных Э. к. основным недостатком их все же остается влияние на точность



Фиг. 10.

отсчета смещения по линии оси вращения подвижной системы, т. е. устойчивость их градуировки нужно считать недостаточной. В результате поисков методов выполнения более точных переменных эталонов емкости был предложен целый ряд новых вариантов, напр. разработанный Мулленом (фиг. 10). Такой эталон состоит из двух коаксиальных цилиндров, причем изменение емкости производится изменением их взаимного положения. Емкость подобного Э. к. выражается ф-лой

$$C = \frac{l}{2 \ln(\beta + \sqrt{\beta^2 + 1})}$$

где

$$\beta = \frac{a^2 + b^2 - d^2}{2ab}$$

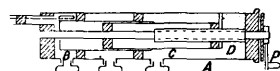
Здесь l —высота цилиндра, a и b —радиусы цилиндров, d —расстояние между центрами; d —величина, изменяющаяся с углом поворота Э (фиг. 11), к-рая м. б. определена из выражения:

$$d = \sqrt{AC^2 + AD^2 - 2AC \cdot AD \cos \theta}$$

В этой системе основной возможной погрешностью является смещение центра A . Уничтожение этого отклонения конструктивно более легко осуществимо, и поэтому у данных Э. к. можно добиться значительно большей точности.



Фиг. 11.



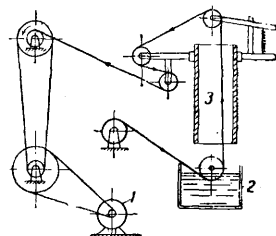
Фиг. 12.

Вторым возможным разрешением вопроса явился переменный Э. к. в виде двух концентрич. цилиндров, внутренний из к-рых выдвигается. На фиг. 12 дан поперечный разрез подобного Э. к., где A —внешний защитный цилиндр, C и B —цилиндры, представляющие переменную емкость. Металлич. ось D служит кроме механич. целей еще и задачам уменьшения концевых эффектов. Изменение суммарной емкости при вращении ручки P может быть вычислено из следующего выражения:

$$\Delta C = l \left[\frac{1}{\ln \left(\frac{b}{c} \right)^2} - \frac{1}{\ln \left(\frac{b}{d} \right)^2} \right]$$

Здесь l —длина, на к-рую смещается цилиндр, b —диаметр цилиндра B , c —диаметр цилиндра C , d —диаметр цилиндра D . Эта ф-ла получается из рассмотрения увеличения общей емкости от вдвигания цилиндра C в B и одновременного уменьшения емкости между C и D . Подбором диаметров и цилиндризм можно добиться почти прямолинейной характеристики $C = f(l)$.

Бумажные Э. к. Бумага как диэлектрик получила широкое применение в производстве Э. к. Дешевизна, хорошая диэлектрич. постоянная и высокая электрич. прочность позволяют применять ее для изготовления Э. к. низкого и высокого напряжения. Для первых употребляется главн. обр. парафинированная бумага, для вторых—бумага, пропитанная минеральным маслом или смолами

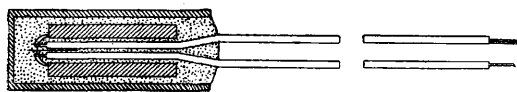


Фиг. 13.

(бакелитом, шеллаком). На фиг. 13 изображена схема установки для пропитки кабельной бумаги целлюлозным лаком (1—электродвигатель, 2—ванна с лаком, 3—сушильная печь с t° электронагрева $\sim 100^{\circ}$). Бумага, применяющаяся для конденсаторов, д. б. прочной, ровной, не должна иметь проводящих вкраплений и должна хорошо впитывать изолирующую массу. Эти бумаги изготовляют из сульфатной целлюлозы, холщового и льняного тряпья и т. п.

Бумажно-симметрирующие Э. к. Правильная и хорошая связь по телефонному кабелю в значительной степени зависит от величины переходных мешающих токов, возникающих вследствие влияния одних цепей на другие. Переходные токи в кабеле имеют гл. обр. емкостный характер, а поэтому вопрос об уменьшении их сводится к получению таких соотношений между частичными емкостями кабеля, при к-рых можно свести к минимуму индукцию между отдельными разговорными цепями кабеля. Способ симметрирования, разработанный фирмой Сименс-Гальске, заключается

в том, что измеренную емкость связь между цепями в кабеле устраняют подключением к соответствующим жилам специальных Э. к.; последние затем объединяются в виде пояса вокруг кабеля и закрываются конденсаторной муфтой. По своей конструкции симметрирующие Э. к. бывают двух типов: Э. к. на одну емкость и на четыре емкости, конденсаторы конструктивно тождественные, разница только в том, что у второго типа имеются четыре одинаковые емкости, расположенные в одном кожухе. Симметрирующие Э. к. Сименс-Гальске обладают следующими свойствами: 1) они выдерживают в течение 1 мин. испытание напряжением 2 000 В переменного тока при частоте 50 Нз; 2) сопротивление изоляции составляют в среднем 80 000 МΩ; 3) темп-ный коэф. емкости не выше 0,001 на 1°; 4) отношение утечки к емкости составляет 16 : 19. Эта величина м. б. представлена как произведение тангенса угла потерь на угловую частоту. Т. о. для немецких Э. к. $\omega \operatorname{tg} \delta = 16 : 19$. При частоте 800 Нз $\operatorname{tg} \delta = 0,003 \div 0,004$. Эти Э. к. изготавливаются емкостью 5 ÷ 600 μF , отличаются друг от друга не более чем на 5 μF , и свыше 600 μF , отличаясь не больше чем на 10 μF . На фиг. 14



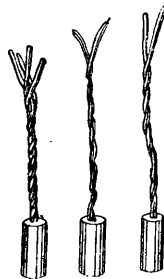
Фиг. 14.

изображена конденсаторная секция симметрирующего Э. к., состоящая из латунной разрезной гильзы диам. 5 мм и длиной 20 мм, на к-рую намотаны две ленты медной фольги толщиной 0,10—0,12 мм и шириной 20 мм и $4 \times 2 = 8$ лент кабельной бумаги марки КТ, пропитанной ацетил-целлюлозным лаком, имеющей в непропитанном состоянии толщину 0,07—0,08 мм. Концы бумажных лент заложены в разрез гильзы. Фольга заложена после того, как на гильзу был накручен один оборот бумаги. Ширина бумажных лент больше ширины фольги на 8 мм, а длина бумажных лент больше длины фольги на 50 ÷ 100 мм. Контактными секции служат плоские фольги, вырезанные из фольговых лент. Контакты располагаются диаметрально-противоположно друг другу. К ним припаяны концы выводов двух отрезков проводника диам. 0,75 мм с резиновой изоляцией, пропущенных внутри гильзы, служащей основанием секции. Длина выводов 200 мм. Для предохранения от разматывания секция стягивается двумя бабдажами из медной проволоки ф 0,5 мм. Места припайки выводов к контактам разделяются прессшпановым клином Т-образной формы. Секция помещена в корпусе цилиндрич. формы, дном к-рой служит кружок из прессшпана толщиной 1 мм. Вся секция залита в корпусе заливочной массой для предохранения от действия влажности. Внешний диам. корпуса

Э. к. емкостью до 150 μF составляет 16 мм, емкостью до 500 μF —19 мм, емкостью свыше 500 μF —22 мм. Внешний вид симметрирующих Э. к. указан на фиг. 15 (справа расположены два нормальных симметрирующих электрических конденсатора, слева один четверочный с четырьмя выводными проводниками, между которыми включены четыре равные емкости).

Бумажино-парафинированные Э. к., предназначенные лишь для нужд техники электр. связи, имеют в качестве диэлектрика бумагу, пропитанную парафином. Изготавливаются они путем сворачивания в катушку двух фольговых лент, разделенных нек-рым числом слоев бумаги. Сворачивание или намотка ведется на специальных станках, приводимых в движение ручную или электрическую приводом. Фольга употребляется оловянная или алюминиевая толщиной 0,008 ÷ 0,009 мм. В некоторых случаях вместо фольги применяется металлизированная бумага, т. е. бумага, на к-рую нагрессован тонкий слой олова (патент Леона Бриджа). Бумага применяется специальная высокосортная толщиной 0,009 ÷ 0,011 мм и весом ок. 10 г/м². Число слоев бумаги между двумя лентами фольги зависит от толщины применяемой бумаги и от напряжения, для к-рого предназначается Э. к. Получаемая после намотки конденсаторная «катушка», или секция, снабжается выводными контактами в виде полосок из тонкой листовой меди или медных проволок, обернутых фольгой. После намотки секция д. б. высушена. Обычно процессы сушки и пропитки ведут раздельно, но иногда объединяют в процесс проваривания сырых секций в пропиточном составе. Методы обработки конденсаторных секций весьма различны. Каждая фирма ведет изготовление Э. к. своим методом, применяя различные темп-ры, продолжительность процессов и комбинации вакуума и давления. Для иллюстрации разнообразия применяемых методов приводится табл. 1, в которой сделано краткое описание процессов обработки секций, применяемых различными фирмами.

После пропитки (в отдельных случаях до нее) производят прессовку секций для придания



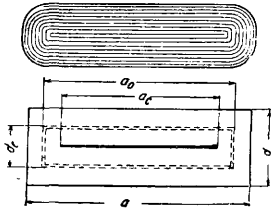
Фиг. 15.

Табл. 1.—Процессы обработки конденсаторных секций.

Фирма	Название операций	Продолжит. в часах	t°	p в мм Нг
3-д «Красная заря», Ленинград	Первая сушка	5	70 ÷ 80	p = 260 мм
	Вторая сушка	1/2 ÷ 1	110 ÷ 120	p = 110 мм
3-д «Мосэлектри», Москва	Пропитка смесью парафина с воском	1 ÷ 1 1/2	110 ÷ 120	Атм. давление
	Проварка в парафине	1 1/2 ÷ 2 1/2	150 ÷ 160	»
Одна из французских фирм	Остывание в парафине перед прессовкой	1/2	70 ÷ 80	»
	Первая сушка	120	115	»
Одна из американских фирм	Вторая сушка	480	107	Вакуум
	Пропитка трансформаторным маслом	—	—	—
Одна из английских фирм	Первая сушка	1	90 ÷ 105	Атм. давление
	Вторая сушка	4	90 ÷ 105	p = 12 мм
	Прессовка при 120 кг/см ²	—	—	—
	Третья сушка	2	90 ÷ 105	Вакуум
Одна из английских фирм	Пропитка парафином	2	90 ÷ 105	»
	»	1	90 ÷ 105	p = 7 ат(а)
	Сушка с усиленной вентиляцией внутри печи	8	140 ÷ 150	Атм. давление
	Пропитка парафином	2	100	Вакуум
	»	1/4	100	Атм. давление

им нужного габарита. Прессовка ведется также весьма разнообразным способом: иногда просто накладыванием груза, но чаще при помощи прессов ручных, винтовых, гидравлич. с противовесом и т. п. Спрессованные и остывшие секции испытываются на пробой, после чего измеряется их емкость. Секции, выдержавшие испытание, поступают в сборку, при к-рой применяют металлич. коробки (корпуса). После помещения секций в корпусе они снабжаются изоляционными крышками с выводными клеммами и заливаются парафином, после чего запечатываются заливочной массой в целях предохранения от влаги.

Основным элементом в расчете бумажно-парафинированного Э. к. является определение числа витков при заданных размерах шаблона, на к-рый производится намотка секции. Для упрощения расчета полагают, что секция имеет четыре плоские стороны (фиг. 16).



Фиг. 16.

равна ширине оправки, если оправка плоская, и равна половине длины окружности оправки, если оправка цилиндрическая. Емкость среднего витка плоского Э. к. равна сумме емкостей двух плоских Э. к. шириной пластины a_c и двух плоских Э. к. шириной пластины d_c

$$C_c = 2 \left(\frac{\epsilon a_c b}{4\pi n \delta_1} + \frac{\epsilon d_c b}{4\pi n \delta_1} \right) = \frac{\epsilon b}{2\pi n \delta_1} (a_c + d_c). \quad (A)$$

Если число витков секции обозначить через N и принять во внимание, что на каждый виток приходится два слоя фольги и $2n$ слоев бумаги, получим:

$$d = 2N(2\delta_2 + 2n\delta_1) = 4N(\delta_2 + n\delta_1)$$

и

$$a = a_0 + d = a_0 + 4N(\delta_2 + n\delta_1).$$

Зная внешние размеры секции, определяют размеры среднего витка:

$$d_c = \frac{d}{2} = 2N(\delta_2 + n\delta_1)$$

и

$$a_c = \frac{a_0 + d}{2} = a_0 + 2N(\delta_2 + n\delta_1);$$

подставляя значение a_c и d_c в ф-лу (A), получаем

$$C_c = \frac{\epsilon b}{2\pi n \delta_1} [a_0 + 4N(\delta_2 + n\delta_1)].$$

Полную величину емкости секции в см можно представить как секцию, состоящую из $2N$ Э. к. емкостью C_c канальей, соединенных параллельно (все размеры д. б. выражены в см):

$$C = 2NC_c = \frac{N\epsilon b}{\pi n \delta_1} [a_0 + 4N(\delta_2 + n\delta_1)].$$

Для определения числа витков N секции по ее емкости C решаем последнее уравнение относительно N , взяв у корня знак +

$$N = -\frac{B}{2A} + \sqrt{\left(\frac{B}{2A}\right)^2 + \frac{C}{A}} = -A_1 + \sqrt{A_1^2 + \frac{C}{A}}.$$

Здесь введены следующие обозначения: C — емкость секции в см;

$$A = 4 \frac{\epsilon b}{\pi} \cdot \frac{\delta_2 + n\delta_1}{n\delta_1}; \quad A_1 = \frac{B}{A} = \frac{a_0}{8(\delta_2 + n\delta_1)}.$$

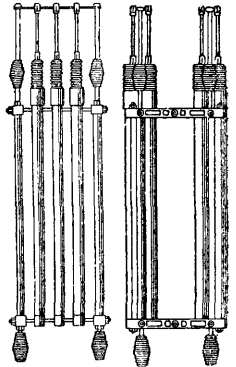
При расчете бумажного Э. к. большую роль играет вопрос о выборе материала. Вследствие недостаточной изученности свойств бумажного Э. к. и пропитанной бумаги привести исчерпывающие данные по этому вопросу не представляется возможным. Для каждого нового типа Э. к. этот вопрос должен решаться специальной экспериментально-исследовательской работой.

Э. к. с жидким диэлектриком (гл. обр. минеральным маслом), как и воздушные масляные Э. к. обладают большой надежностью в эксплуатации, т. к. случайный пробой масла не ведет к выходу Э. к. из строя. По сравнению

с воздухом масло имеет преимущество большей диэлектрич. постоянной и большей электрич. прочности, т. е. при одной и той же емкости и напряжении масляные Э. к. могут иметь значительно меньшие размеры, чем воздушные. В конструктивном отношении масляные Э. к. отличаются от воздушных тем, что они должны помещаться в специальных сосудах. Величина потерь и диэлектрич. постоянная масла зависят от приложенного напряжения, частоты, темп-ры, степени чистоты и влажности масла. Т. о. непостоянство диэлектрич. постоянной, а следовательно и емкости представляет недостаток масляных Э. к., что в нек-рых случаях ограничивает их применение.

Стекл я н н ы е Э. к. применяются в промышленности гл. обр. для фильтрующих контуров и защиты линий передачи от перенапряжений. Простейшими из них являются лейденские банки (см.). Для изготовления применяются свинцовые стекла (флинтгласы), достоинством которых являются высокая диэлектрич. постоянная и высокая электрич. прочность. Вследствие хрупкости стекла изготовлять его в форме тонких плоских листов трудно. Поэтому стекло применяется в больших относительно толщинах, в связи с чем эти Э. к. рационально применять на высоком напряжении. Недостатком стеклянных Э. к. является наличие значительных потерь, вследствие чего они мало пригодны для радиопередатчиков, работающих незагруженными колебаниями.

Конструктивное оформление отдельного элемента стеклянного Э. к. см. Лейденская банка, фиг. 2. Отдельные конденсаторы, из к-рых собирается батарея желаемой емкости, строятся для напряжений до 35 000 V_{eff}. При более высоком напряжении включаются последовательно как отдельные элементы, так и целые батареи. Конструируемые фирмой Moscisku (CSE) батареи электрических конденсаторов (фиг. 17) со многими элементами дают следующие величины емкостей для защищаемых ими напряжений установок:

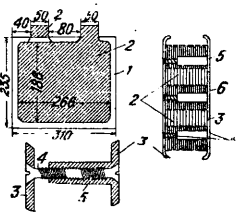


Фиг. 17.

От 0,139	до 0,551	μF для	включения при	10 kV
» 0,023	» 0,369	»	»	» 15 »
» 0,020	» 0,138	»	»	» 20 »
» 0,0130	» 0,092	»	»	» 30 »

Ст а т и ч е с к и е Э. к. (для улучшения $\cos \varphi$). Для этой цели применяются бумажные Э. к., пропитанные и залитые минеральным маслом. Главное качество их заключается в малом угле диэлектрич. потерь, сравнительно легком отводе тепла и высоком рабочем градиенте. Изготавливаются в виде стандартных единиц на напряжение 220, 380, 550, 3 800, 6 000 V (и выше) переменного тока. При изготовлении Э. к. для улучшения $\cos \varphi$ заграничные фирмы употребляют бумагу большей толщины, чем для телефонных конденсаторов. Англ. фирма «Telegraph Condenser Co.» употребляет бумагу толщиной 0,0125 мм, причем для рабочего напряжения 600 V при $f=50$ Hz берется 3—4 слоя. Герм. фирма «Hydra» применяет для рабочего напряжения 400 V при $f=50$ Hz три слоя сульфатцеллюлозной бумаги толщиной 0,015 мм.

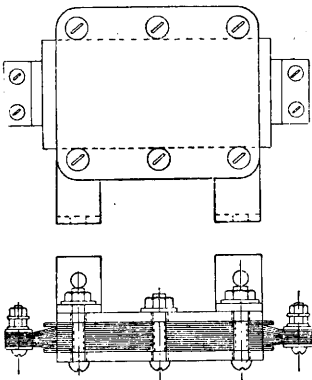
Америк. фирма «General Electric Co.» применяет бумагу $0,01 \div 0,0125$ мм с числом слоев $3 \div 54$ в зависимости от напряжения. Статич. Э. к. фирмы «GEC» представляет собой железный кожух с расположенными на крышке изоляторами и штуцером для заливки масла. Отдельная секция (фиг. 18) состоит из листов бумаги 1, перемежающихся листами алюминиевой фольги 2. Э. к. собирается из одной или нескольких секций, сжатых между двумя металлич. пластинами (щечками) 3 с помощью стяжных болтов 4.



Фиг. 18.

Одноименные обкладки спаяны, и к ним прикрепляется мягкий провод, который через токоведущий стержень проходного изолятора выводится наружу. (На фиг. 18: 5—латунная втулка со сквозной резьбой $\varnothing 15$ мм, 6—изоляция из прессшпана.)

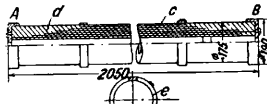
Слюдяные Э. к. получили чрезвычайно большое распространение. Главные достоинства слюды: а) высокая диэлектрич. постоянная, б) высокая электрич. прочность, в) малый угол потерь, г) возможность получения слюды в виде тонких гибких пластин. Недостаток—дороговизна, т. к. в производство должны идти лучшие сорта чистого без газовых включений мусковита, что усложняет конструкцию Э. к., заставляя для достижения большой емкости составлять пакеты из отдельных Э. к., соединяемых параллельно. При увеличении толщины пробивной градиент слюды быстро падает, поэтому слюдяные Э. к. на повышенное напряжение часто делают путем последовательного соединения отдельных Э. к. Напряжение, приходящееся на один элементарный Э. к., выбирают в зависимости от его назначения. Для Э. к. постоянного тока берут максимум 3 000 В при толщине слюды в $0,05-0,08$ мм, для переменного тока меньше, при радиочастотах > 300 В на $0,05-0,08$ мм. На фиг. 19 дан чертеж слюдяного Э. к. (Московского рентгеновского з-да) емкостью 6 000 ем, на рабочем напряжении 3 000 В, испытательное 5 000 В, при частоте 250 000 Hz (в корпусе, состоящем из двух металлич. пластин, с помощью шести болтов зажат сам Э. к.). Главное применение слюдяных электрических конденсаторов—колебательные контуры радиопередатчиков.



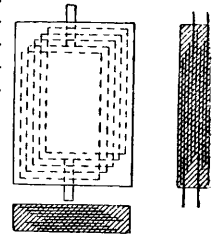
Фиг. 19.

Высоковольтные бакелитовые Э. к. Бакелитовая бумага за последнее время получила широкое применение в производстве высоковольтных Э. к. Изготовление их происходит следующим образом. Бумага типа кабельной толщиной $0,11-0,12$ мм или телефонная толщиной $0,05-0,06$ мм, служащая для их изготовления, предварительно покрывается с одной стороны слоем бакелитового лака, после чего подвергается сушке. При этом растворитель, обычно спирт, удаляется, оставляя в

порах бумаги бакелит А. Обработка бумаги производится на специальных пропиточно-сушильных машинах по схеме устройства «Вальтер Кельнер». При производстве самого Э. к. лакированная бумага в виде рулонов поступает к машине, производящей намотку. Намотка эта производится на оправку, установленную на особых вальцах, нажимающих на оправку и прижимающих к ней бумагу. Оправка предварительно нагревается, а вальцы все время прогреваются или электрически или пропуская через них перегретого пара (для того чтобы происходило расплавление бакелита и переход его в стадию В). Одновременно с наматыванием бумаги и склеиванием ее на нее по мере образования соответствующей толщины слоев накладываются станиольевые обкладки Э. к., заранее нарезанные на полосы нужной ширины. После намотки, для того чтобы перевести бакелит в окончательную стадию С, Э. к. «выпекаются» (сушатся) в особых сушильных шкафах или камерах при температуре порядка 120° в течение



Фиг. 20.

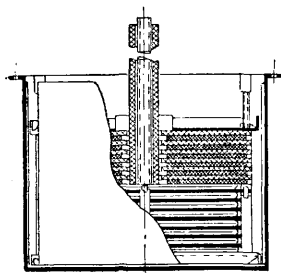


Фиг. 21.

примерно 12 час. При производстве плоских бакелитовых Э. к. лакированная бумага предварительно нарезается на листы, соответствующие размеру изготовляемого Э. к. Нарезанные листы накладываются друг на друга в таком количестве, чтобы из образованной стопки после прессовки получилась требуемая толщина диэлектрика. Подобным же образом по мере образования соответствующей толщины стопки сверху накладываются станиольевые прокладки, сдвинутые одна относительно другой в целях создания уступов для получения равномерного распределения потенциала. Набор подобного Э. к. помещают в просвет многоступенчатого гидравлич. подогреваемого пресса. Затем начинают подогрев и одновременно с подогревом постепенно повышают давление. Нагрев доводят до $140-160^\circ$, а давление до $30-70$ кг/см². Время просушки прессуемого Э. к. под давлением и нагревом колеблется в зависимости от толщины и сорта применяемого бакелита $4 \div 6$ часов. На фиг. 20 изображен высоковольтный бакелитовый цилиндрич. Э. к., предназначенный для работы в выпрямительных схемах рентгеновских аппаратов; его данные: емкость 0,018 мкФ, рабочее напряжение 110 кВ_{max} пульсирующего тока, испытательное напряжение в течение 10 м. 135 кВ_{max} пульсирующего тока. На фиг. 20 А и В—металлич. фланцы, к к-рым присоединены выведенные наружу выводы рабочих обкладок, d—рабочие обкладки конденсатора, с—выравнивающие дополнительные обкладки, e—охранное металлич. кольцо. Фланцы выполняются из чугуна и крепятся тремя винтами к телу Э. к. в соответственно высверленные для этого отверстия, расположенные под 120° . Выводы делаются из листовой латуни толщиной $0,1-0,5$ мм и шириной 15 мм. Накладка выводов при намотке производится с наружной стороны соответствующей секции Э. к. Дополнительные обкладки с соответствующей толщиной изоляции устраиваются для предотвращения

пробоя между внешней рабочей обкладкой и заземленными металлич. частями, которые располагаются на внешней поверхности Э. к. Охранные металлич. кольца устраиваются из условий разряда по поверхности, к-рый бы предшествовал радиальному пробоев Э. к. Изготавливаются они из латунной отливки и имеют радиальный разрез в целях предупреждения проявления индуктированных токов. На фиг. 21 изображен бакелитовый плоский высоковольтный Э. к., имеющий следующие данные: емкость 2 400 см, рабочее напряжение 55 kV_{max} выпрямленного тока, испытательное напряжение 75 kV_{max} выпрямленного тока в течение 10 мин. Производство таких конденсаторов в настоящее время налажено в Москве на заводе «Изолит».

Гидро конденсаторы с диэлектриком из бумаги толщиной 0,01—0,015 мм, пропитанной парафином, минеральным маслом или различными бакелитовыми составами. В зависимости от напряжения, на какое предназначен Э. к., бумагу укладывают в несколько слоев. Большое количество слоев не устраивают вследствие появляющихся при изготовлении осложнений конструкции. В этом случае для получения Э. к. на сравнительно большое напряжение приходится соединять несколько секций последовательно. Обкладками служат оловянная или алюминиевая фольга. Бумага и фольга приготавливаются в виде длинных лент, а намотка секций производится на специальных станках. Полученные т. о. секции просушиваются, пропитываются и подвергаются прессовке. Нек-рые фирмы оставляют секции цилиндрическими, другие же обжимают и придают им форму параллелепипеда. Для предохранения от проникновения влаги или пыли баки заполняют массой из парафина, церезина или же заливают маслом. Заливка маслом имеет преимущество по сравнению с твердой заливкой в том отношении, что вследствие циркуляции масла улучшается охлаждение конденсатора.



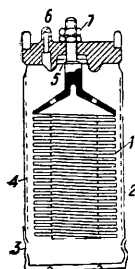
Фиг. 22.

Э. к. фирмы «Гидро-Верке» емкостью 0,008 μF на рабочее напряжение 120 kV_{max} и испытательное 180 kV_{max} представляет собой железный бак размером 375 × 461 × 215 мм с расположенным на крышке высоковольтным фарфоровым изолятором. Внутри бака помещен каркас, состоящий из двух металлич. пластин, между к-рыми с помощью шести изолированных болтов зажат сам Э. к. Каркас до краев бака залит специальной компаундной массой. Для изоляции Э. к. от стенок бака внутри его вдоль стенок проложены прессшпановые пластины, которые держатся в своем рабочем положении за счет трения вязкости заливочной массы. Сам Э. к. (фиг. 22) состоит из ряда последовательно соединенных секций, отделенных друг от друга перегородками фигурного очертания из трех слоев прессшпана. Фигурное очертание вызвано необходимостью создания вырезов (для помещения в них стяжных болтов и для удобства расположения выводов отдельных секций). Между верхней металлич. пластиной каркаса и верхней секцией Э. к. так-

же проложен ряд прессшпановых прокладок. Делясь на две чередующиеся группы, они имеют отличие только во внутреннем диам. отверстия, к-рое предназначено исключительно для прохода нижнего конца высоковольтного вывода. Необходимость этих прокладок вызвана следующими конструктивными соображениями. Нижняя пластина каркаса присоединяется к обкладке нижней секции Э. к. Т. о. сам каркас, а следовательно и сам бак Э. к., является одним из выводов Э. к. Вторым выводом служит проходной изолятор, к которому присоединяется верхняя секция. Поэтому при работе Э. к. под напряжением между верхней секцией и верхней металлич. пластиной каркаса существует полная разность потенциалов, для изоляции которой и служат прессшпановые прокладки. Устройство секции Э. к. таково: на полосу из прессшпана размером 360 × 120 × 0,8 мм наматывается 17 слоев конденсаторной ленты, состоящей из двух слоев фольги и десяти слоев бумаги, чередующихся в следующем порядке: 1) два слоя бумаги, 2) один слой фольги, 3) пять слоев бумаги, 4) один слой фольги, 5) три слоя бумаги. Данные бумаги: толщина одного слоя—0,065 мм, ширина 120 мм. Данные фольги: толщина одного слоя 0,01 мм, ширина 60 мм. Высоковольтный вывод имеет следующее конструктивное оформление. С крышкой бака жестко связан армированный на глазури проходной фарфоровый изолятор. Внутрь фарфорового вывода входит бакелитовый цилиндр, к-рый неплотно насажен на медную токоведущую трубу. Свободно опираясь нижним своим основанием на обкладку секции Э. к., вывод в верхней своей части имеет надлежащий контакт с металлич. фланцем фарфорового изолятора, шпилька к-рого является одной из клемм для подводки высокого напряжения. В целях наилучшего контакта между корпусом бака и нижней секцией Э. к. верхняя металлич. пластина каркаса соединена гибким проводом с крышкой бака путем зажимного болта.

Электротехнический Э. к. Достоинства: простота, дешевизна устройства и возможность получения больших емкостей. Они представляют собой две металлич. пластины, погруженные в электролит. Такая система приобретает свойства Э. к. благодаря явлению поляризации электродов, вследствие к-рой на положительном электроде образуется плохопроводящий налет. Образование этого налета и дало возможность изготавливать электролитич. Э. к., выдерживающие сравнительно высокие напряжения. Налет дают многие металлы, погруженные в соответствующий электролит, но практически получил применение алюминий. В качестве электролита американцы рекомендуют следующий рецепт: аммонийной соли лимонной кислоты [(NH₄)₂C₆H₅O₇]—425 г, лимонной кислоты (C₆H₈O₇)—368 г, фосфорнокислого аммония [(NH₄)₂PO₄]—150 г, калиевой соли лимонной к-ты (K₃C₆H₅O₇)—8 г, дистиллированной воды—1 000 см³; для приготовления электролита следует взять 50% этого раствора и к нему прибавить 25% глицерина и 25% чистого спирта. При этом растворе получается емкость ок. 0,06 μF действующей поверхности при напряжении в 150 V/см². Отложение налета производится постоянным или переменным током, причем на продолжительность отложения налета оказывают большое влияние плотность, частота тока и темп-ра электролита. Отложение налета на алюминии при тех же условиях, что и для

постоянного тока, при переменном токе протекает примерно в пять раз медленнее. Предельное напряжение, к-рое выдерживает налет, зависит только от состава и концентрации электролита, в к-ром формовался налет. Для алюминия, формованного в растворах из 25%-ного раствора указанных ниже солей, предельное напряжение для налета будет следующее: азотнокислый натрий—40 V, марганцовокислый калий—112 V, хлористый аммоний—112 V, двууглекислый аммоний—425 V, лимоннокислый аммоний—470 V, бура—480 V, лимонная кислота—536 V. Высокие диэлектрич. потери в электролитич. Э. к. при работе его в цепи переменного тока исключают возможность применять его в цепях тока высокой частоты. Поэтому электролитич. Э. к. используются гл. обр. в цепях постоянного тока. На фиг. 23 изображен промышленный тип электролитич. Э. к. амор. фирмы. Анодный электрод 1 сделан из гофрированного алюминия цилиндрич. формы, вверху заканчивающегося массивным стержнем, служащим выводом анода. Электрод с выводом составляют одно целое и сделаны из одного сплошного куска алюминия из тех соображений, чтобы уменьшить до минимума утечку Э. к. Анодный электрод помещается в латунном цилиндрич. сосуде 2, заканчивающемся снизу кофелем 3.



Фиг. 23.

Этот сосуд одновременно служит и катодом Э. к. Внутри сосуда находится экран 4, предохраняющий от возможности коротких замыканий в случае соприкосновения анодного электрода с сосудом. На анодный вывод надевается резиновое анодное кольцо 5, и затем сосуд закрывается резиновым кофелем. В крышке установлен специальный вентиляционный ниппель 6, сверху закрывающийся резиновой пленкой. Ниппель служит для выхода наружу образующихся в Э. к. газов, под давлением к-рых резиновая пленка, выполняющая роль выпускного клапана, вытягивается и приоткрывает выходное отверстие. С другой стороны, резиновая пленка не дает электролиту выливаться из сосуда при наклонном положении Э. к. Наружный конец анодного вывода имеет нарезку и снабжен зажимной гайкой 7, служащей для присоединения анода к сети. Катод включается в сеть с помощью специального патрона, в к-рый Э. к. ввинчивается своим кофелем.

Лит.: Шаров В., Радиотехнич. измерения и расчеты, Л., 1932; С и ж е в с к и й И., «СЭТ», Справ. книга для электротехников, т. 1, отд. 5, Л., 1928; Исследование процесса изготовления конденсатора без применения вакуума, «Известия электропромышленности слабого тока», 1932, 12, стр. 14—28; Бумажные конденсаторы для симметрирования междугородных телефонных кабелей, там же, 1932, 7—8, стр. 1—14; Бумажно-масляный конденсатор, там же, 1932, 7—8, стр. 14—25; Электрич. свойства бумажных конденсаторов з-да им. Орджоникидзе, там же, 1932, 4, стр. 20—27; К вопросу о высоковольтных конденсаторах, «Электротехнич. журнал», 1932, 8—9, стр. 3—7; Расчет бумажно-парафинированного конденсатора, «Вестник электропромышленности», 1931, 11, 12, стр. 561—565; Прецизионные конденсаторы, там же, 1931, 9, стр. 361—367; Электрические свойства и производство бумажно-парафинированного конденсатора, там же, 1931, 8, стр. 347—357; К вопросу о производстве бумажных конденсаторов для улучшения cos φ силовых установок, «Бюллетень ВЭО», 1930, 5, 6, 7, 8, 9; К вопросу о высоковольтных конденсаторах, «Электротехнический журнал», 1931, 9, стр. 16—19; Статический конденсатор для улучшения коэффициента мощности, «Вестник электропромышленности», 1932, 11, 12, стр. 417, 421; Электротехнический конденсатор, «Радиофронт», 1931, 7, 8, стр. 514—519; N i k i t a d s e A., D's Hlvsse Dielektrikum, Berlin, 1934; Bauer Fr., Der Kondensator in der Starkstromtechnik, Berlin, 1934.

А. Лысенко.

Э. к. в радиотехнике находит чрезвычайно разнообразное и широкое применение: 1) в колебательных контурах для настройки последних на заданную длину волны, 2) для связи колебательных контуров или цепей, несущих токи высокой частоты, между собой, 3) для обеспечения пути наименьшего сопротивления токам высокой частоты по сравнению с другими возможными путями—блок-конденсаторы Э. к., применяемые в 1-м и 2-м случаях, конструируются тл. обр., чтобы они, удовлетворяя всем прочим условиям, давали наименьшие потери. В Э. к., применяемых в 3-м случае, вопрос о потерях играет второстепенное значение, но очень часто большое значение приобретает электрич. прочность диэлектрика. Далее Э. к., применяемые в радиотехнике, м. б. классифицированы также: 1) по напряжению, к-рым их можно нагружать: а) Э. к. малой мощности, нагружаемые напряжением не выше 500 V (в приемных устройствах), и б) мощные Э. к., нагружаемые напряжением свыше 500 V (в передающих устройствах); 2) в зависимости от того, дают ли они возможность менять величину емкости или нет: а) Э. к. постоянной емкости, б) переменной емкости. В настроенных колебательных контурах, особенно в приемной радиоаппаратуре, применяются гл. обр. переменные Э. к. При радиочастотах изменяется и электрич. поведение Э. к. Это касается гл. обр. потерь, а также величин получаемых емкостей, к-рые в Э. к. изменяются в зависимости от частоты. При высоких частотах дают себя знать следующие потери: 1) потери на диэлектрич. гистерезис, определяемый тем, что часть заряда Э. к. задерживается в диэлектрике, выделяясь при перезарядках в тепло; 2) потери, обусловленные скин-эффектом, в пластинах и подводящих проводах; 3) потери на сопротивление утечки, вызываемой наличием проводимости в диэлектрике; 4) потери на сопротивление подводящих проводов; 5) потери на истечение электрич. зарядов с обкладок конденсатора (корона-эффект). В табл. 2 показана зависимость потери энергии W , угла потерь δ и эквивалентного сопротивления r от частоты для 1-го, 2-го, 3-го и 4-го случаев потерь. Табл. 2 показывает степень частоты ω и длины волны λ , которым пропорциональны W , δ и r .

Табл. 2.—Зависимость W , δ и r от ω и λ .

Род потерь	W	δ	r
Конденсатор с утечкой	ω^0	λ^0	ω^{-1}
Диэлектрич. гистерезис	ω^1	λ^{-1}	ω^0
Постоянное последование сопротивле- ния	ω^2	λ^{-2}	ω^1
Скин-эффект в про- водах	$\omega >$	$\lambda <^{-2}$	$\omega >^1$
		$\lambda <^{-1}$	$\omega >^0$
			$\lambda <^0$

Потери на истечение (случай 5) зависят от напряжения. При очень высоких напряжениях истечение так велико, что оно видно в форме «кистевых разрядов», исходящих с краев пластин и особенно сильно на углах и у острий. Емкость Э. к. также зависит от частоты, причём эта зависимость тем резче, чем больше потери. Э. к. с утечкой при увеличении частоты емкость свою уменьшает, стремясь при бесконечном увеличении частоты к емкости C , называемой геометрической емкостью; уменьшение емкости при этом пропорциональ-

но $1/\omega^2$, т. е. оно тем больше, чем ниже частоты. Диэлектрич. гистерезис вызывает менее значительное уменьшение емкости, пропорциональное $\frac{1}{\sqrt{\omega}}$. Самоиндукция Э. к., или самоиндукция подводящих проводов, вызывает увеличение емкости с частотой. Потери в Э. к. и изменение емкости с частотой зависят от материала диэлектрика. Наименьшие потери получаются при применении в качестве диэлектрика воздуха. По этой причине в радио в большинстве Э. к., особенно применяемых в колебательных контурах, в качестве диэлектрика служит воздух. Однако недостаточная диэлектрич. прочность воздуха заставляет при невозможности увеличивать значительно габариты Э. к. прибегать к другим диэлектрикам, из которых в радиотехнике находят применение главным образом слюда, обладающая большой диэлектрич. прочностью. В табл. 3 показаны величины угла потерь для наиболее распространенных диэлектриков при частоте 800 Hz и 600 kHz, а также эффективное напряжение пробоя между двумя пластинами для тех же диэлектриков.

Табл. 3.—Значение δ для некоторых диэлектриков.

Диэлектрики	Диэлектрич. постоянная ϵ	Сопротивление e , Ω -см	Угол потерь δ		Напряжение пробоя (кВ) между плоскими пластинами на расстоянии		
			800 Hz 10 ⁴	600 kHz 10 ⁴	0,2 мм	1 мм	10 мм
Слюда	5 ÷ 8	$2 \cdot 10^{15} \div 2 \cdot 10^{17}$	2 ÷ 10	1,7	19	60	500
Стекло	5 ÷ 9	$5 \cdot 10^{13}$	130 ÷ 240	4 ÷ 130	6	12 ÷ 20	90 ÷ 1 000
Бумага (парафин)	—	—	30 ÷ 100	480	—	30	180 ÷ 200
Пергианкс	4,8	$1 \cdot 10^9$	250	230 ÷ 390	—	—	100 ÷ 200
Парафин	$1,9 \div 2,2$	$1 \cdot 10^{10} \div 3 \cdot 10^{12}$	0,8	3 ÷ 9	—	30	90 ÷ 500
Воздух	1	—	0	0	1,2	3,2	23

Вместе с увеличением частоты уменьшается и прочность диэлектриков. Так напр., стекло при частоте 8,5 kHz в 2,5 раза по прочности меньше, чем при 50 Hz. По измерениям Джорджа слюда при увеличении частоты с 25 до 500 Hz в 1,28 раза слабее. Известны в практике радио случаи, когда Э. к., прекрасно выдерживающий испытания при 60 Hz, при высокой частоте после нескольких минут работы пробивается напряжением, значительно меньшим, чем он выдерживал при 60 Hz.

В современной приемной радиоаппаратуре обычно все контуры настраиваются вращением одной общей ручки. Для осуществления такой одновременной настройки вращающиеся пластины всех контурных Э. к., соответствующим образом расположенных, насаживаются на одну общую ось. В конденсаторных агрегатах, для этой цели состоящих из трех или четырех Э. к., каждый из них должен обеспечить однообразность градуировочной кривой и давать возможность подстраивать отдельные контуры. Для этой цели параллельно каждому отдельному Э. к. присоединяется маленький поправочный Э. к. и крайние пластины каждого Э. к. разрезаны радиальными шлицами, дающими возможность поправлять градуировочную кривую каждого Э. к. в отдельных секторах вращения пластин. В конструктивном отношении чрезвычайно важную роль в переменных приемных Э. к. играет устройство контакта вращающихся пластин с неподвижной станиной Э. к. В современных переменных приемных Э. к. этот контакт осуществляется одним из следующих способов: 1) спиральной пружинкой ленточкой, прикрепляемой с одной стороны к оси

Э. к., с другой, — к его станине; 2) пружинкой на оси или пружинным подпятником для оси; 3) точной приточкой втулки, обычно конусообразной, к оси (сужающейся) Э. к. Особое значение этот вопрос приобретает в Э. к., предназначенных для работы в коротковолновых приемниках. Здесь наиболее удачное решение вопроса дает Э. к. с последовательным промежутком (Series Gap), состоящий из двух последовательно включенных Э. к., у к-рых внешними пластинами, присоединяемыми к схеме, являются неподвижные пластины, подвижные же пластины соединены между собою через изолированную от прочих частей Э. к. ось. Следовательно в этом Э. к. не требуется вовсе осуществления контакта с вращающимися пластинами. Переменные электрические конденсаторы для приемной радиоаппаратуры изготавливаются как правило с воздушным диэлектриком. Но некоторые фирмы изготавливают переменные электрические конденсаторы с бумажной или пергианксовой изоляцией. Эти электрические конденсаторы находят применение главным образом в недорогих приемниках. Преимущество

их — компактность. Переменные электрические конденсаторы для передатчиков строятся примерно на тех же принципах, но в соответствии с применяемым напряжением увеличивается расстояние между пластинами и соответственно усиливается изоляция неподвижных пластин относительно станины электрических конденсаторов.

Лит.: Morescroft J., Pinto A. a. Curry W., Principles of Radio Communications, N. Y., 1933; Banneitz F., Taschenbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telefonie, B., 1927; Radio Instruments a. Measurements, «Bureau of Standards Circular», Wash., 74; Grover F., Simultaneous Measurement of the Capacity a. Power Factor of Condensers, «Bull. Bureau of Standards», Wash., 1907, v. 3, p. 371; Grover F., The Capacity a. Phasedifference of Parastined Paper Condensers as Functions of Temperature a. Frequency, ibid., 1911, v. 7, p. 495; Coffin J., The Effect of Frequency upon the Capacity of Absolute Condensers, «Physical Review», 1907, v. 25, p. 123; Hartshorn L., Power Loss in Condensers, «Experimental Wireless», L., 1926, v. 3, p. 225; Giebel E., Zickner G., Verlustmessungen an Kondensatoren, «Archiv für Elektrotechnik», B., 1922, v. 11, p. 109; Hartshorn L., Note on the Capacities of Small Air Condensers, «Journ. Scient. Instruments», 1924, v. 1, p. 305; Rayner E., The Design a. Use of an Air Condenser for High Voltages, ibid., 1926, v. 3; Bryan A., Sanders J., The Dielectric Constant of Air at Radio Frequencies, «Phys. Rev.», 1928, August, p. 302; Griffiths W., Notes on the Laws of Variable Air Condensers, «Experim. Wireless», L., 1926, January, v. 3; Wilmothe R., The Comparison of the Power Factors of Condensers, «Exper. Wireless», 1929, December, 1929, v. 6. П. Нукенин.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, упорядоченное движение электрич. зарядов. Внешне Э. т. проявляется в том, что тело, по к-рому он проходит: 1) всегда окружено магнитным полем и 2) выделяет тепло; последнее не имеет места только в том случае, когда проводящее тело находится в состоянии *сверхпроводимости* (см.). Первоначально Э. т. объяснялся движением особой «электрической жидкости». Впервые Максвелл на основе экспериментальных исследований Фарадея дал математическую теорию электромагнитных явлений вообще и теорию Э. т. в частности. В теории Максвелла устанавливается связь в форме дифференциальных уравнений между распределением и движением (током) электрич. зарядов и динамикой возбужденного

этими зарядами электромагнитного поля (см. *Максвелла уравнения*). Теория Максвелла устанавливает общие формальные соотношения между основными электромагнитными величинами, не входя в рассмотрение физич. природы этих величин. При этом основной закон Э. т.— закон Ома

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}, \quad (1)$$

где \mathbf{E} —напряженность электр. поля, \mathbf{j} —плотность Э. т., а σ —уд. проводимость, являющаяся для теории Максвелла опытным фактом. Задачей же физич. теории являются истолкование ур-ния (1) и объяснение наблюдаемых закономерностей для величины σ , гл. обр. в отношении ее зависимости от t^0 .

Согласно современным взглядам, представляющим дальнейшее развитие воззрений Лоренца, Э. т. есть фактич. движение электр. зарядов, причем движение упорядоченное, т. е. такое, что в каждом месте большинство электр. зарядов движется преимущественно в определенном направлении, а в двух достаточно близких точках эти направления не м. б. обратными. Электр. заряды распадаются на два резко разграниченных класса: 1) *электроны* (см.) и 2) *ионы* (см.).

Соответственно данному выше определению Э. т. обычно разделяли вещества на два класса: 1) вещества, по к-рым могут двигаться электр. заряды,—*проводники* и 2) вещества, по к-рым электр. заряды двигаться не могут,—*непроводники*, или *диэлектрики* (см.). Проводники разделяются на две группы: *металлические проводники* (твердые и жидкие), в к-рых имеет место движение электронов, и *электролиты* (см.), у к-рых имеет место движение ионов, и следовательно Э. т. связан с переносом вещества. Абсолютных непроводников не существует совсем (см. *Пробой*), однако одни вещества приближаются по своим электр. свойствам к идеальным непроводникам, другие, наоборот, показывают значительную электропроводность как электронного, так и ионного характера. Однако эта электропроводность имеет гораздо более низкий порядок величины, нежели электропроводность веществ из класса проводников, и обнаруживает также иную t^0 -ную зависимость. Эти вещества получили название *полупроводников*.

1. **Металлы.** По закону Ома при постоянной приложенной разности потенциалов по проводнику протекает Э. т. постоянной плотности. Так как Э. т. есть движение электронов, можно написать для плотности электр. тока выражение:

$$\mathbf{j} = ne \mathbf{u}, \quad (2)$$

предполагая, что все электроны движутся с одинаковой средней скоростью \mathbf{u} и что в единице объема имеется n электронов. Сравнивая это выражение с (1), мы имеем:

$$\mathbf{u} = \frac{\sigma}{ne^2} \cdot e \mathbf{E}.$$

Т. к. $e \mathbf{E}$ есть сила, действующая на электрон, мы видим, что скорость электрона пропорциональна действующей на него силе. Из механики известно, что это характерно для движения с трением. Следовательно закон Ома в сущности утверждает, что в металлах электроны движутся с трением. Согласно же представлениям кинетич. теории газов внутреннее трение обуславливается столкновениями между частицами, благодаря которым движение утрачивает упорядоченный характер и превращается в

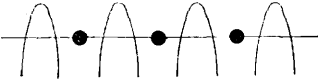
хаотич. тепловое движение. Т. о. под влиянием внешней постоянной силы (например электр. поля, если частицы несут заряды, или при наличии градиента t^0) частицы газа движутся с ускорением, а благодаря столкновениям накапливаемое в промежутке между двумя последовательными столкновениями количество движения рассеивается. В результате этих двух противоположно направленных процессов устанавливается стационарный поток, в к-ром средняя скорость частиц пропорциональна действующим на них силам. Рикке, Друде и Лоренц применили эти представления кинетической теории газов к электронной теории металлов. В современных терминах их представления соответствуют следующей физич. модели металла. От атомов отщепляется один или несколько электронов, а ионы размещаются в узлах кристаллич. решетки металла. Отщепленные же электроны остаются свободными и могут перемещаться в междоузном пространстве. Ионы не сидят неподвижно в узлах решетки, а совершают небольшие колебания около положений равновесия, в чем и заключается тепловое движение в твердых телах. Когда проходит электр. ток, электроны сталкиваются с ионами и передают им накопленную в промежутке между двумя последовательными столкновениями энергию, которая затем и выделяется в форме джоулева тепла. Столкновения электронов с ионами и есть согласно изложенным взглядам причина электрического сопротивления. При этом электроны рассматриваются как газ, состоящий из не взаимодействующих между собой частиц. Однако математическая обработка этих физических представлений привела к выводам, содержащим внутреннюю противоречия. Эти противоречия вызывались тем обстоятельством, что движение электронов изучалось с помощью методов обыкновенной механики, между тем частицы столь небольшой массы, как электроны, подчиняются законам квантовой механики (см. *Механика квантовая*). Т. о. в современной электронной теории металлов полностью сохранилась прежняя физич. модель, но благодаря применению новых принципов при изучении движения электронов эта модель получила несколько иную интерпретацию и при этом были получены лишние внутренних противоречий результаты.

Чтобы получить физич. картину движения электронов в металле, исходя из наглядных представлений, вспомним, что с точки зрения квантовой механики движение электронов гораздо более напоминает распространение световых волн, нежели движение материальных частиц. В частности отсюда вытекает возможность перехода электрона через барьер потенциальной энергии также и в том случае, когда высота этого барьера больше энергии электрона. Предположим, что электрон движется с энергией W в пространстве, свободном от всяких сил (фиг. 1) и в нек-ром месте встречает барьер потенциальной энергии, высота к-рого $U > W$. Тогда имеется определенная вероятность того, что электрон не отразится от барьера как это следовало бы по классич. механике, а будет продолжать двигаться за барьером. Слово «вероятность» здесь можно интерпретировать т. о., что если бы двигался не один электрон, а много, то часть из них отразилась бы



обратно, а другая часть прошла бы через барьер. Этот эффект, если представлять себе движение электрона как распространение волны, является аналогом дифракции световых волн, к-рые могут огибать встречающиеся на своем пути препятствия и продолжать свой путь за ними. Этот результат остается справедливым также и в том случае, когда электрон встречает не один, а целую последовательность потенциальных барьеров.

Предположим теперь, что ионы не совершают теплового движения, а сидят неподвижно в узлах кристаллической решетки. Тогда внутри металла имеется периодич. потенциальное поле, к-рое в каком-нибудь направлении может иметь форму, примерно изображенную на фиг. 2. Тогда электрон согласно вышесказанному может беспрепятственно распространяться по металлу без всякого сопротивления.



Фиг. 2.

Движение электрона в этом случае будет вполне аналогично распространению световых волн в среде с периодическим показателем преломления. Такая среда, остающаяся для света прозрачной, может быть получена, если наложить друг на друга ряд плоско-параллельных пластинок с различными показателями преломления. Конечно отсюда отнюдь не вытекает, что движение электрона в периодич. поле совершенно аналогично движению в свободном пространстве, точно так же как и распространение света в столбике, составленном попеременно из двух сортов пластинок, не вполне аналогично распространению в совершенно однородной среде, и нужно отметить, что при определенных условиях движение электрона в металле, а также и распространение света в нашем столбике становятся невозможными. Однако для нас существенным является тот результат, что, вообще говоря, периодич. поле само по себе не есть причина электрич. сопротивления, что в металлической решетке электрон может без всяких внешних воздействий двигаться прямолинейно и равномерно. Это значит, что при наложении электрич. поля он двигался бы с ускорением, а это и значит, что электрич. сопротивление равно нулю. Кроме этого из изложенных представлений сейчас же вытекает еще один чрезвычайно важный результат. До сих пор, говоря об электроне, движущемся в металлич. решетке, мы подразумевали «свободный» электрон — электрон, отщепившийся от атома. Однако дело по существу не меняется, если электрон прочно связан с атомом, т. к. в этом случае изменится только форма периодич. потенциального поля—барьеры между отдельными ионами станут выше и шире, но у электрона попрежнему останется возможность переходить от одного атома к другому. Прочная связь скажется только в том, что электрон связанный движется с меньшей скоростью, чем свободный, обладающий той же энергией. Этот результат имеет глубокий физич. смысл, т. к. он показывает, что вещества, электроны к-рых прочно связаны, отнюдь не являются еще диэлектриками, как это думали прежде.

Изложенные представления позволяют нам без труда найти причину электрич. сопротивления. Предположим, что мы имеем очень мелкий порошок из стеклянных осколков. Тогда, несмотря на то что каждый осколок является прозрачным, общая масса будет непрозрачной

для света. Объясняется это неправильным отражением света. Совершенно аналогично обстоят дело и в случае движения электронов, если периодическое поле внутри металла претерпевает в различных местах хаотич. возмущения, — металл становится для электрона непрозрачным. При наложении электрич. поля оно будет сообщать электрону скорость в своем направлении, кроме того электроны будут рассеиваться в местах искажений. В результате получится поток электронов, пропорциональный приложенному полю, что и является характерным для электрич. сопротивления. Происхождение искажений в металлич. решетке обуславливается тепловым движением ионов, вследствие которого они совершают хаотич. колебания около положений равновесия. Эти неправильные колебания и являются источником нарушения правильной периодичности кристаллов. Отсюда вытекает, что электрическое сопротивление должно зависеть от t° . Правда, в этой теории t° -ная зависимость обусловлена тепловым движением ионов, в старой же теории она объяснялась тем, что средняя скорость теплового движения электронов зависела от t° . Это обстоятельство приводило к противоречиям и оказалось неверным. Благодаря способности ионов колебаться около положений равновесия электроны могут обмениваться с ионами энергией, превращая т. о. частично свою механич. энергию в тепловую энергию металлической решетки, которая затем и выделяется в форме джоулева тепла. Точка зрения современной теории на происхождение температурной зависимости электрического сопротивления находит между прочим свое подтверждение в характере этой зависимости для электропроводности при низких t° . Точная математич. обработка изложенных здесь представлений приводит к следующим результатам (в полном согласии с экспериментальными фактами): в области высоких t°

$$\sigma = \frac{\text{Const}}{T}, \quad (3)$$

в области низких t°

$$\sigma = \frac{\text{Const}}{T^3} \quad (4)$$

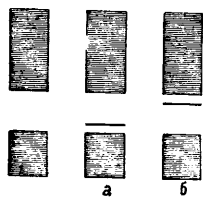
(T —абсолютная температура).

Для получения последнего результата является существенным предположение, что искажения решетки обусловлены тепловыми колебаниями ионов, которые при низких t° имеют несколько отличный характер, чем при высоких. При этом существенно отметить, что понятия «низкая» и «высокая» t° имеют здесь совершенно определенный смысл. Для всякого тела имеется характеристич. (т. н. дебаевская) t° , определяемая его упругими свойствами, по обе стороны которой тело ведет себя различно в отношении своих тепловых свойств. Обычно—это t° порядка нескольких сот абсолютных градусов. Другие источники искажения решетки могут вызываться внутренними натяжениями, обусловленными неправильностью роста кристалла, а также искажениями вследствие присутствия посторонних атомов. Для искажений этого рода характерна их статич. природа—они являются неподвижными, и обусловленное ими сопротивление не зависит от t° . Такого рода «остаточное сопротивление» действительно на опыте наблюдается. Рассеяние электронов на искажениях статического характера не может сопровождаться обменом энергией. Отсюда вытекает, что это добавочное сопротивление при

расчете джоулева тепла во внимание приниматься не должно.

Изложенная теория является неполной. Ф-ла (4) показывает, что сопротивление исчезает только при абсолютном нуле, между тем, как известно, у многих веществ наблюдается $t^{\circ}_{крит.}$ (обычно порядка нескольких абсолютных градусов), ниже которой сопротивление равно нулю. Тепло переходит в состояние *сверхпроводимости* (см.). До сих пор построить строгую количественную теорию этого явления не удалось. Многократно высказывались предположения, что для объяснения этого явления необходимо учесть взаимодействие между электронами, которое до сих пор теорией во внимание не принималось. Недавно Френкель развил качественную теорию сверхпроводимости, в которой выясняется решающая роль взаимодействия между электронами, для объяснения явления сверхпроводимости. Недостатки другого рода современной теории металлов связаны с слишком схематич. учетом структуры самого металла. Так, до сих пор еще нет удовлетворительной теории, объясняющей зависимость электропроводности от давления (эффект Бриджмена).

2. Электронные полупроводники. Существенным результатом квантовой теории является то обстоятельство, что механич. система может иметь не любые значения энергии, а только ряд дозволённых энергетич. уровней, которые образуют иногда дискретный ряд, иногда — сплошной, иногда — смешанный. Для системы электронов в кристаллич. решетке характерно распределение дозволённых энергетических уровней на ряд дискретных «полос» (фиг. 3), внутри которых они образуют практически сплошной спектр. Ширина этих полос, а также ширина «запретных» зон зависит от двух факторов: от системы дозволённых уровней в изолированных атомах данного вещества и от кристаллической структуры твердого тела, образованного из этих атомов. Система является настолько сложной; что заранее предвычислить величины этих уровней и их взаимное расположение оказывается совершенно невозможным. Однако можно все же высказать ряд общих соображений. Можно напр. показать, что чем прочнее электроны в решетке связаны с атомами, тем уже полосы и тем шире запретные зоны. Возможны и такие случаи, когда полосы налегают друг на друга. Эти общие соображения имеют большое значение, если принять во внимание эмпирич. закон, известный под именем принципа Паули: на одном и том же энергетич. уровне может находиться не больше двух электронов данной системы. Этот закон является как бы коррективом к столь же общему принципу минимума энергии, согласно которому механич. система в устойчивом состоянии (движения или равновесия) должна обладать минимумом энергии. Без принципа Паули этот закон приводил бы к тому, что в «нормальном» состоянии все электроны находились бы на самом нижнем уровне первой полосы. С учетом принципа Паули он приводит к тому, что электроны располагаются последовательно, начиная с самого нижнего по два на каждом уровне, т. ч. в этом случае минимальное возможное значение полной энергии будет больше, чем в первом случае.



Фиг. 3. Фиг. 4.

Предположим теперь, что число электронов в нашей решетке в точности равно удвоенному числу уровней в первой полосе (практически всегда приходится иметь дело с первыми двумя полосами) и что «зазор» между первой и второй полосами довольно велик. При наложении электрического поля электроны будут ускоряться и переходить с одного уровня на другой. Но т. к. все уровни первой полосы уже заняты, а вторая полоса находится слишком далеко и недостаточно сильное поле не в состоянии перебросить туда электроны, электрич. тока в таком теле очевидно быть не может: тело является диэлектриком. Т. о. мы видим, что свойства вещества быть проводником или диэлектриком определяются не столь прочностью связи электронов с атомами, как соотношением между числом уровней в полосе и числом электронов. Конечно первый фактор играет также роль, поскольку, как было указано, более прочной связи соответствуют более узкие полосы, а следовательно более широкие запретные зоны. В металлах возможны разные случаи. Напр. в случае щелочных металлов верхняя половина первой полосы оказывается свободной; в случае щелочноземельных — вся первая полоса занята, но вторая налегает на первую, т. ч. поле в состоянии перебрасывать туда электроны. Переходя к электронным полупроводникам, мы можем определить их как такие вещества, к-рые являются при абсолютном нуле идеальными диэлектриками, но у которых зазор между первой и второй полосами настолько невелик, что тепловое движение, начиная с известной t° , уже в состоянии перебрасывать в верхнюю полосу электроны. Тогда электропроводность такого вещества будет обуславливаться наличием свободных мест в первой полосе и присутствием электронов во второй. В отношении механизма электропроводности для полупроводников остается справедливым все сказанное относительно металлов, хотя внешне будут проявляться другие закономерности. Так как электропроводность σ естественно пропорциональна числу принимающих участие в движении электронов, полупроводники будут характеризоваться чрезвычайно малой по сравнению с металлами уд. электропроводностью. В случае металлов число участвующих в проводимости электронов не зависело от t° и потому в ф-лах (3) и (4) оно было включено в Const. Здесь же, т. к. перебрасывание электронов во вторую полосу обусловлено тепловым движением решетки, число электронов проводимости существенно зависит от

t° ; оно пропорционально $e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}$, где ΔW — ширина запретной зоны, k — постоянная Больцмана. Тогда зависимость электропроводности от t° будет выражаться ф-лой:

$$\sigma = \text{Const} \frac{e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}}{T^{\alpha}}, \quad (5)$$

где α — небольшое число. Отсюда видно, что уд. электропроводность в противоположность тому, что мы имеем в металлах, будет (до известного предела) расти с t° . Это действительно экспериментально и наблюдается у полупроводников. Полупроводники такого типа согласно введенной Фаулером терминологии называются *стинными*. Существуют однако вещества, которые сами по себе не являются полупроводниками, т. к. у них зазор между по-

лосами слишком велик. Однако в этих веществах могут иметься примеси, которые обладают уровнем, лежащим внутри запретной зоны. При этом возможны два следующих случая: 1) атомы примеси имеют свободный уровень, который лежит вблизи верхней границы первой полосы; 2) уровень атома занят, но он лежит вблизи нижней границы второй полосы (фиг. 4, а и б). В обоих этих случаях мы имеем полупроводники, хотя они и отличаются несколько по своим свойствам.

3. Твердые электролиты. Переходя к веществам с ионной проводимостью, нужно заметить, что вследствие большой массы ионов (по сравнению с массой электронов) движение ионов как целых может изучаться методами обычной механики. В частности в случае твердых электролитов встает вопрос о возможности и характере движения ионов в кристаллич. решетке. Физич. картина движения ионов в гетерополярной кристаллич. решетке дана в 1926 г. Френкелем и развита в самое последнее время Иостом. Совершая тепловое движение, ионы колеблются возле своих положений равновесия в узлах решетки. Вследствие хаотич. характера этих колебаний в каком-нибудь месте может произойти флуктуация энергии, в результате к-рой ион может вылететь из своего положения равновесия в «междуюнное» пространство. Т. к. в междуюнном пространстве имеются локальные минимумы энергии (хотя и более высокие, чем нормальные), ион может застрять в такой «яме»; на месте же нормального положения иона будет «дырка», к-рая будет вести себя, как заряд знака, противоположного знаку вырванного иона. Колеблясь около нового иррегулярного положения равновесия, ион может перейти в соседнее иррегулярное и т. д. Так как такие переходы обусловлены флуктуациями энергии, то на основании самых общих соображений статистической механики можно показать, что вероятность такого перехода, а следовательно и число диссоциированных ионов пропорциональны

$$A \cdot e^{-\frac{U}{2kT}},$$

где A —слабо зависящая от T величина, U —работа перехода иона из нормального в иррегулярное положение, e —основание натуральных логарифмов. При наложении электрич. поля могут иметь место два процесса: 1) диссоциированные ионы под действием электрич. поля будут перемещаться из одного иррегулярного положения в соседнее преимущественно в одном направлении; 2) ионы, колеблющиеся около соседних нормальных положений равновесия, могут переходить в образовавшуюся дырку, причем этот процесс также будет происходить преимущественно в одном направлении. Последний процесс Френкель рассматривает как движение дырки в направлении, обратном движению ионов. Вероятности таких переходов также определяются выражениями приведенного вида, откуда следует, что и электропроводность будет иметь вид

$$\sigma = \text{Const} \cdot e^{-\frac{W}{kT}}, \quad (6)$$

тот же, что и для электронных полупроводников. Такая темп-рная зависимость действительно наблюдается на опыте. Эта теория объясняет чрезвычайно существенный факт, что очень часто ток в кристалле обуславливается

движением только какого-нибудь одного сорта ионов, чаще всего положительных. Раньше это объясняли исключительно размерами ионов, исходя из геометрич. соображений. Однако такое объяснение не совсем удовлетворительно, т. к. выход иона из нормального положения связан с такими искажениями решетки, что геометрич. препятствия для движения больших ионов не окажутся значительными. Кроме того маленькие ионы прочнее связаны с нормальными положениями равновесия. С точки зрения изложенной теории, как показал Иост, это объясняется тем, что маленькие ионы сильнее поляризуют кристалл, вследствие чего работа перехода иона уменьшается, а его вероятность, а следовательно и электропроводность возрастают.

4. Жидкие электролиты являются наиболее типичными ионными проводниками. Это—одна из наиболее исследованных областей с экспериментальной стороны, а некоторые вопросы также достаточно хорошо разработаны и теоретически. В дальнейшем для наглядности под жидкими электролитами понимаются водные растворы солей. В жидкостях движение ионов уподобляется движению обычных микроскопич. шаров в вязких жидкостях, причем т. к. вследствие трения ион под влиянием электрич. поля движется равномерно, то электропроводность растворов в основном определяется нек-рой средней скоростью движения ионов, т. н. подвижностью, определяемой равенством:

$$\beta = \frac{1}{e},$$

где e —коэф. трения иона, который удовлетворяет ур-ию

$$e \cdot E = e \cdot u;$$

здесь e —заряд иона, E —приложенное поле, u —скорость движения иона при данном поле. Существенными факторами, влияющими на подвижность ионов, являются следующие три: структура самого растворителя, взаимодействие ионов с молекулами растворителя, взаимодействие ионов между собой. Роль первого фактора обусловлена тем, что от структуры жидкости зависит ее вязкость, а следовательно и подвижность ионов. Тут гл. обр. имеет значение то обстоятельство, что многие жидкости, в частности вода, построены не из отдельных молекул, а из больших комплексов молекул, согласно взглядам некоторых современных исследователей даже из микрокристалликов, что, во-первых, сильно увеличивает вязкость, а, во-вторых, делает растворитель чрезвычайно чувствительным к изменению тех или других физических условий. Влияние второго фактора сводится гл. обр. к электростатич. взаимодействию ионов с молекулами растворителя, к-рое приобретает особенно большое значение в том случае, когда растворитель, как это например имеет место у воды, является полярным—его молекулы обладают дипольным моментом. В этом случае играет большую роль гидратация ионов—б. или м. прочное связывание молекул воды с ионами. Гидратированные ионы имеют больший радиус и следовательно обладают большим коэф-том трения и меньшей подвижностью. Как правило размеры гидратной оболочки тем больше, чем меньше размеры иона, потому что маленький ион может удержать около себя благодаря более интенсивному полю большее число молекул воды. Этим объясняется тот на первый взгляд непонятный факт,

что ион меньшего радиуса обладает меньшей подвижностью, тогда как нормально должно было бы быть наоборот. Гидратация ионов играет большую роль особенно в том отношении, что она также чрезвычайно чувствительна к различного рода изменениям физич. условий, в частности к изменениям концентрации ионов в растворе, и делает благодаря этому и электропроводность чувствительной к тем же изменениям условий. Экспериментальное изучение эффекта гидратации чрезвычайно затруднено невозможностью отделить его от эффекта ассоциации или полимеризации жидкости, так как все это тесно связано между собой. Теоретические пути для исследования этих вопросов только намечаются.

Макс Борн указал и теоретически разработал еще один эффект взаимодействия ионов с молекулами растворителя. Если непосредственно прилежащие к иону молекулы растворителя прочно с ним связываются, то взаимодействие с более удаленными сводится к ориентации их дипольных моментов по направлению поля. Т. о. вокруг иона вода поляризована. При движении иона поляризация воды не сразу исчезает в том месте, откуда только что ушел ион, а по истечении известного промежутка времени (времени релаксации), которое зависит от вязкости жидкости. Вследствие этого возникает дополнительное поле, противодействующее движению иона, т. е. уменьшается его подвижность. Следует отметить, что все более и более выясняется необходимость учитывать в вопросах взаимодействия ионов с растворителем, кроме чисто электростатич. сил, также и химизм явлений. Однако теория химич. сил еще недостаточно разработана, чтобы ее прилагать к таким сложным системам. Наиболее разработана теоретически (для малых концентраций) вопрос о влиянии взаимодействия ионов на электропроводность. Теория этого эффекта в настоящее время с исчерпывающей полнотой разработана Онзагером на основании физич. представлений, высказанных сперва Дебаем и Гюккелем (в последние годы Дебаем и Фалькенгаеном). Еще в 1923 г. Дебай и Гюккель показали, что вокруг какого-нибудь иона создается всегда «ионная атмосфера», образованная главным образом ионами противоположного знака. Это нужно понимать так, что если мы сосредоточим наше внимание на каком-нибудь, скажем, положительном ионе и будем наблюдать за проходящими мимо него ионами, то в среднем мимо него будет проходить больше отрицательных ионов, чем положительных. Если избранный нами ион неподвижен, то ионная атмосфера будет обладать сферической симметрией. При наложении электрич. поля будут иметь место два процесса. Прежде всего будет релаксационный эффект, аналогичный борновскому эффекту в случае взаимодействия с растворителем. В самом деле при перемещении иона в течение промежутка времени, меньшего времени релаксации (т. е. практически времени исчезновения старой или времени создания новой) ионной атмосферы, оставшаяся позади него атмосфера еще не исчезнет и, так как в ней имеется излишек отрицательного заряда, она будет притягивать ион назад, тогда как впереди ионная атмосфера еще не успеет построиться, и ион будет встречать излишек (по сравнению со статическим случаем) положительных ионов. Они будут его отталкивать обратно. В результате эта асимметрия ионной атмосферы

приведет к уменьшению подвижности иона. Далее будет иметь место чисто электрокинетич. эффект, известный под именем э л е к т р о ф о р с з а, к-рый обусловлен тем обстоятельством, что окружающие избранный ион заряды противоположного знака под действием электрич. поля двигаются в обратном направлении, увлекая при этом с собой и воду. Т. о. наш ион как бы движется не в покоящейся воде, а в идущем навстречу ему потоке. Это является дополнительным фактором, уменьшающим подвижность ионов. Математич. развитие этих идей приводит к следующей зависимости электропроводности от концентрации:

$$\sigma = a + b \sqrt{c}$$

(a и b —постоянные, c —концентрация), известной из опыта под именем з а к о н а К о л ь р а у ш а. Помимо этого дебаевские представления о ионной атмосфере нашли непосредственное подтверждение в ряде специфич. явлений, связанных с релаксационными свойствами ионной атмосферы. Так напр., можно ожидать, что при очень сильных полях, когда ион за время, меньшее времени релаксации, успевает выйти за пределы ионной атмосферы, ее тормозящее действие не будет сказываться. Этот эффект, проявляющийся следовательно в увеличении подвижности ионов в случае очень сильных полей, действительно наблюдается Вином. Кроме того имеются специфич. эффекты в случае наложения переменных полей. Напр. при переменных полях с периодом, меньшим времени релаксации, также будет исчезать тормозящее действие ионной атмосферы. Так как мы представляем себе ионную атмосферу покоящейся, то она действует тормозяще при уходе иона и в такой же степени ускоряюще при его возвращении к прежнему месту. Необходимо однако отметить, что в области больших концентраций теория встретила пока непреодолимые трудности, связанные с необходимостью учитывать более субтильную его структуру, а не характеризовать его только зарядом. В этой области должна войти в свои права квантовая механика.

5. Прохождение электричества через газы. Электропроводность газов объясняется присутствием ионов или электронов в газах, которые обычно создаются либо какими-нибудь внешними агентами (свет, рентгеновы лучи, катодные лучи и т. п.) либо вследствие теплового движения. Практически в газах всегда имеются заряды. Ионы и электроны в газах могут двигаться свободно, и все особенности, наблюдающиеся при электрических разрядах в газах, обуславливаются лишь взаимодействием самих ионов (см. *Разряд электрический*). Характер электрического разряда будет определяться двумя факторами—объемными зарядами и рекомбинацией ионов. Образование объемных зарядов определяется распределением скоростей ионов, внутренним полем, рекомбинацией ионов. В свою очередь они определяют распределение потенциала в разрядной трубке. Рекомбинация ионов определяется тем полем, в к-ром ионы двигаются, и их индивидуальными свойствами. Типичная зависимость силы тока в газе от напряжения приведена на фиг. 5. Первый участок кривой, соответствующий линейному



Фиг. 5.

росту тока с напряжением (в согласии с законом Ома), объясняется возрастанием скорости ионов с напряжением. В этом случае число рекомбинирующих ионов чрезвычайно велико. Второй участок кривой, соответствующий току насыщения, объясняется тем, что число создающихся в газе ионов в точности компенсируется числом рекомбинирующих. Дальнейший подъем кривой связан с возникновением ударной ионизации, приводящей к лавинообразному току и к *тробу* (см.).

Лит.: Д а р р о у В., Статистическая физика и электронная теория металлов, пер. с англ., М.—Л., 1933; В а л ь т е р А. и др., Физика диэлектриков, М.—Л., 1932; С а м о й л о в и ч А., Природа электрического сопротивления металлов, «Электричество», М., 1931, 18; А р с е н ь е в а А. и Б р о н ш т е й н М., Физические свойства электронных полупроводников, «Журнал технической физики», М., 1932, т. 2, стр. 919; К о м п т о н К. и Л э н г м у р И., Электрические разряды в газах, «УФН», 1931, т. 11, вып. 1 и 2; B r i l l o u i n L., Die Quantenstatistik u. ihre Anwendung auf die Elektronentheorie d. Metalle, В., 1931; F a l k e n h a g e n H., Elektrolyte, Lpz., 1932; P e i e r l s R., Elektronentheorie d. Metalle, «Ergebnisse d. exakten Naturwissenschaften», В., 1932, В. 11, p. 265; F r e n k e l J., Zur wellenmechanischen Theorie d. metallischen Leitfähigkeit, «Ztschr. für Physik», В., 1928, В. 47, p. 819; F r e n k e l J., On the Possible Explanation of Superconductivity, «The Physical Review», L., 1933, v. 43, p. 907; F o w l e r R., Report on the Theory of Semi-Conductors, «Physikalische Ztschr. d. Sowjetunion», 1933, В. 3, p. 487; F e w l e r R., Elementary Theory of Semi-Conductors, «Proceedings of the Royal Society», L., 1933, v. 140, p. 503; J o s t W., Diffusion a. Electrolytic Conduction in Solids, «Journal of Chemical Physics», 1933, v. 1, p. 466; O n s a g e r A. F u o s s, Irreversible Processes in Electrolytes, «Journal of Physical Chemistry», N. Y., 1933, v. 36, p. 2689.

А. Самойлович.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР, статич. аппарат, передающий электромагнитным путем электрич. энергию из одних цепей в другие. Э. т. могут преобразовывать напряжение, число фаз и частоту переменного тока. Первые делятся на: 1) повысительные и понизительные Э. т. для преобразования однофазного и трехфазного тока, 2) измерительные Э. т. тока и напряжения, 3) вольтодобавочные Э. т., 4) Э. т. постоянной силы тока, 5) автотрансформаторы и д. визоры. Э. т. для преобразования напряжения однофазного и трехфазного тока можно разбить на: а) однофазные Э. т., б) трехфазные Э. т., в) трехобмоточные Э. т., г) Э. т. с регулированием под нагрузкой. К этим же Э. т. следует отнести электрич. индукционные печи и потенциал-регулятор (см. *Индукционные машины*). В СССР производство Э. т. сосредоточено на трансформаторном з-де в Москве; в 1932/33 г. сделано 14 740 силовых Э. т. с общей мощностью в 3 807 000 kVA.

Однофазный двухобмоточный Э. т. имеет две электрически несвязанные обмотки: первичную, подключенную к питающей первичной сети, и вторичную, подключенную к вторичной сети. В первичной обмотке под действием первичного напряжения протекает *переменный ток* (см.), создающий пульсирующий магнитный поток Φ . Магнитный поток пронизывает обе обмотки и индуцирует в них эдс E_1 и E_2 , определяемые при отсутствии рассеяния выражениями

$$E_1 = 4,44f\Phi w_1 10^{-8} \text{ вольт,}$$

$$E_2 = 4,44f\Phi w_2 10^{-8} \text{ вольт,}$$

где f —частота переменного тока, w_1 и w_2 —числа витков соответственно первичной и вторичной обмоткам. При разомкнутой вторичной обмотке, т. е. при холостом ходе, эдс E_1 практически равна напряжению первичной сети U_1 . Отсюда из выражений для эдс следует, что при холостом ходе $U_1 : U_2 = w_1 : w_2$. Отношение номинальных напряжений, прак-

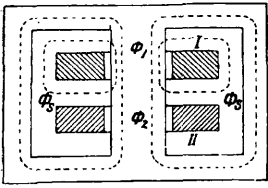
тически равное отношению чисел витков, называется коэффициентом трансформации. Напряжения при нагрузке отличаются на несколько % от соответствующих эдс; грубо приближенно можно считать, что и при нагрузке отношение напряжений равно коэф-ту трансформации. Последний можно сделать произвольной величины и следовательно преобразовать электрич. энергию низкого напряжения в энергию высокого напряжения и наоборот. В первом случае Э. т. называют *повысительными*, во втором—*понижительными*. Однофазные Э. т. изготовляют для первичного напряжения, соответствующего стандартизованным напряжениям электрич. сетей; величина вторичного напряжения определяется назначением Э. т. При разомкнутой вторичной обмотке по первичной протекает относительно небольшой намагничивающий ток—ток холостого хода. При приключении нагрузки ко вторичной обмотке по ней протекает ток I_2 . Последний создает магнитодвижущую силу, препятствующую согласно закону индукции образованию первичной обмоткой магнитного потока Φ . Последний сохраняет однако свою величину практически неизменной, потому что напряжение первичной сети создает соответствующий ток в первичной обмотке: чем больше ток I_2 , тем больше и ток I_1 . Приближенно можно принять, что $I_1 : I_2 = w_2 : w_1$, т. е. что токи относятся обратно пропорционально напряжениям. Отсюда следует, что мощность первичной обмотки, выраженная в kVA, равна мощности вторичной обмотки: $U_1 I_1 = U_2 I_2$.

Э. т. изготовляют для трансформирования различных мощностей, начиная с самых малых, порядка нескольких VA, и кончая крупными, порядка десятков тысяч kVA. Обмотки для лучшей магнитной связи и уменьшения тока холостого хода помещают на общий замкнутый железный магнитопровод. Железо магнитопровода обычно насыщено, так как индукция в нем достигает 10 000—15 000 гаусс. При синусоидальном первичном напряжении намагничивающий ток создает синусоидальный поток. Вследствие насыщения железа Э. т. намагничивающий ток получается несинусоидальным и содержит помимо основной гармоники гл. обр. третью. При индукции в 10 000 гаусс амплитуда третьей гармоники I_{03} составляет около 20% от основной I_{01} . При анализе работы Э. т. несинусоидальный ток холостого хода заменяют эквивалентным синусоидальным

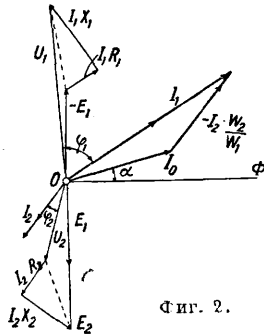
$$I_0 \approx 0,7 \sqrt{I_{01}^2 + I_{03}^2}.$$

Мощность, потребляемая при холостом ходе, P_0 представляет собой *потери* (см.) в железе Э. т. и его конструктивных частях вследствие перемагничивания. P_0 относительно весьма мало. Особенно мало P_0 в осветительных Э. т., где допускают малую индукцию в железе. Ток I_0 отстает обычно от U_1 на угол, близкий к 90° ; в маломощных высоковольтных Э. т. вследствие емкостных токов во вторичной обмотке ток почти совпадает с U_1 . Ток I_0 составляет в зависимости от мощности Э. т. от 10% и выше от номинального тока при мощностях до 50 kVA и до 5% при крупных мощностях. При нагрузке Э. т. часть магнитного потока, создаваемого первичной обмоткой, рассеивается и не индуцирует эдс во вторичной обмотке. На фиг. 1 изображено: I —первичная обмотка, II —вторичная, Φ_s —поток рассеяния, Φ_1 —поток, пронизывающий первичную обмот-

ку, Φ_2 —вторичную. Величина потока рассеяния пропорциональна силе тока в первичной и во вторичной обмотках. Вследствие рассеяния отношение эдс E_1 и E_2 при нагрузке не равно коэффициенту трансформации. Для удобства анализа работы Э. т. считают однако, что отношение E_1 к E_2 и при нагрузке равно коэф-ту трансформации, а влияние рассеяния заменяют тем, что считают, что каждая обмотка обладает индуктивным сопротивлением, соответственно равным X_1 и X_2 . При таком методе анализа работы Э. т. построена на фиг. 2



Фиг. 1.



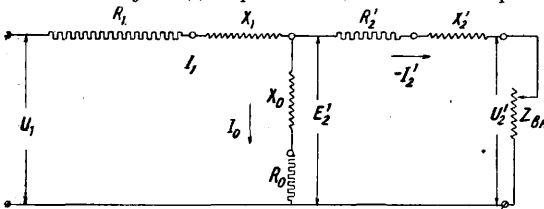
Фиг. 2.

векторная диаграмма при индуктивной нагрузке вторичной цепи. Магнитный поток Φ , создаваемый при холостом ходе током I_0 , индуктирует отстающие от него на 90° эдс E_1 и E_2 . Эдс E_2 вызывает во вторичной цепи ток I_2 . Напряжение вторичной сети U_2 (вектор $\overline{OU_2}$) отличается от эдс E_2 на величину падения напряжения в активном сопротивлении вторичной обмотки $I_2 R_2$ и в индуктивном сопротивлении $I_2 X_2$. Первая величина направлена на диаграмме одинаково с током, вторая под углом в 90° . Первичное напряжение U_1 покрывает противоэдс E_1 и омическое и индуктивное падения напряжения в первичной обмотке $I_1 R_1$ и $I_1 X_1$. Первичный ток I_1 построен как сумма его составляющих: тока холостого хода I_0 и приведенного вторичного тока с обратным знаком $I_2' = -(I_2 \cdot \frac{w_2}{w_1})$. Обычно в виду удобства построений пользуются приведенными диаграммами, т. е. считают, что $w_2 = w_1$. В этом случае $E_1 = E_2$. Для того чтобы мощность и сдвиг фаз оставались неизменными, следует вполне определенным способом изображать все величины вторичной цепи:

$$I_2' = I_2 \cdot \frac{w_2}{w_1}, \quad E_2' = E_2 \cdot \frac{w_1}{w_2},$$

$$R_2' = R_2 \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2, \quad X_2' = X_2 \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^2.$$

Приведенная на фиг. 2 векторная диаграмма соответствует диаграмме цепи из сопротивлений



Фиг. 3.

лений, электрически соединенных по схеме фиг. 3. Эта схема носит название эквивалентной схемы Э. т. Мощность, расходуемая в ответвлении, в сопротивлении R_0 , соответствует потерям холостого хода P_0 ; мощность, расходуемая в сопротивлениях R_1 и R_2' ,—потерям в

обмотках. Применение эквивалентной схемы облегчает анализ работы Э. т.

П а д е н и е н а п р я ж е н и я. При нагрузке вторичное напряжение вследствие рассеяния и падений напряжения в сопротивлениях обмоток отличается от напряжения при холостом ходе. Вторичное напряжение при том же токе I_2 различно в зависимости от величины угла сдвига фаз φ_2 во вторичной цепи. При индуктивной и смешанной нагрузках ($\varphi_2 = 0 \div 90^\circ$) U_2 меньше напряжения при холостом ходе; при емкостной нагрузке ($\varphi_2 = -90^\circ$) возможно увеличение напряжения. При активной нагрузке ($\varphi_2 = 0$) напряжение уменьшается (при номинальной нагрузке) в зависимости от мощности Э. т. на $3-1\%$. При том же φ_2 изменение пропорционально величине тока I_2 . Изменение напряжения м. б. вычислено при нагрузке с любым углом сдвига фаз φ_2 по данным опыта короткого замыкания. Опыт состоит в том, что зажимы одной из обмоток Э. т. замыкаются накоротко, а к другой подводят напряжение, пониженное до такой величины, что в обмотке протекает номинальный ток. При опыте отмечают напряжение первичной сети, так наз. напряжение короткого замыкания, и потребляемая мощность P_k . Эта мощность практически равна потерям в обмотках Э. т. при номинальном токе. Изменение вторичного напряжения в % вычисляется по ф-ле:

$$\Delta u\% = (e_r \cos \varphi_2 + e_x \sin \varphi_2) + \frac{1}{200} (e_x \cos \varphi_2 - e_r \sin \varphi_2)^2,$$

где $e_r = \frac{P_k}{P} \cdot 100$; $e_x = \sqrt{e_k^2 - e_r^2}$; P —номинальная мощность Э. т. в кВА; e_k —напряжение короткого замыкания в % от номинального. При емкостной нагрузке φ_2 следует считать отрицательным. Без большой погрешности можно пренебречь вторым членом в выражении для $\Delta u\%$.

К о э ф ф и ц и е н т п о л е з н о г о д е й с т в и я Э. т. равен отношению полезной вторичной мощности к полученной из первичной сети кпд

$$\eta\% = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_1 I_1 \cos \varphi_1} \cdot 100;$$

Э. т. высок—доходит до 99% и выше. При номинальной нагрузке в кВА кпд м. б. определен по данным опыта короткого замыкания и холостого хода из выражения:

$$\eta\% = 1 - \frac{P_0 + P_k}{P \cos \varphi_2 + P_0 + P_k} \cdot 100,$$

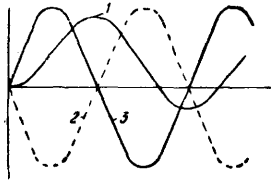
где P_0 —потери холостого хода, P_k —потери короткого замыкания. При нагрузке P' , в k раз отличной от P , кпд определяется из выражения:

$$\eta\% = 1 - \frac{P_0 + k^2 P_k}{P' \cos \varphi_2 + P_0 + k \frac{P_k}{P}} \cdot 100.$$

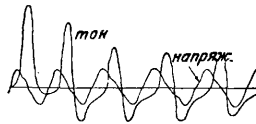
Величина кпд зависит следовательно от величины потерь в железе Э. т. и в обмотках. Для осветительных трансформаторов, непрерывно приключенных к сети, делают относительно небольшими потери холостого хода; для их уменьшения применяют специальное железо и допускают в нем небольшую индукцию.

В к л ю ч е н и е н е н а г р у ж е н н о г о Э. т. может сопровождаться значительным броском намагничивающего тока. Процесс включения определяется значением переменного напряжения в момент включения. Если оно максимально, то броска тока не происходит, и в Э. т. в первые же периоды после включения намагничивающий ток такой же, как и при установившемся режиме. Это объясняется тем, что отсутствие

магнитного потока в Э. т. в момент включения соответствует его значению для амплитуды напряжения при установившемся режиме. Наибольшего значения достигает ток при включении Э. т. в момент, когда первичное напряжение равно нулю. На фиг. 4 кривая 3 изображает приложенное напряжение, 2—индуцированное напряжение и 1—магнитный поток. Амплитуда последнего максимально может доходить до двойного значения амплитуды при установившемся режиме. Двойной индукции в железе Э. т. соответствует вследствие насыщения не двойной, а несравненно больший намагничивающий ток. Амплитуда тока включения превышает ток холостого хода в десятки раз и превышает в 8—12 раз номинальный ток при нагрузке. Особенно велик ток включения при сильном насыщении железа. Омич. сопротивление обмоток уменьшает ток включения и способствует переходу в установившийся режим; в мощных Э. т. неустановившийся режим длится до 30 ск. Амплитуда тока включения м. б. приближенно определена по двойной индукции из кривой намагничивания. На фиг. 5 изображена осциллограмма тока включения. Некоторое влияние на



Фиг. 4.



Фиг. 5.

ток включения оказывает поток остаточного магнетизма. Однако при e_r , равном 3—4%, его влияние незаметно. Для ограничения амплитуды тока включения пользуются двумя способами: 1) первичную обмотку Э. т. приключают к сети через шунтируемое сопротивление, 2) понижают первичное напряжение до 50% и более и затем после включения повышают его.

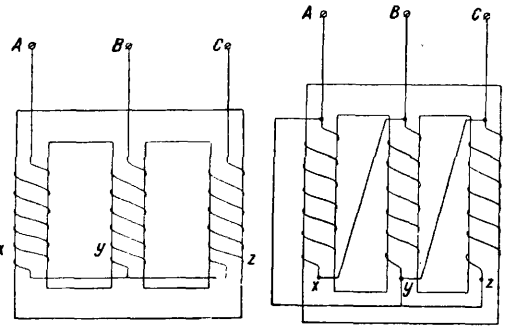
П е р е г р у з к а Э. т. ограничивается допустимым нагревом его частей. Для стандартных Э. т. при $t^\circ 35^\circ$ нагрузка не должна превышать номинальную. После длительной половинной нагрузки допустима перегрузка в 100% в течение 1 минуты, 30% в течение 1 часа и 10% в течение 3 часов.

К о р о т к о е з а м ы к а н и е вторичной цепи опасно для Э. т. Установившийся ток короткого замыкания равен $I_n \cdot \frac{100}{e_k}$; он в 10—20 раз превышает I_n . Величина амплитуды неустановившегося тока зависит от значения вторичного напряжения в момент короткого. Если последнее произошло в момент равенства U_2 нулю, то амплитуда неустановившегося тока в 2 раза превышает амплитуду установившегося тока короткого замыкания. Чрезмерная величина тока короткого замыкания опасна для Э. т. в механич. и тепловом отношениях. Электродинамическое взаимодействие первичной и вторичной обмоток пропорционально произведению их токов и весьма велико при коротком. При концентричных обмотках наружная обмотка стремится растянуться, а внутренняя сжаться; особенно велики усилия по середине обмоток. Разрыв концентричных обмоток обычно не наблюдается. При несимметричном расположении обмоток имеет место осевое усилие, стремящееся сдвинуть обмотки. Для избежания опасности сдвига обмотки распола-

гают симметрично и делают отводы для регулировки по середине. При дисковых обмотках сжимаются средние катушки и прижимаются к ядру концевые катушки. Опасность разрушения последних особенно велика. Для механич. прочности Э. т. при коротком требуются надежная конструкция и укрепление обмоток. Особенно надежно д. б. сделаны прямоугольные катушки, так как под влиянием электродинамических сил они стремятся стать круглыми. Для уменьшения усилий увеличивают при конструировании рассеяние путем увеличения расстояний между первичной и вторичной обмотками, а при дисковой обмотке—надлежащим выбором числа катушек. В тепловом отношении короткое опасно значительным выделением тепла, что может вызвать перегрев и в масляных Э. т. взрыв масла. Для предохранения Э. т. снабжается специальными приспособлениями и помощью защитных реле (см.) отключается от сети через несколько (2—6) секунд после начала короткого.

В ы к л ю ч е н и е нагруженного Э. т. сопровождается вследствие быстрого убывания магнитного потока появлением эдс самоиндукции, вызывающей значительное *перенапряжение* (см.). Перенапряжение появляется и при выключении Э. т. выключателями, у которых ток после разрыва цепи поддерживается в течение нескольких периодов через *вольтовую дугу* (см.). Перенапряжения имеют место и при выключении ненагруженных длинных линий. Для современных Э. т. 3- и 4-кратные перенапряжения сравнительно безопасны.

Трехфазный Э. т. служит для трансформирования трехфазного тока и делается мощностью от 5 kVA до самых крупных. В СССР для пониженных Э. т. стандартизованы (ОСТ 4815) мощности 5; 10; 20; 50; 100; 180; 320; 560; 1 000; 1 800; 3 200; 5 600; 7 500; 10 000; 15 000; 20 000 и 31 500 kVA; для повысительных Э. т.



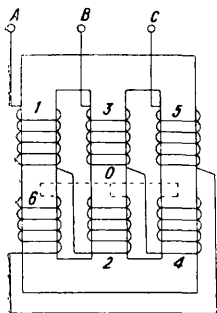
Фиг. 6.

Фиг. 7.

стандартизованы мощности в пределах 3 200—31 500 kVA. Понижительные Э. т. делаются для номинального первичного напряжения, равного 3; 6; 6,3; 10; 10,5; 15; 35; 110 и 220 kV. Для вторичных напряжений стандартизованы 133; 230; 400; 525; 3 150; 3 300; 6 300; 6 600; 10 500; 11 000; 38 500 В. В соответствии с конструкцией магнитопровода трехфазные Э. т. делятся на: 1) броневые и 2) стержневые. Первые распространены несравненно меньше, чем вторые. Трехфазный б р о н е в о й Э. т. можно считать состоящим как бы из трех однофазных броневых Э. т., поставленных друг на друга. Магнитопровод с т е р ж н е в о г о Э. т. состоит из трех вертикальных стержней—сердечников, соединенных сверху и снизу яром. На фиг. 6

и 7 изображен стержневой магнитопровод; подробнее о нем изложено в разделе «конструкция Э. т.». Первичные и вторичные обмотки размещают на всех 3 стержнях. Первичные обмотки отдельных фаз соединяются в «звезду» (фиг. 6) или в «треугольник» (фиг. 7). Они должны соединяться т. о., чтобы у включенного Э. т. в каждый момент поток, проходящий по одному сердечнику, был бы равен и противоположен по направлению сумме потоков двух остальных сердечников. Другими словами, должно иметь место условие $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$. Для правильности соединения нужно при звезде связывать в нулевую точку только начала или только концы фазных обмоток. При треугольнике следует соединять конец одной обмотки с началом другой. Магнитные сопротивления для крайних фаз больше, чем для средней, вследствие этого их ток холостого хода больше, чем ток средней фазы. Изредка делают магнитопроводы с симметричным расположением сердечников; у подобных Э. т. равны токи холостого хода всех трех фаз. Магнитодвижущие силы отдельных фаз поддерживают друг друга, и в виду этого ток холостого хода каждой фазы составляет примерно $\frac{2}{3}$ тока, протекавшего бы при включении обмотки только одной фазы Э. т. Вторичные обмотки соединяют в:

1) треугольник, 2) звезду и 3) зигзаг. Вторичные обмотки фаз соединяются между собой т. о., что получается симметричная система вторичных линейных напряжений. При треугольнике следует соединять конец одной фазы с началом другой; при звезде в нулевую точку соединяют только начала или только концы фазных обмоток. При соединении в зигзаг (фиг. 8) вторичная обмотка каждой фазы состоит из двух полови-



Фиг. 8.

вин 1 и 2 или соответственно 3 и 4, 5 и 6, помещенных на разных сердечниках. Две половины разных фазных обмоток, находящиеся на одном сердечнике, располагаются обычно концентрично. Отношение вторичных линейных напряжений U_2 к первичным линейным U_1 зависит от схем соединений обеих обмоток и от чисел витков первичной и вторичной обмоток w_1 и w_2 . Значение U_2 / U_1 при разных комбинациях видно из следующей таблицы.

Первичная обмотка	Вторичная обмотка	U_2 / U_1
Звезда	Звезда	w_2 / w_1
Звезда	Треугольник	$0,578 w_2 / w_1$
Звезда	Зигзаг	$0,866 w_2 / w_1$
Треугольник	Треугольник	w_2 / w_1
Треугольник	Звезда	$1,73 w_2 / w_1$

При включении треугольником в фазной обмотке протекает ток, равный 0,578 линейного тока; напряжение на зажимах фазной обмотки равно линейному напряжению. При звезде и зигзаге в фазной обмотке протекает линейный ток; фазное напряжение равно 0,578 линейного. Соединение звездой является наиболее дешевым. Действительно при тех же мощности, плотности тока и числе \dot{V} на виток у обмотки, включенной звездой, сечение провода приблизительно в 1,73 раза больше, чем у об-

мотки, соединенной в треугольник; с другой стороны, число витков у нее составляет всего 0,578 от числа витков треугольника. Обмотка с меньшим числом витков, но из более толстого провода стоит дешевле за счет изоляции и работы. Дешевле при звезде и соединения между фазами. Чем меньше мощность и выше напряжение, тем относительно дороже включение треугольником по сравнению со звездой. Соединение в зигзаг дороже, чем звездой, т. к. при том же числе \dot{V} на виток д. б. при зигзаге на 13,4% больше витков. Излишек числа витков нужен в виду того, что эдс сдвинуты в половинах обмотки фазы на 120° и результирующая эдс составляет всего 86,6% от их суммы. При схеме звезда/звезда и отсутствии нулевых проводов намагничивающий ток синусоидален, в виду чего магнитный поток содержит третьи и высшие гармоники. Первые направлены во всех трех стержнях в одну сторону и создают общий пульсирующий с тройной частотой однофазный поток, замыкающийся по воздуху или через стенки бака Э. т. Однофазный поток холостого хода незначителен, так как велико магнитное сопротивление его пути. Этот поток индуктирует в фазных эдс составляющие тройной частоты, не превышающие нескольких %, что мало существенно. В линейных напряжениях третьих гармоник нет. При включении одной из обмоток треугольником магнитный поток синусоидален, так как токи третьей гармоники протекают внутри Э. т. по обмоткам, соединенным треугольником. При соединении звезда/звезда иногда устраивают три добавочные обмотки; последние соединяют в замкнутый треугольник, называемый третичным. В этом случае магнитный поток синусоидален. В СССР для силовых трехфазных Э. т. стандартизованы всего две схемы: 1) звезда/звезда с выведенным нулем и 2) звезда/треугольник. Звездой соединяется всегда обмотка высшего напряжения. В первой схеме сдвиг вторичных линейных напряжений относительно первичных равен нулю; это достигается тем, что в нулевые точки в обеих обмотках соединяются концы или соответственно начала. Во второй схеме сдвиг равен 330° .

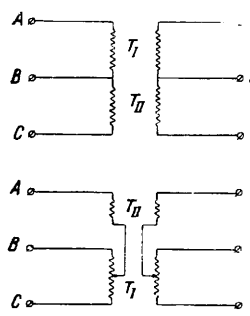
Нагрузка трехфазного Э. т. бывает симметричная и несимметричная. В первом случае по фазным обмоткам текут равные токи, и вторичные линейные напряжения равны между собой. Изменения их по сравнению с холостым ходом вычисляются по тем же ф-лам, как и для однофазных Э. т. Напряжение короткого замыкания e_k и потери в меди P_k определяются из аналогичного же опыта короткого замыкания. Для стандартных Э. т. величина e_k изменяется в зависимости от мощности и напряжения в пределах $5,5 \div 7,5\%$. У стандартных Э. т. падение напряжения при активной нагрузке ($\cos \varphi_2 = 1$) уменьшается с ростом мощности. Оно равно 3,8% для Э. т. в 5 kVA и 1,15% для Э. т. в 5 600 kVA. При несимметричной нагрузке вторичные напряжения не равны между собой. Распределение токов в фазах первичной обмотки соответствует во всех схемах без нулевых проводов токам во вторичных обмотках. Однофазная нагрузка, подключенная к двум линейным проводам, распределяется сл. образом: 1) при схемах звезда/звезда и треугольник/звезда нагружаются полным током две фазы обеих обмоток, в третьей фазе их ток вовсе не протекает; 2) при схемах звезда/треугольник и треугольник/треугольник ток

в обмотке одной фазы приблизительно в 2 раза больше, чем в обмотках двух других. Несимметрия вторичных напряжений зависит только от величин нагрузки и ϵ_k и не зависит от схемы соединений. Четырехпроводная система получается приключением нулевого провода к нулевой точке вторичной обмотки, соединенной звездой или в зигзаг. Напряжения между каждым линейным проводом и нулевым в 1,73 раза меньше, чем между линейными проводами. Четырехпроводная система широко применяется для приключения двигателей к линейным проводам и ламп к нулевому и одному линейному проводам. При четырехпроводной системе м. б. случайно нагружена только одна фаза вторичной обмотки. Если первичная обмотка соединена звездой без нулевого провода, то у нее при этом нагружена током обмотка всех трех фаз; по первичной обмотке, находящейся на том же сердечнике, что и нагруженная фаза вторичной обмотки, протекает ток в два раза больший, чем по двум другим обмоткам. Вследствие неравномерности магнитного потока на каждом сердечнике появляется однофазный пульсирующий поток. Он значительно искажает систему вторичных напряжений и вызывает добавочные потери в баке Э. т. Согласно стандарту в нулевом проводе допускается ток, не превышающий 25% от номинального. Если первичная обмотка соединена в треугольник, то однофазный поток почти полностью уничтожается уравнительными токами в обмотках треугольника, и вторичные напряжения меньше искажаются. Аналогичное действие при первичной обмотке, соединенной в звезду, оказывает третичный треугольник. При значительных нагрузках нулевого провода пользуются при больших мощностях схемой звезда/зигзаг, при малых — схемой звезда/зигзаг, при которой также мало искажение напряжений. Кдп трехфазного Э. т. очень велик. Для стандартных Э. т. он увеличивается с ростом мощности Э. т.: для 5 kVA — кдп ок. 95%, для 5 600 kVA — 98,8%. Величина кдп вычисляется по тем же формулам, как и для однофазного Э. т.

Трансформирование трехфазного тока тремя однофазными Э. т. широко применяется в Америке; у нас этим способом пользуются при самых крупных мощностях и высоком напряжении. Три однофазных Э. т. стоят дороже и имеют худший кдп, чем трехфазный Э. т. Первичные обмотки трех Э. т. можно приключать любыми концами к первичной сети; вторичные обмотки соединяют так, что получается симметричная система вторичных линейных напряжений. Обмотки соединяются по схемам: 1) звезда/звезда, 2) треугольник/звезда, 3) звезда/треугольник и 4) треугольник/треугольник. Соединение звезда/звезда самое дешевое. Однако оно имеет недостаток: при отсутствии нулевых проводов магнитные потоки не синусоидальны в виду синусоидальности и намагничивающих токов. Вследствие этого фазные эдс содержат значительные третьи гармоники, что недопустимо, в особенности при передачах высокого напряжения. Для получения синусоидальных магнитных потоков, и следовательно эдс, устраивают в каждом Э. т. добавочные обмотки и соединяют их в третичный треугольник. Третичный треугольник нагружают иногда на синхронный конденсатор. При схемах треугольник/звезда и звезда/треугольник магнитные потоки и фазные эдс синусоидальны. Соединение треугольник/звезда

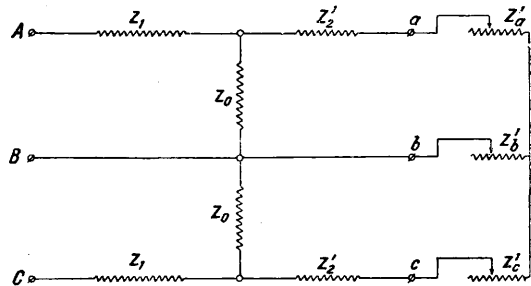
распространено для повысительных Э. т., звезда/треугольник — для понизительных Э. т., треугольник/треугольник в виду дороговизны применяется редко. При четырехпроводной системе вторичные обмотки соединяют в звезду с нулевым проводом. Первичные обмотки в этом случае д. б. соединены в звезду с нулевым проводом или в треугольник. Первое соединение распространено в Америке. Соединение первичной обмотки в звезду без нулевого провода непригодно при больших нагрузках нулевого провода в виду больших искажений вторичных напряжений при однофазной или сильно неравномерной нагрузке. Искажения при однофазной нагрузке вызваны тем, что происходят большие падения напряжения в первичных обмотках Э. т., не нагруженных током на вторичной стороне. Соединение треугольник/звезда с нулевым проводом применяется для мощных понизительных Э. т. При наличии нулевого провода на первичной стороне в схеме звезда/треугольник можно в случае порчи одного Э. т. или для уменьшения потерь отключать один Э. т. Оставшиеся два будут продолжать работу. Мощность при этом д. б. понижена до 57,8% номинальной.

Трансформирование трехфазного тока двумя однофазными Э. т. осуществляется: 1) V-образно соединенными одинаковыми Э. т. и 2) T-образно соединенными



Фиг. 9 и 10.

разно соединенными (фиг. 9 и 10). Первая схема применяется для включения в трехфазную сеть Э. т. напряжения, для понижения напряжения во время пуска и иногда в электропередачах. В последнем случае схемой пользуются не в качестве нормальной, а при трансформировании тремя Э. т., соединенными в треугольник/треугольник (Δ/Δ), в периоды малой нагрузки и при порче одного из Э. т. Переход от схемы Δ/Δ к схеме V/V осуществляется отключением одного Э. т. Оставшиеся Э. т. должны после этого передавать мощность, не превышающую 57,8% от мощности до включения. Отключение одного Э. т. во время малой нагрузки уменьшает потери; особенно это выгодно для силовых Э. т., у которых велико отношение потерь в железе к потерям в меди. Некоторое удобство, как показал автор, имеет V-образная схема для кенотронных выпрямительных установок. Вторичное напряжение в обеих схемах при холостом ходе совершенно

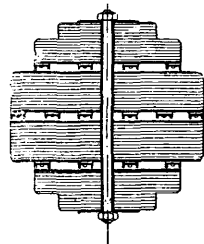


Фиг. 11.

симметрично: в V-образном включении напряжение U_{ca} определяется напряжениями U_{cb} и U_{bc} и равно им по величине. При нагрузке вторичные напряжения образуют несимметричную систему. Для схемы V напряжения м. б. вычислены для любой нагрузки по эквивалентной схеме (фиг. 11). При симметричной нагрузке мала несимметрия вторичных напряжений. В случае равнов. акт вной нагрузки небольших Э. т. напряжения практически симметричны. Стоимость двух V-образно соединенных Э. т. примерно равна стоимости трех Э. т. для той же мощности. При T-образной схеме (фиг. 10) T_{II} имеет на 13,4% меньше витков, чем T_I . В виду этого схема несколько дешевле, чем схема V. Она дает кроме того более симметричное вторичное напряжение при нагрузке. T-образная схема применяется для питания от трехфазной сети шестифазных преобразователей; вторичные обмотки Э. т. соединяются при этом в двойной T.

Конструкция Э. т. в основном представляет собой магнитопровод с обмотками. Для изоляции и охлаждения магнитопровод помещается в баке с маслом; зажимы обмоток выводятся наружу через крышку бака. Магнитопровод Э. т. делается из легированной листовой трансформаторной стали толщиной в 0,35 или 0,5 мм. В СССР употребляются сталь с характерными свойствами (ОСТ 3890); потери (см.) вследствие перемагничивания на токи Фуко и гистерезис не превышают при индукции в 10 000 гаусс для стали толщиной 0,5 мм 1,8 Вт/кг, а для стали толщиной 0,35 мм—1,3 Вт/кг; при индукции в 15 000 гаусс—для первой 3,8 Вт/кг и для второй 3,3 Вт/кг. Увеличение потерь со временем (старение) не превышает 5%. Магнитная проводимость стали значительна: при 100 намагничивающих ампервитках на см—индукция не менее 16 500 гаусс. Для уменьшения потерь на токи Фуко листы изолируются друг от друга клейкой одной стороны папирсной бумагой или лакировкой. Величина индукции в железе для сухих Э. т. в пределах 9 000 ÷ 13 000 гаусс, для масляных Э. т. с мощностью до 100 кВА—10 000 ÷ 14 500 гаусс, при больших мощностях—13 500 ÷ 14 500 гаусс. Магнитопроводы делятся на: 1) стержневые и 2) броневые с разветвленной магнитной цепью. Стержневой магнитопровод трехфазного Э. т. имеет три сердечника, несущих обмотки и 2 ярма, служащих для магнитного соединения сердечников. Индукция в ярме берется обычно на 30% меньшей, чем в сердечнике. У магнитопровода однофазного Э. т.—2 сердечника. Магнитопроводы самых крупных Э. т. делаются у трехфазных с пятью, а у однофазных—с четырьмя сердечниками. Магнитопровод мощных однофазных Э. т. часто делается из двух магнитопроводов, вставленных один в другой и жестко скрепленных. Сердечники, набранные из листов, стягиваются изолированными болтами с помощью нажимных деревянных или (в больших Э. т.) железных накладок; ярмо стягивается болтами и деревянными брусками или железными швеллерами. У малых Э. т. сердечник прямоугольного или крестообразного поперечного сечения. У больших Э. т. сердечник составляется из ступеней различной ширины, благодаря чему в собранном виде он приближается по форме к цилиндру. Число ступеней увеличивается с ростом диаметра: при 150 мм 3 ступени, при 200 мм—6 и более. Отдельные ступени отделяются иногда

аксиальными каналами для охлаждения (на фиг. 12—поперечное сечение сердечника, видны каналы). Сердечники соединяются с ярмом двумя способами: 1) встык и 2) шихтовкой. При стыковом магнитопроводе сердечники и ярмо набираются и пресуются порознь, а затем при сборке ярмо особыми болтами прижимается к сердечникам. В месте стыков прокладываются асбест, препятствующий нагреву токами Фуко. Шихтованные магнитопроводы не имеют стыков между сердечниками и ярмом; это достигается особой системой нарезки листов и переплетением листов ярма с листами сердечника. Шихтованный сердечник легче, чем стыковой, вследствие отсутствия прижимного устройства. В табл. 1 даны основные размеры стержневых магнитопроводов трехфазных Э. т. с напряжением 6,6 кВ.



Фиг. 12.

Табл. 1.— Размеры стержневых магнитопроводов трехфазных Э. т.

Мощность в кВА	Диам. сердечника в мм	Высота в мм	Расстояние между осями в мм
5	85	200	185
20	110	250	210
50	140	250	240
75	140	350	240
100	140	450	240
1.5	155	550	250
200	165	650	290
250	180	650	290
400	195	750	325
500	210	750	335
640	210	1 000	335

Броневые магнитопроводы распространены значительно реже стержневых. Они применяются для однофазных, напр. печных Э. т. Достоинство броневого магнитопровода—надежное механич. укрепление обмотки.

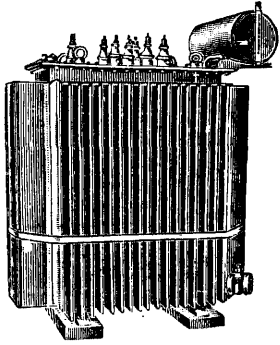
Обмотки и делаются из медного или (редко) алюминиевого провода (см.). Провод берется изолированный или, при больших сечениях, голый. Изоляция обычно состоит из двух слоев хлопчатобумажной пряжи; тонкие провода изолируются шелком или эмалируются. Проводники применяются круглые, прямоугольные и в виде голый тонкой ленты, напр. в сварочных Э. т. Круглые провода применяются при малых силах тока; для мощных трансформаторов обмотка делается всегда из прямоугольного провода, т. к. она получается более прочной. Сечение проводов выбирают, исходя из желательной (из условий потерь и охлаждения) плотности тока. Для сухих Э. т. плотность тока лежит в пределах 1,3 ÷ 2,3 А/мм², для масляных—2,5 ÷ 3,8 А/мм² и для масляных с искусственным охлаждением—4 ÷ 5,8 А/мм². При больших силах тока применяют ряд параллельных цепей. Обмотка наматывается специальными намоточными станками, обычно на прессшпановых каркасах. Форма обмотки круглая или прямоугольная. Первая прочнее в механическом отношении при коротких замыканиях. После намотки катушка сушится в течение 6 час. в автоклаве под вакуумом до 70 см при t° 95°. Готовые катушки пропитываются изоляционным лаком (см.), напр. глипталевым, и снова сушатся в течение 30 ÷ 75 час. Особо тщательно изолируются крайние катуш-

ки стержней. Обмотки делятся на: 1) дисковые и 2) концентричные. При дисковых первичная и вторичная обмотки состоят из отдельных катушек—дисков, помещаемых на сердечнике друг над другом по оси в чередуемся порядке: диск первичной, затем диск вторичной и т. д. У яра помещают диск низковольтной обмотки. Между дисками разноименных обмоток помещают небольшие прокладки из прессшпана (см.) или дерева, отчего получается радиальный зазор—канал. Последний служит для изоляции и охлаждения торцов воздухом или маслом. Соединения друг с другом отдельных дисков первичной и вторичной обмоток производятся по разным сторонам сердечника. Места соединений обматываются кембриком или лентой. Дисковые катушки имеют большой радиальный и малый аксиальный размеры. При прямоугольном проводе делается всего 2 витка в слой, при круглом больше. Для удобства соединений катушки наматываются т. о., что и начало и конец находятся снаружи. Это достигается тем, что при намотке берут за начало середину длины провода и мотают одну половину по часовой стрелке, другую против; сложенные полукатушки образуют сдвоенный диск. Между полукатушками прокладывают иногда шайбы. Диски, расположенные на одном стержне, стягиваются и скрепляются; крепежным материалом служит дерево. Дисковые обмотки применяют главным образом в броневых трансформаторах. При концентричных обмотках внешний диаметр одной из обмоток делается меньшим, чем внутренний другой, и первая помещается коаксиально внутри второй. Для уменьшения усилий при коротких замыканиях обмотки должны иметь одинаковый аксиальный размер или д. б. расположены симметрично. С этой же целью добавочные катушки располагаются по середине. Ближе к сердечнику располагается обычно обмотка меньшего напряжения. Она насаживается непосредственно на сердечник или на изоляционный цилиндр. Между обмотками помещают изоляционный цилиндр толщиной в 3—5 мм и ставят, прокладывая продольные рейки, аксиальный канал для изоляции и охлаждения; при напряжении в 6,6 kV канал делают в 8 мм, при 38 kV—20 мм. Концентричные обмотки распространены больше дисковых. Они применяются и для трехобмоточных трансформаторов. При мощностях до 500—600 kVA и напряжении до 525 V низковольтная обмотка делается в виде одно- или двухслойного цилиндра; также выполняется высоковольтная обмотка при напряжениях до 3 kV. При больших напряжениях высоковольтная обмотка делается многослойной и делится на отдельные сдвоенные катушки—секции (секционная обмотка). Последнее делают для того, чтобы не было слишком велико напряжение между соседними витками. Напряжение на одну катушку обычно не превышает 800 V. Между катушками оставляют радиальные каналы; число витков в отдельных слоях обычно одинаковое. Между слоями прокладывают кабельную бумагу толщиной 0,06 мм. Секционная обмотка применяется при мощностях до 100 kVA и напряжении до 35 kV. В секциях высоковольтных трансформаторов в каждом слое делают на 1 виток меньше, чем в предыдущем. В итоге получают т. н. конусную обмотку. При больших мощностях (свыше 1 000 kVA) и при высоких напряжениях применяют непрерывную и спи-

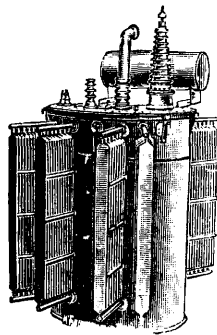
ральную обмотки. Последняя применяется при большом числе параллельных цепей (до 30). Непрерывная обмотка мотается из прямоугольного провода и состоит из ряда многослойных дисков. В каждом слое один виток. Соседние диски помощью прокладок отделены друг от друга каналами. Особенностью обмотки является отсутствие спаек между отдельными дисками. Это достигается тем, что наружный провод одного диска путем особого приема намотки переходит в наружный же провод соседнего диска. В виду непрерывности обмотка отличается большой прочностью. Спиральная обмотка также не имеет спаек. Недостатком непрерывной обмотки является невозможность смены отдельных катушек при их пробое. В настоящее время непрерывные обмотки вытесняют секционные в виду своей прочности.

Охлаждение. Кожух. Консерватор. Потери в Э. т. вызывают нагрев его частей. Нормы, исходя из условий прочности, ограничивают наибольшую допустимую t° обмоток в 95° для непогруженной в масло и в 105° для погруженной. У Э. т. малой мощности до 200—300 kVA охлаждающая поверхность достаточно велика (ок. 25 см² на 1 W потерь), и обмотки м. б. сделаны сухими с естественным воздушным охлаждением. Для увеличения охлаждающей поверхности иногда прокладывают между катушками дисковой обмотки металлич. листы, охватывающие все три стержня. Ребристые сухие Э. т. строятся для напряжений, не превышающих 10—15 kV. Если естественное охлаждение сухого Э. т. недостаточно, то прибегают к искусственному охлаждению (к вентиляции и обдувке). Э. т. средней и большой мощности делают с масляным охлаждением. Сердечник помещается в кожухе, заполненном минеральным, легко подвижным *изоляционным маслом* (см.). Применяемое в СССР масло должно обладать согласно ОСТ 600 определенными свойствами в отношении электрич. прочности на пробой (не менее 12 kV/см), вязкости, t° вспышки и застывания и др. Масло нужно периодически (раз в 3 месяца) испытывать, очищать и сушить и изредка заменять. Вес масла в Э. т. составляет ок. 2—4 кг на 1 kVA. Кожухи (баки) Э. т. бывают гладкие, волнистые, гладкие с боковыми камерами (радиаторами) и трубчатые. Для удобства передвижения баки устанавливаются на катках. Баки мощных Э. т. имеют краны для спуска масла и для присоединения к аппарату для чистки и сушки масла. Гладкие баки делаются из котельного железа; их применяют для Э. т. малой мощности до 50 kVA и для Э. т. самой большой мощности при наличии внутреннего водяного охлаждения масла или при искусственной циркуляции и охлаждении его. При естественном охлаждении масло передает тепло стенкам бака. Во избежание перегрева нужно, чтобы на 1 м² боковой поверхности приходилось не более 550 W потерь при гладком баке и 300 W при волнистом. При средних мощностях делают для увеличения охлаждающей поверхности баки из волнистого железа. На фиг. 13 изображен Э. т. мощностью 560 kVA, 6 kV с баком из волнистого железа. Гладкие овальные баки из котельного железа толщиной до 15 мм с карманами—боковыми ребристыми плоскими радиаторами—применяют у Э. т. мощностью порядка тысяч kVA. На фиг. 14 изображен однофазный высоковольтный Э. т. с подобным баком. Вместо боковых радиаторов в трубчатых ба-

как верхняя и нижняя части бака соединяются снаружи гладкими трубами. Последние служат для лучшей циркуляции масла. При очень крупных мощностях, порядка 30 000 kVA, естественное масляное охлаждение недостаточно. В последнее время применяют обдувку воздухом радиаторов бака. Вокруг бака помещается кольцевой воздухопровод, из которого струями под давлением выдувается через сопла

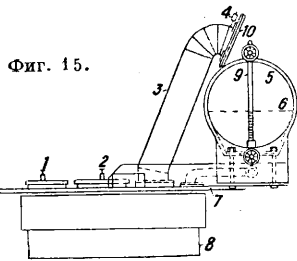


Фиг. 13.



Фиг. 14.

воздух. Воздух подается специальным вентилятором. Расход воздуха ок. 1,5 м³ на 1 kW потерь. При отсутствии дутья нагрузка д. б. понижена примерно на 30%. В мощных Э. т. используются искусственные охлаждения масла. Существуют два способа: 1) внутреннее водное охлаждение масла помощью змеевика с проточной холодной водой, помещаемого вверх внутри бака, и 2) охлаждение масла путем прогона его насосами через змеевик, охлаждаемый воздухом или помещенный в водяной канал. После охлаждения масло поступает назад в бак. Первая система занимает меньше места, но вторая безопаснее, так как легче надзор за змеевиком и меньше опасность попадания воды в масло. Э. т. с искусственным охлаждением требуют тщательного надзора и обычно снабжаются сигнальными устройствами. Бак Э. т. мощностью свыше 100 kVA делается согласно ОСТ 4815 (2) с консерватором



Фиг. 15.

(маслорасширитель). Последний представляет собой горизонтальный цилиндр с объемом, равным 8—10% от объема бака. Консерватор устанавливается на крышке бака и соединяется с ним трубой. Бак заполняется маслом т. о., что верхний уровень холодного масла находится в консерваторе. Благодаря этому при всех температурных изменениях объема масла бак Э. т. всегда заполнен маслом, и в нем нет соприкосновения масла с воздухом. Этим избегают проникновения в масло бака влаги из воздуха и улучшают условие работы изоляции. Консерватор имеет указатель уровня масла и краны. При коротких замыканиях вследствие сильного выделения тепла происходит значительное расширение масла. Для предохранения бака от разрыва в мощных Э. т. устанавливается предохранительная выпускная труба, закрытая на конце стеклянной диафрагмой. Последняя ломается

при чрезмерном давлении масла, которое и выливается наружу. На фиг. 15 изображен консерватор 5 и предохранительная труба 3; 1, 2, 4—воздушные краны, 6—уровень холодного масла, 7—соединительная труба, 8—бак Э. т., 9—маслоуказатель, 10—диафрагма. В трубе, соединяющей консерватор с баком, помещается у трансформатора с мощностью, превышающей 1 000 kVA, защитное газовое реле Бухгольца.

Зажимы обмоток выводятся наружу через проходные изоляторы (см.) в крышке бака; в Э. т. для установки в шахтах пользуются кабелем. При высоких напряжениях употребляют конденсаторные выводы и маслонаполненные изоляторы—б у ш и н г и. У Э. т. с напряжением до 6 kV изоляторы делают трехклеммными—выводятся через один изолятор 3 зажима от концов обмотки каждой фазы. Это делается для регулирования напряжения на ± 5%. У Э. т. мощностью свыше 1 000 kVA переключение числа витков делается по середине обмотки. Соответствующие отпайки подводятся к особому переключателю, монтируемому внутри кожуха; штанга для управления выводится наружу.

Параллельная работа Э. т. заключается в том, что два или несколько Э. т. трансформируют энергию в общую вторичную сеть. Первичные обмотки параллельно включенных Э. т. питаются от той же сети или при параллельной работе станций—от разных сетей. Двустороннее параллельное включение применяется: 1) при сильно меняющейся нагрузке, 2) для удешевления резерва, 3) при постепенном увеличении мощности подстанции. В первом случае выгодно иметь несколько Э. т. вместо одного мощного, т. к. в часы малой нагрузки можно отключить часть их, отчего увеличивается за счет уменьшения потерь в железе кпд всей установки. Применение нескольких Э. т. вместо одного удешевляет резерв, т. к. последний м. б. рассчитан при этом лишь на часть мощности. Электрически соединены м. б. лишь зажимы вторичных обмоток, имеющие в любой момент одинаковый потенциал. У трехфазных Э. т. это условие выполнимо при одинаковом (0°, 180°, 150° и 330°) сдвиге треугольников вторичных напряжений относительно первичных. Параллельно вообще м. б. включены трехфазные Э. т. с соединениями: 1) звезда/звезда, треугольник/треугольник и треугольник/зигзаг или 2) звезда/треугольник, треугольник/звезда и звезда/зигзаг. Включение на параллельную работу всегда требует проверки сдвига вторичных напряжений относительно первичных. При двустороннем параллельном соединении Э. т. должны иметь одинаковые коэф-ты трансформации. При неравенстве их Э. т. с большей вторичной эдс посылает при холостом ходе уравнительный ток в другие Э. т. Уравнительный ток при двух Э. т. определяется выражением:

$$I = \frac{\gamma I_1}{e_{k_1} + \frac{e_{k_2}}{b} + \gamma \frac{e_{k_2}}{100b}},$$

где γ —разность коэф-тов трансформации в %, I_1 —номинальный ток одного из Э. т., b —отношение номинального тока другого Э. т. к току I_1 , e_{k_1} и e_{k_2} —напряжения короткого замыкания. Нагрузка сети должна распределяться между Э. т. пропорционально их мощностям. Идеальная параллельная работа происходит при равенстве у Э. т. e_k и e_r . Нормы допускают

отличие в напряжениях короткого замыкания в пределах $\pm 10\%$ от среднего значения. При параллельной работе Э. т. разных мощностей рекомендуется, чтобы меньший имел большее e_k . Ток нагрузки равен геометрич. или арифметич. сумме токов Э. т. Второе имеет место при равенстве не только e_k , но и e_r Э. т.; этот случай выгоден, т. к. при нем получают наименьшие потери в обмотках. В виду трудности иметь одинаковые e_k и e_r у Э. т. разных мощностей не рекомендуется параллельная работа Э. т. с мощностями, отличными друг от друга больше чем в три раза. При неравенстве e_k нагрузка распределяется обратно пропорционально им. При параллельной работе нескольких Э. т. нагрузка в kVA, приходящаяся на n -ый Э. т., определяется выражением:

$$kVA_n = \frac{P}{\frac{P_1}{e_{k1}} + \frac{P_2}{e_{k2}} + \dots + \frac{P_n}{e_{kn}}} \cdot \frac{P_n}{e_{kn}}$$

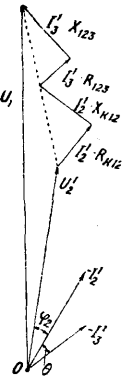
где P —мощность нагрузки в kVA, P_1, P_2 и т. д.—номинальные мощности; e_{k1}, e_{k2} и т. д.—напряжения короткого замыкания в %. Для улучшения распределения нагрузок при параллельной работе Э. т. с неравными e_k пользуются: 1) *дрессельными катушками* (см.) или *реакторами* (см.); 2) изменением числа витков Э. т. Включение одного из Э. т. через дроссельные катушки равносильно увеличению e_k ; путем подбора можно добиться надлежащего распределения нагрузок. При втором способе уменьшают число витков первичной обмотки у Э. т. с большим e_k , отчего увеличивается его нагрузка. Этот способ связан с уравнительным током при холостом ходе.

Трехобмоточные Э. т. имеют на каждом стержне по три электрически не связанные обмотки, приключенные к трем различным сетям. Две обмотки обычно соединены звездой, а одна—треугольником. Трехобмоточные Э. т. применяются в мощных высоковольтных сетях для замены двух отдельных Э. т. в случае: 1) трансформирования энергии из первичной сети с напряжением U_1 в две вторичные сети с напряжениями U_2 и U_3 , 2) для трансформирования из двух первичных сетей в одну общую вторичную. В первом случае у повысительного трехобмоточного Э. т. первичные обмотки соединяются треугольником, вторичные—звездой. У понизительного трехобмоточного Э. т. первичные обмотки (напр. для 110 kV) соединяются в звезду, вторичные—для большего напряжения (напр. 33,5 kV) в звезду и для меньшего (напр. 6,6 kV) в треугольник. Очень распространено питать этой обмоткой синхронный компенсатор. Трехобмоточный Э. т. дешевле и занимает меньше места, чем два соответствующих отдельных Э. т. Добавочная третичная обмотка применяется и в Э. т., приключаемых только к двум силовым сетям. В этом случае она соединена в треугольник и служит: 1) для прохождения токов третьей гармоники, 2) для питания измерительных и защитных цепей, 3) для выравнивания нагрузки фаз первичной сети у Э. т. при соединении первичной обмотки в звезду, а вторичной—в звезду с нулевым проводом.

Разберем работу трехобмоточного Э. т. при передаче энергии из одной первичной сети в две вторичные. Пренебрегая намагничивающим током, можно считать, что сумма ампервитков трех обмоток равна нулю:

$$I_1 w_1 + I_2 w_2 + I_3 w_3 = 0.$$

Учитывая, что обычно сдвиг между токами I_1 и I_2 невелик, можно принять первичный ток равным сумме приведенных вторичных токов. При питании одной из вторичных обмоток синхронного компенсатора вследствие большого сдвига (ок. 120°) между I_3 и I_1 , первичный ток м. б. равен приведенному вторичному или третичному току. Первичная обмотка обычно не рассчитывается на суммарную мощность вторичных обмоток, а конструируется для той же (или на 33% большей) мощности, что и одна из вторичных. При нагрузке трехобмоточного Э. т. напряжения вторичных обмоток не равны напряжениям при холостом ходе; изменение напряжения на зажимах одной из обмоток зависит от токов и сдвигов фаз в обеих вторичных обмотках. На фиг. 16 приведена векторная диаграмма напряжений для одной из вторичных обмоток. На диаграмме



Фиг. 16.

$$R_{k12} = R_1 + R'_2; X_{k12} = X_1 + X'_2;$$

$$R_{k13} = \frac{R_{k12} + R_{k13} + R_{k23}}{2}; X_{k13} = \frac{X_{k12} + X_{k13} + X_{k23}}{2}.$$

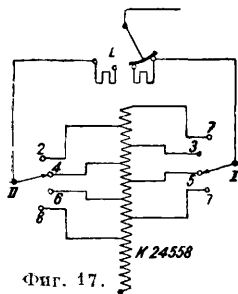
Диаграмма для третьей обмотки аналогична данной. Отметим, что практически напряжения U_2 и U_3 почти совпадают по фазе.

Трехобмоточный Э. т. может работать параллельно с другим трехобмоточным Э. т. и с двухобмоточным Э. т. Возможны три случая: 1) параллельная работа и вторичных и третичных обмоток, 2) параллельная работа только вторичных или только третичных обмоток, 3) параллельная работа одной из обмоток со вторичной обмоткой двухобмоточного Э. т. В первом случае параллельная работа протекает удовлетворительно, если напряжения короткого замыкания между отдельными обмотками мало отличаются друг от друга. Изменения нагрузок обмоток одной из вторичных сетей мало влияют на распределение токов в обмотках другой сети. Во втором и третьем случаях величина тока в изолированной работающей обмотке трехобмоточного Э. т. оказывает влияние на распределение токов в параллельно включенных обмотках. Для уменьшения этого влияния применяют особое размещение обмоток—помещают первичную обмотку между вторичной и третичной, что уменьшает изменение индуктивного падения напряжения при изменении тока другой обмотки. Подобное размещение однако является конструктивно менее удобным, чем то, при котором обмотки высшего напряжения помещаются снаружи, а обмотки с меньшим напряжением концентрично внутри. Отметим, что вопрос параллельной работы трехобмоточного Э. т. с двухобмоточным является весьма серьезным и требует просчетов.

Э. т. с изменяемым при нагрузке коэффициентом трансформации широко применяются в современных электропередачах и для питания ртутных выпрямителей, преобразователей, электропечей и др. в тех случаях, когда требуется регулирование вторичного напряжения. Стоимость их примерно на 40% больше, чем обычных Э. т. В одних системах можно ступенями регулировать напряжение, в других плавно. В первых вторичное напряжение регулируют обычно на $\pm 10\%$ ступенями в 2%; в

Э. т. для печей делают большие пределы. Во вторых достигается регулирование в пределах $\pm 100\%$. Мощность Э. т. с плавным регулированием ограничивается несколькими сотнями kVA. Э. т. с регулированием ступенями строятся мощностью в тысячи kVA. Для регулирования в высоковольтных Э. т. используются обычно добавочным автотрансформатором или серийным Э. т. Эти системы дороже, но безопаснее, так как в случае порчи регулирующего устройства можно его отключить и оставить главный Э. т. под нагрузкой. У Э. т. значительной мощности управление осуществляется сервомотором мощностью в долях Н. В обеих системах возможно ручное управление сервомотором и автоматическое от реле. Автоматическое управление очень сложно—оно содержит реле управления, реле, блокирующее при коротком замыкании, промежуточное с выдержкой времени, сигнальные устройства, быстродействующие тормоза, сервомотор с конечным выключателем и др. В последнее время за границей широко распространились Э. т. с автоматическим управлением для поддержания постоянства напряжения на концах фидеров.

Э. т. со ступенчатым регулированием отличаются от нормальных Э. т. тем, что одна из обмоток снабжена рядом отпаек (выводов). Для регулирования производят переключения, отчего меняется число витков, обтекаемых током. Все системы можно разбить на две: в одних Э. т. в нулевую точку звезды связывают те или иные отпайки, в других—первичную или вторичную сеть приключают к тем или иным отпайкам. В обеих системах при этом меняется число рабочих витков. Переключения производятся под нагрузкой—без разрыва рабочей цепи. Отдельные конструкции отличаются друг от друга способом переключений. В США распространена система со многими масляными контакторами. Последние помещаются в отдельном баке с маслом; туда же вводятся отпайки от витков обмотки. Бак укреплен обычно сбоку бака Э. т. Регулирование осуществляется последовательным включением контакторов, причем каждый из них выключается лишь после выключения следующего. В момент, когда включены одновременно два контактора, часть обмотки Э. т. ими закорочена. Для ограничения силы тока в ней служит реактор со слабо насыщенным железом; рабочий провод приключается к средней точке его обмотки. После переключения реактор закорачивается. В другой системе, широко распространенной в Европе, применяют один масляный контактор на каждую фазу

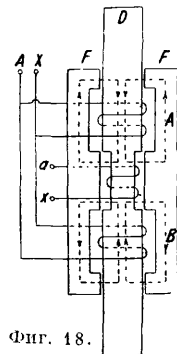


Фиг. 17.

(фиг. 17). Рабочий ток проходит через контактор и коммутатор *II*. При регулировании коммутатор *I*, находясь не под током, ставится на соответствующие контакты. Контакттор соединяет затем оба коммутатора параллельно через активное сопротивление или реактор; последние служат для ограничения тока в закороченной части обмотки. Процесс переключения заканчивается тем, что контактор отключает коммутатор *II*. Как видим, в этой конструкции для разрывания тока д. б. рассчитаны только контакторы; они помещаются в отдельном баке.

Коммутаторы устанавливаются в том же баке, что электрический трансформатор.

Существует ряд разновидностей описанной системы. В системе двояных щеток оба коммутатора работают нормально параллельно. Лишь в процессе переключений они по очереди отключаются для перестановки. В США применяют Э. т. с двумя параллельными обмотками; переключения осуществляются поочередно в каждой отключаемой при этом обмотке. Эта система очень дорога. Плавное регулирование осуществляется: 1) передвижным Э. т., 2) Э. т. с подвижной короткозамкнутой обмоткой. Во всех этих Э. т. изменение вторичного напряжения происходит вследствие изменения величины полезного магнитного потока. Передвижной Э. т. делается однофазным. Для трехфазного тока применяют три однофазных Э. т.; их помещают обычно в общем баке с общим приводом. Э. т. состоит из двух частей (фиг. 18): сердечника *D* и ярма *F*, взаимно передвигаемых. Подвижным делается обычно ярмо. Обе части, собранные из железа и шлифованные друг к другу, несут обмотки. На сердечнике помещается вторичная обмотка, на ярме—две параллельно соединенные первичные обмотки *A* и *B*. Они включены так, обр., что создают потоки, направленные в сердечнике в разные стороны. Вторичное напряжение максимально, когда вторичная обмотка concentрична с одной из первичных, и равно нулю, когда она находится между ними. Для уменьшения рассеяния на ярме помещается еще добавочная короткозамкнутая компенсационная обмотка. Очень часто первичная и вторичная обмотки соединяются между собой по схеме автотрансформатора. Э. т. с подвижной закороченной обмоткой делается с однофазным броневым магнитоприводом. Первичная обмотка разбита на две последовательно соединенные части—одна помещается сверху, другая внизу среднего сердечника. Концентрично с ними помещаются половины вторичной обмотки; обе ее части включаются навстречу. Средняя часть сердечника свободна. По ней можно передвигать закороченную обмотку. Вторичное напряжение равно нулю при нахождении подвижной обмотки по середине сердечника и максимально при ее крайних положениях. Это происходит вследствие перераспределения напряжений на частях первичной обмотки, происходящего из-за действия закороченной обмотки. При неодинаковом числе витков в половинах вторичной обмотки получают минимальное и максимальное напряжения при крайних положениях подвижной катушки. Основанные на том же принципе автотрансформаторы применяются для автоматической стабилизации напряжения.



Фиг. 18.

Вольтодобавочный Э. т. (бустер, серийный Э. т.) применяется для регулирования напряжения в высоковольтных сетях. Он имеет две обмотки. Одна из них включается последовательно с сетью, напряжение которой регулируется; эта обмотка обтекается главным током. Вторая обмотка вольтодобавочного Э. т. приключается к другой сети или же ко второй обмотке возбуждательного понизительного Э. т.,

приключенного к основной сети. Вольтодобавочный Э. т. добавляет к напряжению сети величину, равную произведению из его коэф-та трансформации на напряжение, приложенное к его первичной возбуждательной обмотке. Изменяя его коэф-т трансформации или (при напряжениях сети порядка 100 kV) изменяя напряжения на его первичной обмотке, можно менять добавочное напряжение и тем самым регулировать напряжение основной сети. Размеры вольтодобавочного Э. т. определяются его собственной мощностью, равной

$$P_{с. м.} = \frac{P_1(U_2 - U_1)}{U_1},$$

где P_1 — мощность, идущая из основной сети, U_1 и U_2 — напряжения до и после вольтодобавочного Э. т. Путем пересоединения концов одной из обмоток вольтодобавочный Э. т. можно превратить в «вольтоубавочный» Э. т. Отметим, что первичная обмотка никогда не д. б. разомкнута, т. к. при этом вторичная обмотка превращается в дроссельную катушку и м. б. пробита; кроме того перегревается железо вольтодобавочного Э. т. Для регулирования напряжения часто пользуются двумя вольтодобавочными Э. т. (система Рейхенбаха). В этом случае обычно один вольтодобавочный Э. т. добавляет напряжение на 2%, другой на 6%. Путем согласного или встречного включения возбуждательных обмоток или же закорачивания у одного из вольтодобавочных Э. т. получают 8 ступеней регулирования: $\pm 2, 4, 6$ и 8%. Достоинство этой системы — отсутствие отпаек у вольтодобавочных Э. т. или у их возбуждательных Э. т.

Трансформирование числа фаз. 1) Трансформирование трехфазного тока в двухфазный применяется для питания (от трехфазных сетей) двухфазных потребителей (электрич. ж. д., двухфазные печи Рехлинг-Роденгаузера). Трансформация осуществляется двумя или тремя однофазными Э. т. или специальными Э. т. а) Система Скотта.

Для трансформации числа фаз используются двумя однофазными Э. т. T_I и T_{II} , обмотки к-рых соединены согласно фиг. 19. Концы A, B и C приключаются к трехфазной сети, а на концах вторичных обмоток a_1, x_1 и a_2, x_2 получаются двухфазные напряжения. Для трехпроводной двухфазной системы концы x_1 и a_1 соединяются. Вторичные обмотки обоих Э. т. имеют одинаковое число витков; первичная обмотка T_I (обмотка AO) имеет на 13,4% меньше витков, чем обмотка BC . Для уменьшения рассеяния половины обмотки BC (BO и OC) д. б. перемешаны почастям или расположены концентрично. Отметим, что O не является нулевой точкой трехфазной системы. Система Скотта применяется и для трансформации двухфазного тока в трехфазный: при трехпроводной двухфазной системе с неравными нагрузками фаз применяют видоизмененную схему. б) Система Тейлора. Для трансформирования пользуются тремя однофазными Э. т. Первичные об-

мотки включаются треугольником в трехфазную сеть (фиг. 20), вторичные обмотки соединяются также в треугольник. Двухфазная сеть двумя концами приключается к вершинам треугольника и двумя концами к отпайкам в двух Э. т. в) Э. т. Зоннса имеет трехфазный магнитопровод, средний стержень к-рого большего сечения, чем крайние. Первичная обмотка соединена в звезду; начала ее приключены к трехфазной сети. Средняя фаза, помещаемая на среднем стержне, имеет число витков, равное 36,6% от числа витков каждой из крайних фаз. Вторичная обмотка имеет равное число витков на каждом стержне. Напряжения, индуцированные во вторичных обмотках крайних стержней, сдвинуты на 90° , т. е. дают двухфазную систему. Вторичные обмотки крайних стержней соединяются треугольником вместе с вторичной обмоткой среднего стержня, являющейся компенсационной обмоткой. Нейтральный провод трехпроводной двухфазной сети подводится к соединенным между собой началу одной крайней фазы и концу другой. Крайние провода подводятся соответственно к концу одной крайней и началу другой. Э. т. системы Зоннса для несопряженных двухфазных сетей имеет кроме фазных обмоток на двух крайних стержнях еще компенсационную обмотку, соединенную треугольником (недостаток: несимметричность конструкции сердечника). г) Э. т. Тейлора. Первичная обмотка соединена в треугольник и помещена на обычном трехфазном сердечнике. На среднем стержне помещены две вторичные обмотки, имеющие по 36,6% числа витков вторичной обмотки каждого из крайних стержней. Одна вторичная обмотка среднего стержня соединяется последовательно с обмоткой одного крайнего стержня, другая с обмоткой другого. На концах каждой пары обмоток получаются напряжения, взаимно сдвинутые на 90° . д) Э. т. сист. AEG. Первичная обмотка соединена звездой и помещена на обычном сердечнике. Двухфазная система образуется с помощью пяти обмоток, три из к-рых соединены в треугольник, а две присоединены к двум его вершинам. Этот Э. т. может питать только двухфазную сеть с нейтральным проводом. Достоинством по сравнению с Э. т. сист. Тейлора является соединение первичных обмоток звездой.

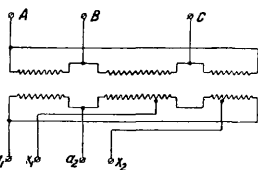
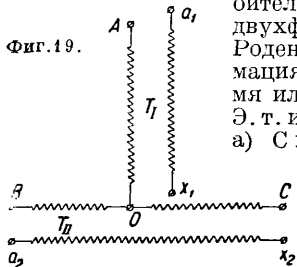
2) Трансформирование трехфазного тока в шести фазный широко применяется для питания преобразователей (см.) и выпрямителей (см.). Для трансформирования используются: 1) тремя однофазными Э. т., 2) одним трехфазным с 3 или 5 стержнями. В первом случае первичные обмотки трех однофазных Э. т. соединяются в звезду или треугольник. Вторичные обмотки соединяют разными способами. а) Диаметральная схема (фиг. 21). Обмотки соединяются между собой только через нагрузку, приключаемую своими шестью концами к трем началам a, b, c и трем концам x, y, z вторичных обмоток. Эта схема применяется для преобразователей. Достоинством является наименьшее число выводов у вторичных обмоток. б) Двойная звезда: середины вторичных обмоток соединяются между собой и образуют нулевую

мотки включаются треугольником в трехфазную сеть (фиг. 20), вторичные обмотки соединяются также в треугольник. Двухфазная сеть двумя концами приключается к вершинам треугольника и двумя концами к отпайкам в двух Э. т. в) Э. т. Зоннса имеет трехфазный магнитопровод, средний стержень к-рого большего сечения, чем крайние. Первичная обмотка соединена в звезду; начала ее приключены к трехфазной сети. Средняя фаза, помещаемая на среднем стержне, имеет число витков, равное 36,6% от числа витков каждой из крайних фаз. Вторичная обмотка имеет равное число витков на каждом стержне. Напряжения, индуцированные во вторичных обмотках крайних стержней, сдвинуты на 90° , т. е. дают двухфазную систему. Вторичные обмотки крайних стержней соединяются треугольником вместе с вторичной обмоткой среднего стержня, являющейся компенсационной обмоткой. Нейтральный провод трехпроводной двухфазной сети подводится к соединенным между собой началу одной крайней фазы и концу другой. Крайние провода подводятся соответственно к концу одной крайней и началу другой. Э. т. системы Зоннса для несопряженных двухфазных сетей имеет кроме фазных обмоток на двух крайних стержнях еще компенсационную обмотку, соединенную треугольником (недостаток: несимметричность конструкции сердечника). г) Э. т. Тейлора. Первичная обмотка соединена в треугольник и помещена на обычном трехфазном сердечнике. На среднем стержне помещены две вторичные обмотки, имеющие по 36,6% числа витков вторичной обмотки каждого из крайних стержней. Одна вторичная обмотка среднего стержня соединяется последовательно с обмоткой одного крайнего стержня, другая с обмоткой другого. На концах каждой пары обмоток получаются напряжения, взаимно сдвинутые на 90° . д) Э. т. сист. AEG. Первичная обмотка соединена звездой и помещена на обычном сердечнике. Двухфазная система образуется с помощью пяти обмоток, три из к-рых соединены в треугольник, а две присоединены к двум его вершинам. Этот Э. т. может питать только двухфазную сеть с нейтральным проводом. Достоинством по сравнению с Э. т. сист. Тейлора является соединение первичных обмоток звездой.

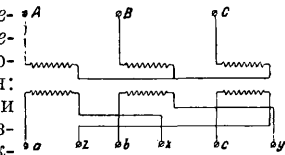
2) Трансформирование трехфазного тока в шести фазный широко применяется для питания преобразователей (см.) и выпрямителей (см.). Для трансформирования используются:

1) тремя однофазными Э. т., 2) одним трехфазным с 3 или 5 стержнями. В первом случае первичные обмотки трех однофазных Э. т. соединяются в звезду или треугольник. Вторичные обмотки соединяют разными способами. а) Диаметральная схема (фиг. 21). Обмотки соединяются между собой только через нагрузку, приключаемую своими шестью концами к трем началам a, b, c и трем концам x, y, z вторичных обмоток. Эта схема применяется для преобразователей. Достоинством является наименьшее число выводов у вторичных обмоток. б) Двойная звезда: середины вторичных обмоток соединяются между собой и образуют нулевую

Фиг. 19.

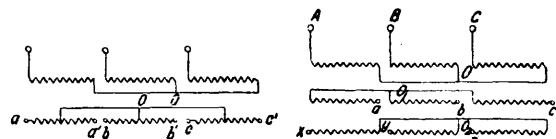


Фиг. 20.



Фиг. 21.

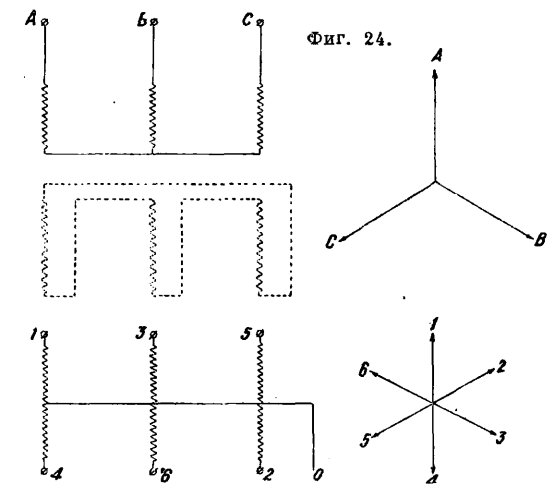
точку шестифазной сети, подключаемой к шести выводам вторичных обмоток (фиг. 22). Векторная диаграмма напряжений имеет вид двойной звезды. в) Независимые системы: вторичные обмотки каждого Э. т. делятся на две части *a* и *x*, *b* и *y*, *c* и *z* (фиг. 23). Обмотки *a*, *b* и *c* соединяются в звезду своими началами, обмотки *x*, *y* и *z* — концами. Векторные диаграммы напряжений несвязанных трехфазных систем повернуты взаимно на 180°. Иногда обмотки *a*, *b*, *c* и соответственно *x*, *y*, *z* соединяют в два треугольника, причем т. о., что



Фиг. 22.

треугольники напряжений повернуты на 180°; первичные обмотки в этом случае обычно также соединяют в треугольник.

При трансформировании одним Э. т. пользуются разными схемами соединений. а) Дифференциальная схема: только в Э. т. для преобразователей. б) Первичная обмотка — треугольник, вторичная — двойная звезда: для мощных выпрямителей эта простая схема вследствие дурного использования Э. т. применяется только, когда требуется получить крутую внешнюю характеристику и при компаундировании дросселем. в) Первичная обмотка — звезда,



Фиг. 24.

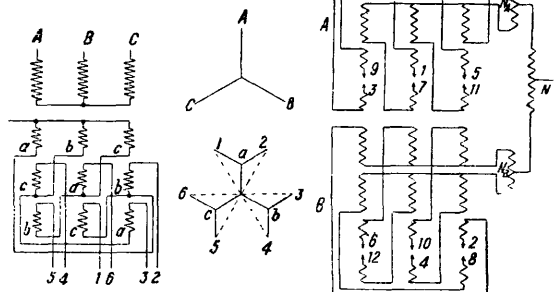
вторичная — двойная звезда. Э. т. для ртутных выпрямителей при этой схеме имеет, если первичная сеть без нулевого провода, третичную обмотку, соединенную в треугольник (пунктир на фиг. 24). Эта обмотка служит для уничтожения токов тройной частоты, имеющих место при работе выпрямителя и вызывающих потоки рассеяния. Схема

«звезда — двойная звезда» применяется и в пятистержневых Э. т. для выпрямителей. Добавочные два стержня магнитопровода, служащие магнитными шунтами, делаются для получения желательной



Фиг. 25.

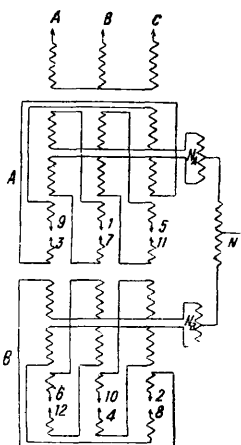
внешней характеристики выпрямителя. г) Первичная обмотка — звезда или, реже, треугольник; вторичная обмотка соединена в две звезды, нулевые точки которых соединены между собой особым междуфазовым Э. т. (катушка Кюблера, отсасывающий дроссель, фиг. 25). Эта система широко применяется для выпрямителей. Для питания двенадцатианодных выпрямителей Э. т. строятся по этой схеме с двумя вторичными обмотками; одна шестифазная обмотка располагается внутри первичной обмотки, а вторая — concentрично снаружи. Обычно при этом применяют для каждой шестифазной обмотки свой дроссель. д) Первичная обмотка — звезда, вторичная — двойной зигзаг. Э. т. с этой схемой строятся для советских ртутных выпрямителей. Вторичная обмотка состоит из девяти частей, соединенных между собой по фиг. 26. Векторная диаграмма напряжений показывает, что напряжение между нуле-



Фиг. 26.

вой точкой и концами 1, 2, 3, 4, 5, 6 сдвинуты на 60°. Для питания двенадцатианодного выпрямителя пользуются или двумя независимыми вторичными обмотками или делают общую внутреннюю звезду и отдельные концевые обмотки зигзагом.

3) Трансформирование трехфазного тока в двенадцати фазный применяется для питания двенадцати фазных выпрямителей и осуществляется разными способами. На фиг. 27 изображена наиболее распространенная схема соединений обмоток Э. т. с тремя междуфазовыми дросселями; первичная обмотка, подключаемая к трехфазной сети, соединена звездой. Двенадцати фазная система напряжений получается на концах 1, 2, ..., 12 вторичной обмотки. Последняя состоит из четырех трехфазных обмоток, соединенных каждая в неравносторонний зигзаг. Трехфазные обмотки попарно, через междуфазовый дроссель, соединены нулевыми точками и образуют две шестифазные системы А и В, напряжения которых сдвинуты взаимно на 30°. Сред-



Фиг. 27.

ние точки дросселей шестифазных систем соединены через третий дроссель. К средней точке его приключается нейтральный провод двенадцатифазной сети. При отсутствии дросселей непосредственно соединяют четыре нулевые точки четырех трехфазных zigзагов.

Автотрансформатор отличается от трансформатора тем, что имеет лишь одну обмотку. У понизительного автотрансформатора к первичной сети приключается вся обмотка, и только часть ее приключается ко вторичной сети (фиг. 28); у повысительного автотрансформатора, наоборот. Коэф. трансформации равен отношению числа витков, приключенных к первичной сети, к числу витков, приключенных ко вторичной обмотке. В общей части обмотки протекает разность токов I_1 и I_2 , отличная (кроме автотрансформатора с коэф. трансформации 2 и $1/2$) по величине от силы тока в остальной части обмотки, поэтому она делается другого сечения. Для уменьшения рассеяния обе части обмотки располагаются концентрично или, при дисковой обмотке, перемешиваются. Автотрансформатор передает

мощность из первичной сети во вторичную часть непосредственно электрич. путем и частью путем индукции, как электрический трансформатор. Размеры и вес автотрансформатора определяются в основном электромагнитной мощностью; последнюю называют собственной мощностью автотрансформатора в отличие от «проходной мощности», равной всей вторичной мощности P_2 . Для понизительного автотрансформатора собственная мощность

$$P_T = P_2 \frac{U_1 - U_2}{U_1},$$

мощность, передаваемая электрически,

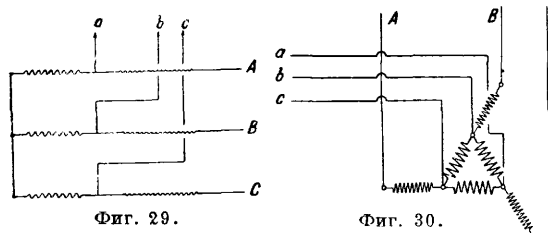
$$P_{\text{Э}} = P_2 \frac{U_2}{U_1};$$

для повысительного автотрансформатора

$$P_T = P_2 \frac{U_2 - U_1}{U_2},$$

$$P_{\text{Э}} = P_2 \frac{U_1}{U_2}.$$

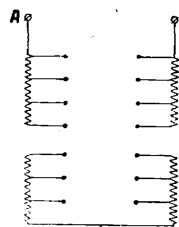
У автотрансформатора КПД выше, чем у трансформатора для той же вторичной мощности; цена автотрансформатора примерно такая же,



как Э. т. для мощности, равной собственной мощности автотрансформатора. Отсюда следует, что применение автотрансформатора особенно выгодно для малых коэф. трансформации, когда мало отношение собственной мощности к проходной.

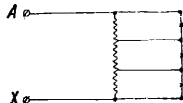
Трехфазный ток трансформируется тремя однофазными автотрансформаторами или одним трехфазным. Обмотки обычно соединяют

звездой (фиг. 29) или по схеме фиг. 30. При звезде нулевая точка заземляется непосредственно или через разрядник. В трехфазных автотрансформаторах при соединении звездой делают иногда третичную обмотку, соединенную треугольником. Для пуска в ход трехфазных двигателей пользуются двумя однофазными автотрансформаторами, соединенными открытым треугольником. Автотрансформаторы применяются гл. обр. для пуска в ход двигателей, в различных системах регулирования напряжения, для повышения напряжения на концах линий передачи и для возможности параллельной работы несоответствующих Э. т. Обмотка автотрансформатора для пуска имеет ряд отпаек. При пуске двигателя его цепь особой аппаратурой переключается от одних отпаек к другим, отчего соответственно увеличивается вторичное напряжение. Автотрансформаторы для регулирования напряжения делают нескольких систем. Регулирование производится: 1) изменением числа витков в цепи главного тока, 2) изменением числа витков возбуждательной обмотки, 3) последовательно-параллельным переключением витков возбуждательной обмотки, 4) переключением возбуждательной обмотки со звезды на треугольник (система Зессингауза). Регулировочные автотрансформаторы работают как повысительные и как понизительные; для этого у них переключаются концы и начала одной из частей обмотки. Для понижения напряжения служит



Фиг. 31.

противосоединения, для повышения — последовательное соединение обеих частей обмотки. Свообразную схему соединений имеют американские регулировочные автотрансформаторы (фиг. 31); по системе обмотки они являются промежуточными между авто-



Фиг. 32.

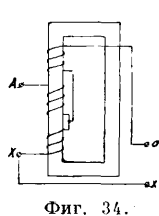
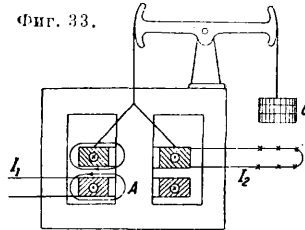
трансформатором и Э. т. Регулировочные автотрансформаторы для малых мощностей примерно до 10 kVA делаются без отпаек. Вместо них просто оголяется часть обмотки и по ней передвигают щетку—вывод. Иногда делают несколько (до 10) щеток для нескольких независимых вторичных цепей. В этих автотрансформаторах щетка закорачивает один или несколько витков. Для того чтобы они не перегревались, число вольт на виток берется небольшим—ок. 0,5. С той же целью применяется обмотка автотрансформатора, предложенная В. Ясинским; она состоит из параллельных проводов, намотанных вперемежку в один слой. Щетка не закорачивает виток одной и той же параллельной цепи, т. к. она для этого слишком узка. Автотрансформаторы с ползушкой применяются в регулировочных устройствах аппаратов для испытания масла, кабеля, в рентгеновских аппаратах и др.

Делитель напряжения (дивизор) представляет собой автотрансформатор с обмоткой, разделенной на m равных частей. К каждой части приключается цепь (фиг. 32), причем напряжение на ее зажимах равно U_1/m . Если во всех вторичных цепях включена на-

груза, то через обмотку дивизора протекает минимальный ток. Дивизоры применяются для включения нескольких приемников с номинальным напряжением, в несколько раз меньшим напряжения сети (напр. для питания от сети 220 В двух групп ламп в 110 В).

Э. т. постоянной силы тока применяется для питания последовательно соединенных приемников вторичной сети, чтобы иметь в ней постоянную силу тока вне зависимости от: 1) величины ее сопротивления и 2) величины колебаний напряжения в первичной сети. Соответственно различают Э. т. постоянной силы тока и стабилизаторы напряжения. Первые применяются в Америке и Италии для питания последовательно соединенных дуговых фонарей; они поддерживают во вторичной сети постоянную силу тока, обычно 6,6 А, независимо от числа горящих и закороченных ламп. Вторичное напряжение обычно 2 300 В и ниже. Стабилизаторы в последнее время находят себе применение для питания цепей накала выпрямителей и др. Вторичная сила тока изменяется в них приблизительно на 1% при

Фиг. 33.

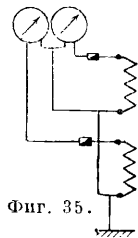


Фиг. 34.

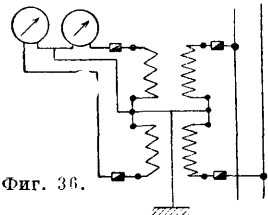
изменении U_1 на 40%. Конструкция и принцип действия Э. т. и стабилизаторов напряжения одни и те же. Вторичная обмотка (фиг. 33) не закреплена на сердечнике и может передвигаться. Она уравновешена грузом С. Чем больше расстояние между обмотками, тем больше рассеяние и больше коэф. трансформации $U_1:U_2$. При отбегании вторичной обмотки током между ней и первичной обмоткой А возникают электродинамич. силы отталкивания. Под действием их подвижная обмотка занимает такое положение, что образуется равновесие между силами отталкивания, грузом и весом обмотки. При изменении сопротивления вторичной сети или (в стабилизаторе) первичного напряжения равновесие нарушается, и подвижная обмотка передвигается. Она удаляется при уменьшении сопротивления или увеличении U_1 и приближается при обратном до тех пор, пока вторичный ток не примет прежнего значения. В мощных Э. т. вторичная обмотка разделена на две подвижные, последовательно соединенные катушки, помещенные между параллельно соединенными первичными. Э. т. изготавливаются с масляной изоляцией для наружной установки. Вследствие большого рассеяния $\cos \varphi_1$ Э. т. не велик. Для его увеличения американцы приключают конденсаторы параллельно первичной обмотке. В стабилизаторе $\cos \varphi_1$ обратно пропорционален величине U_1 . Обмотки стабилизатора м. б. соединены и по схеме автотрансформатора, что выгодно при малых коэф. трансформации. Однако при этом ухудшается стабилизация. Несколько лучшей является система автора (фиг. 34), представляющая собой среднее между стабилизатором-трансформатором и стабилизатором-автотрансформатором.

Э. т. напряжения. Назначение, схемы включения, защита. Э. т. напряжения

служит для включения в высоковольтную сеть измерительных приборов, различных реле, автоматов, сигнальных ламп и др. аппаратов, рассчитанных на низкое напряжение, а также и для контроля изоляции сети. Первичная обмотка приключается к высоковольтной сети и рассчитывается на ее напряжение (например 6; 35; 100 kV), напряжение на вторичной обмотке обычно равно 100—110 В. Э. т. напряжения



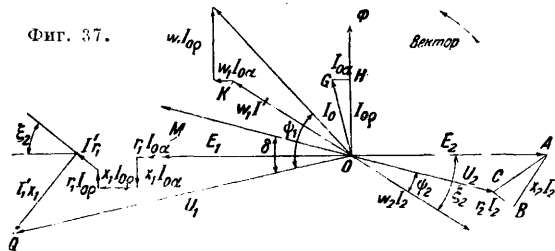
Фиг. 35.



Фиг. 36.

иногда имеет две вторичные обмотки—одну для питания реле и одну для измерительных приборов. Э. т. напряжения делаются однофазными и многофазными; первые имеют значительно большее распространение. Для понижения трехфазного напряжения пользуются: 1) двумя однофазными Э. т., соединенными открытым треугольником (самый распространенный способ), 2) тремя однофазными с соединением первичных и вторичных обмоток в звезду, 3) трехфазным Э. т. напряжения с обмотками, соединенными в звезду (нулевая точка первичной звезды нормально не выводится). Защита вторичной стороны от высокого напряжения осуществляется заземлением корпуса и заземлением в первом случае общей вершины вторичных обмоток (фиг. 35), а во втором и третьем — нулевой точки их. При включении однофазного Э. т. напряжения заземляется один из полюсов вторичной обмотки или, при контроле изоляции однофазной сети, середины обеих обмоток (фиг. 36). Э. т. напряжения защищаются

Фиг. 37.



от перегрузки во вторичной сети плавкими предохранителями, обычно 2-амперными. Внутри Э. т. напряжения может произойти короткое замыкание вследствие повреждения или сильного повышения первичного напряжения. Короткое замыкание особенно опасно для Э. т. напряжения с масляной изоляцией — может произойти взрыв. Для защиты сети от короткого замыкания в цепи первичной обмотки ставятся плавкие предохранители; для уменьшения силы тока при коротком включают последовательно с предохранителями добавочные сопротивления обычно 100—200 Ом на 1 kV.

Погрешности. В Э. т. напряжения д. б. по возможности малое падение напряжения, т. к. ко вторичной стороне их приключаются тонкие обмотки ваттметров, счетчиков и т. д. Э. т. напряжения конструируется т. о., что отношение между первичным и вторичным напряжениями при нагрузке отличается от номи-

нального коэф. трансформации всего на 0,1—3%, и угол между вторичным и первичным напряжениями отличается от 180° на «угол сдвига», равный всего до ±60°. На фиг. 37 изображена векторная диаграмма Э. т. напряжения. Из нее следует, что погрешность в коэф. трансформации

$$f_u(\%) = \frac{(w_1 : w_2) - (U_1 : U_2)}{w_1 : w_2}$$

равна

$$\Delta = - \left[\frac{I_2(r \cos \xi_2 + x \sin \xi_2)}{U_2} + \frac{r_1 I_{10} \alpha + x_1 I_{10} e}{U_2} \right] 100. (1)$$

Угол сдвига

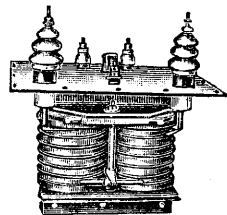
$$\delta' = 3438 \frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{I_2(x \cos \xi_2 - r \sin \xi_2) + x_1 I_{10} \alpha - r_1 I_{10} e}{U_2}. (2)$$

В ф-лах (1) и (2) $r = r_2 + \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 r_1$ и $x = x_2 + \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 x_1$, где r_1, r_2, x_1, x_2 —сопротивления обмоток. Угловую погрешность считают положительной при упреждении обращенного на 180° вектора U_2 относительно U_1 и отрицательной—при отставании. Из ф-л (1) и (2) следует, что погрешности, вызванные наличием падений напряжения в Э. т., зависят от постоянных Э. т., от величины тока холостого хода и от величины и сдвига фаз нагрузки. Для уменьшения влияния тока холостого хода магнитопровод Э. т.

делается из высоколегированного железа в 0,35 мм со сборкой в шихтовку; индукция берется в пределах 6 000—9 000 гаусс. Для уменьшения погрешностей в Э. т. берется очень малая плотность тока, порядка 0,1—0,3 А/мм². Из анализа формул (1) и (2) следует, что при том же сдвиге фаз погрешности прямолинейно изменяются в зависимости от величины нагрузки; последняя обычно дается в VA. Заводы ВЭО гарантируют для Э. т. напряжения погрешность в напряжении 1%, погрешность в угле ±45' при $\cos \varphi$ нагрузки в пределах 1—0,5. Данные относятся к номинальной мощности при U_1 , отличном от номинального в пределах ±10%. На фиг. 38а и 38б дана зависимость погрешностей от нагрузки для однофазного Э. т. 6 000/100 V с номинальной мощностью 50 VA завода ВЭО (f —выраженное в % отклонение действительного вторичного напряжения от номинального при различных режимах нагрузки, δ —ошибки в угле сдвига фаз между первичным и вторичным напряжением в минутах). Из графика на фиг. 38а и 38б видно влияние сдвига фаз нагрузки. В немецких нормах есть классы точности «Е» и «F». Для класса «Е» погрешность напряжения ±0,5%, угол погрешности ±20' при номинальной мощности $\cos \varphi = 0,6 \div 1$ и U_1 в пределах 80 ÷ 120%; для класса «F» погрешность напряжения ±1,5%, угол погрешности ±60' при том же $\cos \varphi$ и для $U_1 = 90 \div 110\%$ номинального. В этих данных

погрешность напряжения—в % от вторичного действительного напряжения. Э. т. напряжения дают при номинальной нагрузке большую погрешность в коэффициенте трансформации при U_1 , значительно меньшем номинального, так как падения напряжения сохраняют при этом свою величину при номинальном U_1 . Э. т. напряжения хорошо терпят перегрузку за счет точности измерений; максимальная допустимая мощность превышает номинальную обычно в 3—8 раз. Потери в Э. т. напряжения весьма малы, порядка 20 W. Погрешности зависят от частоты—при уменьшении ее при $U_1 = \text{Const}$ они увеличиваются, и обратно.

Конструкция Э. т. напряжения сходны в основном с конструкцией высоковольтного силового Э. т. Обмотки располагаются обычно concentрично на магнитопроводе стержневого типа. Первичная обмотка иногда полностью прикрывается изолирующим цилиндром. 3-ды ВЭО строят Э. т. напряжения с воздушной изоляцией для напряжений до 3 kV и с масляной изоляцией для больших напряжений. Фирма Сименс и Гальске применяет для электрического трансформатора напряжения с номинальным первичным напряжением до 15 kV особую изоляционную массу; для больших напряжений—масляную изоляцию. На фиг. 39 показан магнитопровод с обмотками Э. т. напряжения 6 000/100 V. Э. т. напряжения для наружной установки имеют изоляторы специального типа. Интересной конструкцией обладают Э. т. напряжения с воздушной изоляцией, выпускаемые фирмой Кох и Штерцель для высоких напряжений. Первичная обмотка наматывается на фарфоровой катушке, причем ее наружный конец заземляется, а внутренний выводится наружу через изолятор и приключается к первичной сети. Благодаря этой системе намотки получают малые размеры Э. т. напряжения. Для испытательных целей выпускаются Э. т. напряжения с изменяемым коэф-том трансформации, напр. 1 500/100, 3 000/100, 6 000/100 и 18 000/100. Это достигается при помощи параллельно-последовательного переключения частей первичной обмотки и при посредстве дополнительных вторичных обмоток. Подобные Э. т. напряжения всегда делают переносными.

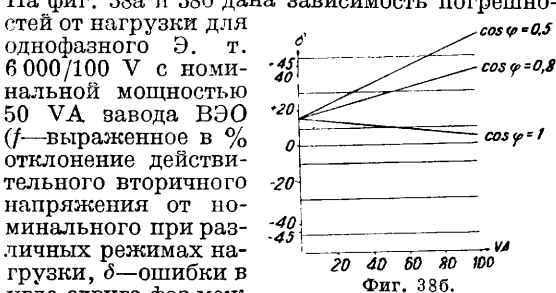


Фиг. 39.

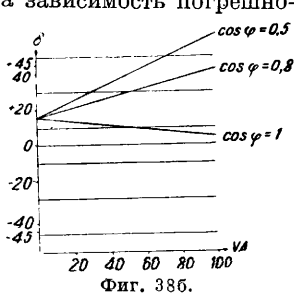
Э. т. напряжения для измерения напряжения относительно земли. Для измерения изоляции сети пользуются в случае трехфазной сети тремя однофазными Э. т. или одним трехфазным. При коротком замыкании одного из проводов сети одна фаза первичной обмотки замкнута накоротко (через заземление нулевой точки первичной обмотки и через место короткого), две же другие остаются под напряжением. Чтобы не было перегрева трехфазного Э. т., в к-ром все три фазы магнитно связанные, магнитопровод трехфазного Э. т. напряжения делается с пятью стержнями—на трех внутренних находятся фазовые обмотки; на внешних иногда помещают вспомогательные обмотки, питающие реле заземления; точность этих Э. т. напряжения не ниже, чем у обычных Э. т. напряжения.

К а с к а д н ы е Э. т. н а п р я ж е н и я применяются для напряжений порядка 100—200 kV;

же сдвиге фаз погрешности прямолинейно изменяются в зависимости от величины нагрузки; последняя обычно дается в VA. Заводы ВЭО гарантируют для Э. т. напряжения погрешность в напряжении 1%, погрешность в угле ±45' при $\cos \varphi$ нагрузки в пределах 1—0,5. Данные относятся к номинальной мощности при U_1 , отличном от номинального в пределах ±10%. На фиг. 38а и 38б дана зависимость погрешностей от нагрузки для однофазного Э. т. 6 000/100 V с номинальной мощностью 50 VA завода ВЭО (f —выраженное в % отклонение действительного вторичного напряжения от номинального при различных режимах нагрузки, δ —ошибки в угле сдвига фаз между первичным и вторичным напряжением в минутах). Из графика на фиг. 38а и 38б видно влияние сдвига фаз нагрузки. В немецких нормах есть классы точности «Е» и «F». Для класса «Е» погрешность напряжения ±0,5%, угол погрешности ±20' при номинальной мощности $\cos \varphi = 0,6 \div 1$ и U_1 в пределах 80 ÷ 120%; для класса «F» погрешность напряжения ±1,5%, угол погрешности ±60' при том же $\cos \varphi$ и для $U_1 = 90 \div 110\%$ номинального. В этих данных

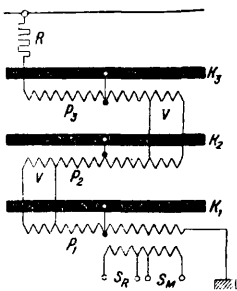


Фиг. 38а.

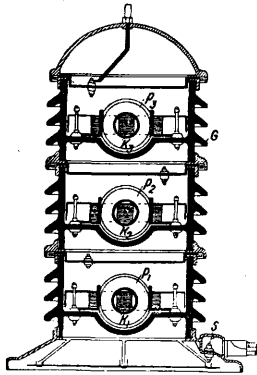


Фиг. 38б.

при таких напряжениях они значительно компактнее и дешевле простых Э. т. напряжения. Каскадный Э. т. напряжения делается однофазным, причем один конец высоковольтной обмотки его заземлен. Для включения в трехфазную сеть нужно 3 Э. т. напряжения. Первичная обмотка каскадного Э. т. напряжения разбита на части (для $U_1=100$ kV обычно 3 части; для 220 kV—6 частей), каждая часть намотана на отдельный сердечник, последний электрически соединяется с серединой намотанной на нем части первичной обмотки. Очевидно изоляция каждого звена д. б. рассчитана на $\frac{U_1}{2n}$, где n —число звеньев. Сердечники изолированы друг от друга. Последний сердечник несет на себе вторичные обмотки. Для равномерного распределения напряжения по отдельным звеньям при нагрузке устраиваются обмотки связи; с помощью их во всех сердечниках создается одинаковый поток. На фиг. 40: P_1, P_2, P_3 —части первичной обмотки, V —обмотки для связи, K_1, K_2, K_3 —сердечники, R —сопротивление и S_R, S_M —вторичные обмотки. Отдельные звенья находятся в фарфоровых ребристых изоляторах, залитых изоля-



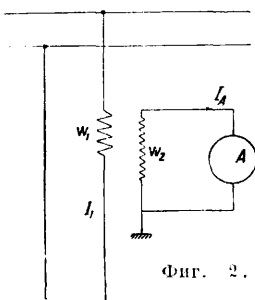
Фиг. 40.



Фиг. 41.

ционной массой. Отдельные звенья устанавливаются друг на друге и скрепляются кольцами. Нижнее звено, несущее вторичные обмотки, ставится непосредственно на заземленный полоч. На фиг. 41 дан продольный разрез Э. т. Каскадные Э. т. напряжения изготавливаются и для наружной установки.

Э. т. тока. Назначение, схема включения, устойчивость. Э. т. тока применяется для измерительных целей и для защиты. В установках высокого напряжения Э. т. тока служит для уменьшения силы тока, подводимого к реле или приборам (амперметры, счетчики и др.), и одновременно для изоляции их от высокого напряжения. В установках низкого напряжения Э. т. тока служит только для трансформации. Первичная обмотка Э. т. тока включается последовательно с проводом основной сети. Вторичная обмотка питает измерительную или защитную цепь. На фиг. 42 показано включение в сеть амперметра через Э. т. тока. Вторичная обмотка никогда не д. б. разомкнута во избежание большого напряжения на ее зажимах и перегрева. Э. т. тока расчи-



Фиг. 2.

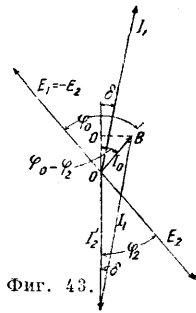
тываются обычно т. о., что при протекании через их первичную обмотку номинального тока сети вторичный ток равен 5 А. Соответственно с этим Э. т. тока изготавливаются с коэф. трансформации 5—4 000 А/5А, номинальная мощность их обычно 15÷120 VA. Там, где Э. т. тока нужен одновременно и для защиты и для измерительных приборов, применяется двойной Э. т. тока. Последний имеет два отдельных сердечника и две независимые вторичные обмотки. Чрезвычайно существенной для Э. т. тока является устойчивость при коротких замыканиях в первичной сети. 3-ды ВЭО гарантируют для большинства Э. т. тока термическую устойчивость при прохождении в течение 1 ск. первичного тока, в 85 раз большего номинального; для усиленных типов гарантируется устойчивость при 260-кратном токе. Для Э. т. тока с коэффициентом трансформации 5/5, 10/5, 15/5 и 20/5 гарантируются меньшие значения. В электродинамич. отношении наиболее стойкими являются одновитковые Э. т. тока. Очень велики усилия при коротких замыканиях в многовитковых Э. т. тока проходного типа; эти Э. т. тока должны иметь особо солидную конструкцию. Динамич. устойчивость Э. т. тока обычно определяется по допустимой краткости амплитуды тока короткого замыкания по отношению к амплитуде номинального тока. Допустимые краткости обычно выше допустимых из термич. соображений. Для подключаемых к Э. т. тока приборов и реле очень важной является величина вторичного тока при коротком в первичной сети. Краткость во вторичной обмотке при определенной первичной нагрузке и от свойств железа Э. т. тока. Вторичные краткости значительно ниже первичных—это обстоятельство облегчает конструкцию приборов и реле. Э. т. тока испытываются в отношении электрич. изоляции напряжением, равным $2,2 U_1 + 20$ kV.

Погрешности. Э. т. тока должен трансформировать первичный ток во вторичный, в известных пределах изменения первого, с наименьшими ошибками в коэф-те трансформации и с наименьшими отклонениями от 180° угла между векторами токов. Требования, предъявляемые к Э. т. тока в смысле погрешностей, различны в зависимости от приборов, включаемых во вторичную цепь. На фиг. 43 показана векторная диаграмма Э. т. тока. Из ее разбора следует, что погрешность в коэф-те трансформации, если пренебречь углом δ , равна

$$f = \frac{w_1 I_0 \cos(\varphi_0 - \varphi_2)}{w_2 I_2} 100\%;$$

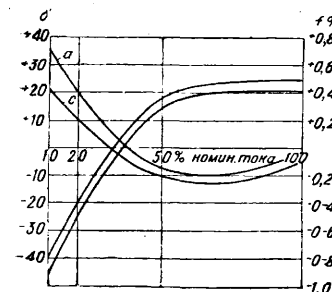
как видно из ф-лы, погрешность зависит от нагрузки вторичной обмотки и от величины намагничивающего тока I_0 . Величина последнего составляет всего 1—3% от номинального тока. Это достигается применением малых индукций—порядка 500—1500 гаусс—при I_1 , равном номинальному, отсутствием воздушных зазоров в магнитопроводе. С достаточной точностью можно считать, что погрешность в угле выражается ф-лой:

$$\delta = \frac{3488 w_1 I_0 \sin(\varphi_0 - \varphi_2)}{w_2 I_2}$$



Фиг. 43.

где δ —в минутах. Ошибка в угле считается положительной при опережении тока I_2 относительно тока I_1 . Погрешности несколько увеличиваются с уменьшением частоты. При случайном размыкании зажимов вторичной обмотки в железе получается остаточное намагничивание, что может вызвать погрешность в трансформации в 1% и ошибку в угле в $40'$. Погрешности в коэффициенте трансформации в Э. т. тока наших з-дов колеблется в зависимости от типа в пределах $\pm 0,5 \div \pm 3\%$; погрешность в угле $\pm 40 \div \pm 120\%$; указанные значения—при номинальной нагрузке и $\cos \varphi$ в ее цепи $0,5 \div 1$. На фиг. 44 даны кривые погрешностей петлевого Э. т. тока AEG на 110 kV рабочего напряжения. Кривая *a*—погрешность в угле при вторичной нагрузке 15 VA и $\cos \varphi = 1$, кривая *c* при 15 VA и $\cos \varphi = 0,5$, остальные кривые—погрешности в коэффициенте трансформации.



Фиг. 44.

Конструкция Э. т. тока зависит от величины первичного тока, напряжения первичной сети и от способа установки. Э. т. тока делаются однофазными. Для получения необходимой точности число ампервитков первичной обмотки д. б. порядка нескольких сот и выше. В соответствии с этим обмотку Э. т. тока для небольших первичных токов $5 \div 100$ А делают с десятками и сотнями витков, для токов в 450 А и выше первичная обмотка делается одновитковой. Сердечник Э. т. тока делается часто броневые типа. Соответственно применению различают следующие основные типы. 1) Э. т. тока без кожуха (катушечный, шинный Э. т. тока, фиг. 45). Эти Э. т. тока делаются для напряжений сети до 6 kV. Сердечник крепится к стене или одевается просто на шину. 2) Горшковый тип (фиг. 46) изготавливается для всех рабочих напряжений примерно до 200 kV. В качестве изоляции служит особая масса, а при напряжениях свыше 33 kV служит масло. Горшковые Э. т. тока изготавливаются и для наружной установки. Недостаток—малая устойчивость при коротких замыканиях. 3) Проходной электрический трансформатор тока (многовитковый петлевой для высоких напряжений и однопроводный стержневой для больших сил тока). Этот Э. т. тока служит одновременно проходным изолятором. Проходные Э. т. тока строятся для испытательных напряжений до 250 kV. На фиг. 47 дан разрез сдвоенного петлевого Э. т. тока. Первичная обмотка *a* намотана в виде петель в изоляционных трубках *b* и охватывает два магнитопровода c_1 и c_2 ; вторичная обмотка d_1 питает измерительные приборы, обмотка d_2 —реле; первичная обмотка петлевых Э. т. тока обладает большим индуктивным сопротивлением. Для защиты Э. т.

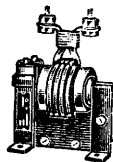
тока от пробоя применяется сопротивление, шунтирующее первичную обмотку, зажимы L_3 и L_4 служат для его присоединения, L_1 и L_2 —выводы. Сопротивление уменьшает погрешность в угле и увеличивает погрешность в трансформации. На фиг. 48 изображен однопроводный Э. т. тока; в этих Э. т. тока магнитопровод делается в виде кольца. К проходным Э. т. тока относится и Э. т. тока с поперечным отверстием (Querloch). На фиг. 49 изображен этот Э. т. тока в разрезе. Поперек фарфорового корпуса вделана фарфоровая трубка *C*, на к-рой намотана первичная обмотка *B*. Внутри трубки помещается стержень магнитопровода с вторичной обмоткой *D*. Внутри Э. т. тока засыпается кварцевым песком с графитом. Э. т. тока такой конструкции строятся для испытательных напряжений до 100 kV. 4) Опорный тип. Э. т. тока данной конструкции отличаются тем, что сердечник и обмотка помещены в опорном изоляторе. Эти Э. т. тока применяются для наружной установки для

самых высоких напряжений. К особым конструкциям следует отнести Э. т. тока с переменным коэф. трансформации, изготавливаемые для испытательных целей, и каскадные Э. т. тока. Э. т. частоты находят себе ограниченное применение в радиотехнике. В железе Э. т. частоты имеют место большие потери вследствие насыщения: кдл их невысок—порядка 60—70%. Для преобразования частоты в силовых установках пользуются преобразователями частоты и в последнее время рутинными выпрямителями.

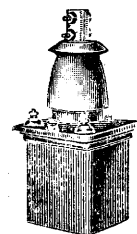
А) Э. т. частоты для удваивания частоты. 1) Э. т. системы Арко. Составит из двух отдельных однофазных Э. т.

(фиг. 50), имеющих по одной добавочной обмотке n_1 и n_2 . Добавочные обмотки соединены последовательно и питаются постоянным током от какого-либо источника; в цепи последнего включена дроссельная катушка для защиты его от переменного тока, наводимого в добавочных обмотках. Постоянный ток создает в одном Э. т. магнитный поток, направленный в одну сторону, в другом,—в другую. Железо Э. т. должно быть насыщено этим потоком. В

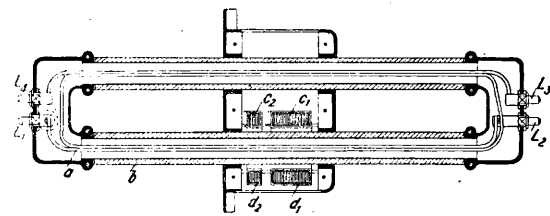
Фиг. 45.



Фиг. 45.

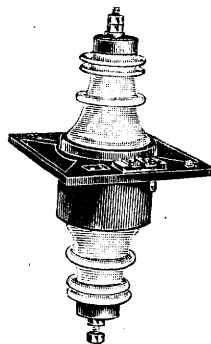


Фиг. 46.

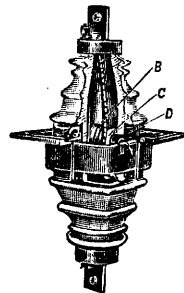


Фиг. 47.

Фиг. 48.



Фиг. 48.



Фиг. 49.

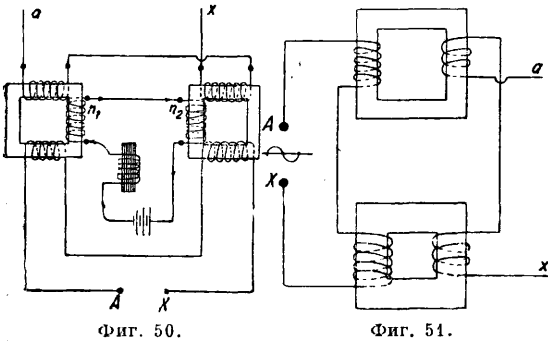
Фиг. 50.

течение первого полупериода напряжения в одном Э. т. складываются мдс первичной и добавочной обмоток и вычитаются друг из друга в другом Э. т.; в течение второго полупериода — наоборот. Вследствие подмагничивания постоянным током кривые вторичных эдс имеют резко выраженные высшие гармоники. Кривая вторичной эдс одного Э. т. сдвинута на 180° относительно кривой эдс другого Э. т.; это происходит вследствие направления постоянных потоков. При встречном включении вторичных обмоток эдс основной и нечетных гармоник уничтожаются, и на зажимах получается эдс, содержащая только четные гармоники. Путем подбора мдс постоянного и переменного токов получается резкое выделение амплитуды двойной частоты.

2) Э. т. Валлоури. Принципиально работа его подобна предыдущему. Конструктивно Э. т. отличается тем, что вместо двух отдельных магнитопроводов взят один общий с тремя сердечниками; на среднем помещена обмотка, питаемая постоянным током.

Б) Э. т. для утраивания частоты.

1) Э. т. сист. Джели состоит из двух однофазных Э. т., первичные обмотки к-рых соединены последовательно, а вторичные — навстречу



Фиг. 50.

Фиг. 51.

(фиг. 51). Один из Э. т. имеет меньшее сечение железа и большее число витков первичной обмотки, чем другой. Первый Э. т. работает сильно насыщенным, второй слабо. Форма кривой вторичной эдс у насыщенного Э. т. пикообразная, у не насыщенного — близкая к синусоиде. Вследствие встречного включения вторичных обмоток кривая эдс на зажимах приближается к синусоиде тройной частоты.

2) Э. т. сист. Тейлора преобразует трехфазный ток в однофазный ток тройной частоты. Э. т. состоит из трех однофазных Э. т., первичные обмотки которых присоединены треугольником к трехфазной сети. Последовательно с каждой первичной обмоткой включена катушка с насыщенным железом. Вторичные обмотки трех Э. т. соединены последовательно. На их зажимах эдс имеет тройную частоту, т. к. эдс вторичных обмоток имеют резко выраженные третьи гармоники и сдвинуты взаимно на 120° , благодаря чему основные гармоники исчезают.

3) Э. т. сист. Спинелли принципиально сходен с Э. т. сист. Джели. Отличие состоит в том, что первичные обмотки включаются в сеть звездой непосредственно, без катушек. Иногда вместо трех сердечников устраивается один общий, при этом вместо трех вторичных обмоток применяется только одна.

4) Э. т. сист. Дорнига служит для увеличения частоты в десятки раз. Первичная

цепь состоит из последовательно соединенных катушки с сильно насыщенным железом и конденсатора. Последний служит для создания сильного насыщения катушки. Вторичная цепь приключается через другой конденсатор к зажимам катушки. Вторичная цепь настраивается на одну из высших гармоник напряжения на зажимах катушки. Эта схема не является Э. т., однако носит такое название.

Лит.: Холуянов Ф., Трансформаторы однофазного и трехфазного тока, 3 изд., М.—Л., 1930; Скомоворохов А., Трансформаторы, Киев, 1930; Гольдштейн Н., Измерительные трансформаторы, пер. с нем., М., с. а.; Фауль Ф., Справ. по электротехнике, пер. с англ., т. 2, М., 1929; Сборка и испытание высоковольтных трансформаторов, под ред. И. Сиворцова, М.—Л., 1933; Видмар М., Трансформаторы, пер. с нем., М.—Л., 1931; егже, Трансформаторы в эксплуатации, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1931; Марти О. и Виноград Г., Ртутные выпрямители большой мощности, пер. с англ., М.—Л., 1933; Петров Г., Трансформаторы, М.—Л., 1934 (обширная библиография); Гордецкий С., Измерения на высоком напряжении, М., 1934; Даль О., Электрические цепи, пер. с англ., т. 1, М.—Л., 1933; Гоберг С., Влияние несимметрии нагрузки на вторичные напряжения трехфазных трансформаторов, Л., 1933; Круг К., Основы электротехники, т. 2, М.—Л., 1932; Эпштейн Г., Районные трансформаторные подстанции, М., 1932; Кизергер, Электрическая передача энергии, т. 1, Л., 1933; Брагстад О., Теория машин переменного тока, пер. с нем., Л., 1933; Никитин В., Электрические машины и трансформаторы для дуговой сварки, М., 1934; Richter R., Elektrische Maschinen, В. 3, В., 1933; Die Wechselstromtechnik, hrsg. v. E. Arnold, В. 2, Die Transformatoren. А. Байдас.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЗАЖИГАНИЕ является наиболее распространенным способом воспламенения твердых, жидких и газообразных горючих тел. Различают два основных вида Э. з.: гальваническое, или калильное, и искровое. Сущность гальванич. Э. з. заключается в том, что посредством электрич. тока доводят до раскаленного состояния проводник, к-рый приводится в соприкосновение с телом, подлежащим зажиганию. Обычно накаляемый электрич. ток проводник выполняется в виде небольшого отрезка металлич. нити или в виде проволочной спирали. Питание электрич. ток таких калильных зажигающих устройств осуществляется обычно от сетей низкого напряжения — аккумуляторных батарей, гальванич. элементов или специальных небольших электрич. генераторов, т. н. палильных динамо машин, приводимых в движение от руки. Гальванич. Э. з. находят широкое применение в мином деле, при взрывных работах и при пуске в ход двигателей внутреннего сгорания, работающих на тяжелом топливе (соляровом масле, нефти и т. п.). Электрич. запалы, применяемые в мином деле и при взрывных работах, устраиваются в виде патронов. Обращение с запальными патронами требует особого внимания, предосторожности, осторожности и соблюдения специальных правил и инструкций. Так напр., согласно правил безопасности в рудниках при палении шпуров земля не д. б. используема как обратный провод; д. б. приняты меры, предохраняющие провода паления от случайного замыкания на землю вследствие их порчи или соприкосновения с другими электрич. проводами. Присоединение к сети высокого напряжения, а также к батарее аккумуляторов и гальванич. элементов д. б. производимо посредством выключателя, размыкающего ток одновременно во всех полюсах и помещенного в запирающийся на замок ящик. Последовательно с первым выключателем д. б. установлен второй, палильный выключатель, снабженный автоматич. приспособлением для выключения. Все палиль-

ные машины, батареи и выключатели должны быть так устроены, чтобы без специального ключа, рукоятки или т. п. нельзя было произвести паление. Электрозажигательные устройства, применяемые для двигателей тяжелого топлива, устраиваются в виде свечей (см. *Свечи зажигания*).

Электрич. искровое зажигание бывает низковольтное и высоковольтное. Низковольтное зажигание находит применение гл. обр. для воспламенения горючих смесей в газовых двигателях, работающих по циклу Отто. Здесь зажигание смеси происходит от образования искры, переходящей быстро в вольтову дугу, между электродами особого прерывательного устройства, помещаемого в головке цилиндра двигателя и включенного в индуктивную цепь постоянного тока, или от особых электрических машин—*магнето* (см.) низкого напряжения. Об устройстве таких электрозажигательных приборов см. *Свечи зажигания*, *Двигатели внутреннего сгорания*, *Стартер*. Высоковольтное Э. з. находит весьма широкое применение для воспламенения горючих смесей в двигателях внутреннего сгорания, работающих на легком топливе. Само зажигательное устройство выполняется в виде т. н. свечи, между электродами к-рой происходят разряды в виде искры. Самое искрообразование между электродами свечи осуществляется от индукционных катушек или от *магнето* (см.) высокого напряжения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, см. *В. Нулбакин*.
Электрический ток.

ЭЛЕКТРОВОЗЫ, *локомотивы* (см.), получающие электрич. энергию по проводам от центральных станций, расположенных обычно в местах дешевой добычи топлива или же в местах использования гидравлич. энергии. Э. имеют большие преимущества перед паровозами: 1) при Э. возможно использование топлива с низкой теплотворной способностью, мало пригодного для паровозов; 2) служебный вес Э. меньше паровоза с тендером в отношении 80 : 120, что дает возможность увеличивать соответственно вес поезда; 3) ускорение при трогании с места больше, вследствие чего получается более быстрый разгон; 4) легкость управления и регулирования скорости Э.; 5) скорость и вес поездов м. б. увеличены до пределов, определяемых условиями пути, что повышает провозную способность на участках, перегруженных при паровой тяге; 6) при наличии большой электрич. станции промышленного назначения иногда представляется возможным отпускать ток для ж. д. по удешевленному тарифу. Существенным недостатком является высокая стоимость начальных устройств станций, подстанций и контактной сети, а также вредное влияние рабочих проводов высокого напряжения на провода слабых токов.

Подобно паровозам Э. бывают товарные, пассажирские и маневровые для магистральных линий, моторные вагоны для магистральных и пригородных дорог и Э. для заводских, промышленных и горных предприятий. Для разных видов движения практика установила наиболее экономич. скорости и ускорения при трогании с места электрич. поездов (табл. 1).

Табл. 1.—Экономические скорости и ускорения.

Назначение	Скорости, км/ч			Ускорения, м. сек. ²
	наиб.	средн.	ком-мерч.	
Трамвай	35	12—20	10—15	0,5—0,6
Поезда с моторными вагонами	80—100	60—70	40—50	0,3—0,7
Магистр. линии	100—145	70—90	60—80	0,18—0,25
Пассажирские	75—145	35—50	30—70	0,13—0,20
Товарные	50	15—25	12—23	0,10—0,15
Завод. предпр.	15—20	2—10	—	0,10—0,15

В зависимости от системы рабочего тока Э. бывают: а) постоянного тока, б) трехфазного тока, в) однофазного тока. Постоянный ток применяется на пригородных коротких линиях с напряжением 600—800 В. В некоторых случаях его повышают до 1 500—3 000 В. Но и при таком напряжении требуется относительно частое расположение подстанций по линии ж. д. во избежание больших потерь в проводах. Трехфазный ток в настоящее время обычно применяется при напряжении 3 000 В. Недостаток этой системы—двойной воздушный провод, удорожающий стоимость оборудования и затрудняющий устройство воздушных стрелок. Однофазный ток применяется при напряжении 11 000 В, 25 пер/сек. (США), и 15 000—16 000 В (частота 16²/₃ пер/сек.)—в европейских странах. Однофазный ток обладает некоторыми преимуществами перед трехфазным в виду наличия одного воздушного провода. Т. к. каждая из указанных систем имеет свои преимущества и недостатки, то в различных странах существуют различные системы. В табл. 2 при-

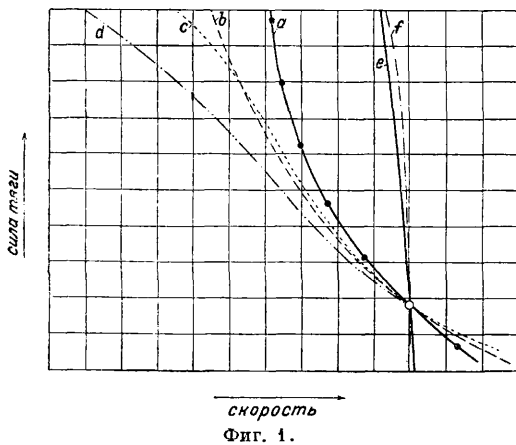
Табл. 2.—Классификация и количество построенных электровозов.

Страны	Длина электрич. путей, км	Постоянный ток		Однофаз. ток		Трех-фазный ток	Всего электровозов
		высокого напряжения	низкого напряжения	низ-кой частоты	норм. частоты		
Аргентина	40,2	—	2	—	—	—	2
Австралия	252,0	2	—	—	—	—	2
Австрия и Венгрия	1 061,0	—	—	154	30	—	194
Бразилия	357,0	46	—	—	—	—	46
Канада	43,5	15	—	—	—	—	15
Чили	390,0	50	—	—	—	—	50
Чехо-Словакия	25,7	16	2	—	—	—	18
Англия	79,0	11	20	—	—	—	31
Франция	1 235,0	374	30	—	—	—	404
Германия	1 085,0	—	—	405	5	—	410
Индия	72,5	65	—	—	—	—	65
Италия	1 215,0	14	27	—	—	761	802
Испания	171,0	34	—	—	—	—	34
Мексика	103,0	10	—	—	—	—	10
Марокко	140,0	10	—	—	—	—	10
Нов. Зеландия	12,9	5	—	—	—	—	5
Норвегия и Швеция	1 245,0	—	—	163	—	—	163
США	2 470,0	135	180	258	—	—	573
СССР к концу 1933 г.	175,0	26	—	—	—	—	26
Швейцария	1 950,0	—	—	379	—	11	390
Южная Африка	275,0	95	—	—	—	—	95
Ява	50,0	7	—	—	—	—	7
Япония	240,0	67	—	—	—	—	67
Итого	12 697,8	982	261	1 359	35	772	3 409

ведено количество электровозов разных систем и длины обслуживаемых ими дорог.

Из табл. 2 видно, что трехфазный ток нашел применение только в Италии и частично в Швейцарии на горных участках для поддержания постоянной скорости. В настоящее время эти трехфазные линии переходят на однофазный ток. В герм. странах наибольшее распространение получил однофазный ток. В процентном отношении Э. трехфазного тока составляют 22%, Э. постоянного тока—37%, Э. однофазного тока—41% от общего их количества.

Каждый Э. состоит из: 1) тяговых моторов, 2) передачи от моторов к колесам, 3) приборов



Фиг. 1.

управления и вспомогательных машин, 4) тормозов, 5) токоприемников, 6) рамы, 7) колесных скатов и 8) кузова. В Э. однофазного тока ставится еще трансформатор, понижающий напряжение с 11 000—15 000 В до 250—500 В при 15—16,66 пер/сек. Колесные скаты с буксами и рамы строятся по типу паровозных, кузова—по типу вагонных.

Тяговые моторы с точки зрения ж.-д. инженера можно разделить на моторы с шунтовой и моторы с серийной характеристикой. Особенности этих двух основных видов ярко выявлены в моторах постоянного тока, где при одинаковом напряжении у зажимов моторы шунтовые имеют: Φ или $i = \text{Const}$, $M = CI$, $n = C$, $I =$ переменное значение; моторы серийные:

$$\Phi = f(I) = f(i), \quad M = CI^2, \\ n = f(I), \quad \frac{I}{i} = \text{Const},$$

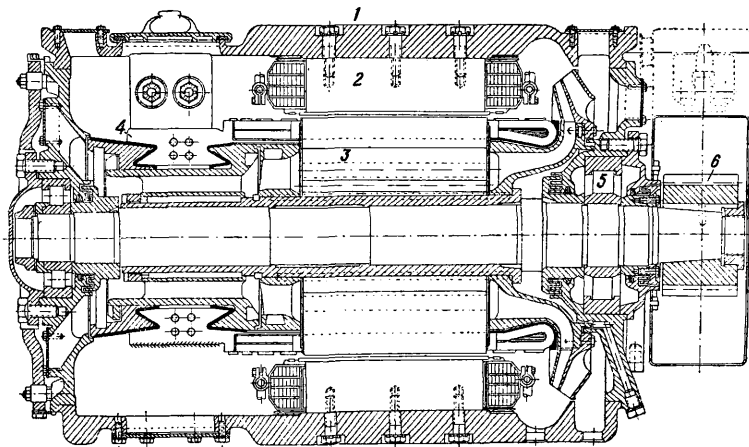
где Φ —магнитный поток, i —сила тока возбуждения, I —сила тока в якоре, M —вращающий момент, n —число оборотов мотора. В виду переменных условий работы локомотива наиболее подходящими для тяги моторами являются те, которые развивают постоянную мощность при разных условиях работы, причем сила тяги их регулируется автоматически. Этим условиям отвечают в наибольшей мере серийные моторы постоянного или однофазного тока. На фиг. 1 показаны кривые силы тяги в зависимости от скорости для различных типов моторов, обла-

дающих одинаковой мощностью: a —серийсмотер и e —шунтовый мотор (постоянный ток), c —серийсмотер однофазного тока, f —индукционный мотор, d —паровоз, b —гипербола постоянной мощности.

Моторы постоянного тока конструируются, как серийные. Схема прохождения в них тока показана на фиг. 2. Ток проходит по обмотке магнитов и через якорь последовательно. Для мотора, находящегося под определенным напряжением, имеем следующие соотношения:

$$E_k = E + IR, \quad (1) \\ E = Cn\Phi, \quad (2)$$

где E_k —напряжение у зажимов, I —сила тока в якоре, R —сопротивление мотора (якоря и обмотки), E —эдс мотора, C —Const (величина, характеризующая обмотку мотора). Увеличение нагрузки при трогании или на подъемах ведет к увеличению тока, вызывающего усиление поля и уменьшение числа оборотов. Для уменьшения расхода энергии пуск мотора в ход должен происходить при пониженном напряжении у зажимов. Из ф-лы (2) видно, что обороты мотора могут экономично регулироваться путем изменения напряжения у зажимов. С этой целью включают несколько моторов последовательно, разделяя между ними рабочее напряжение пропорционально числу моторов и потом параллельно при полном напряжении. Под нормальной мощностью тягового мотора понимается та, при которой мотор работает в течение часа, не перегреваясь сверх нормы. Максимальная мощность кратковременная, превышает нормальную в 2—3 раза. Воздух при давлении до 100 мм вод. ст. поступает в мотор, обтекает все подверженные нагреву части и выходит в атмосферу. Охлаждением при помощи вентилятора, часто насаженного на якоре мотора, можно повысить продолжительную мощность до

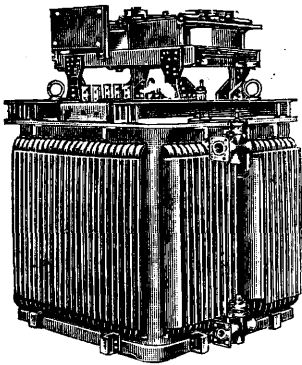


Фиг. 3.

80% против 30—40%, допускаемых в моторах без охлаждения. На фиг. 3 представлен в разрезе серийный мотор постоянного тока завода «Динамо» для электровагонов магистральных ж. д. (Сев. ж. д., М.-Курская и др.). Мощность 150 kW при $n = 420$. Напряжение $E = 750$. Зубчатая передача 1:3,69 (на фиг. 3: 1—корпус,

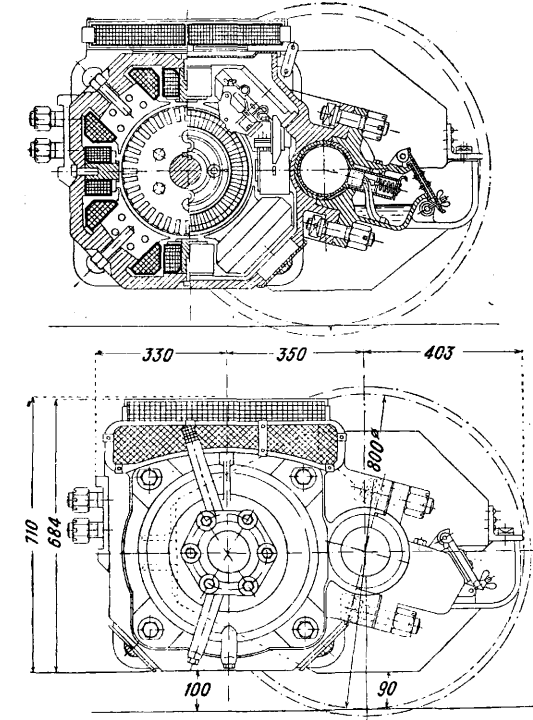
2—индуктор, 3—якорь, 4—коллектор, 5—роликовый подшипник, 6—шестерня).

Для улучшения коммутации в современных тяговых двигателях применяются добавочные полюсы. Последние располагаются против щеток и возбуждают магнитное поле, к-рое изменяет направление тока под щетками и уменьшает искрообразование. Шунтовые моторы постоянного тока в тяговом хозяйстве не применяются, так как почти постоянная скорость вращения и постоянное напряжение магнитного поля ведут к значительной перегрузке якорей, проводов и токоприемников. Серийные моторы постоянного тока низких



Фиг. 4.

напряжений особенно выгодны на трамваях, городских и пригородных ж. д.

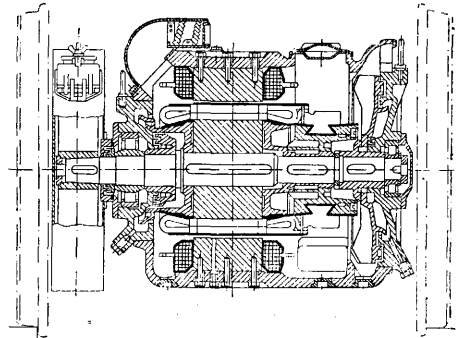


Фиг. 5.

Моторы трехфазного тока. У них ток подводится только в обмотку полюсов, расположенных друг за другом. Вследствие сдвига фаз трех токов магнитное поле вращается вокруг якоря, называемого ротором, и увлекает последний за собою. Окружная скорость ротора отстает от скорости вращения магнитного поля на 2—8%. Для измене-

ния числа оборотов ротора необходимо изменить число оборотов вращающегося поля, создающего вращающий момент. Это достигается переключением полюсов или каскадным включением моторов. При трогании с места в цепь ротора обычно включается пусковое сопротивление.

Моторы однофазного тока представляют собой серийные моторы с добавочными полюсами и компенсационной обмоткой. Для уменьшения потерь от вихревых токов полюса и сердечник якоря составляются из отдельных изолированных друг от друга пластинок. Практически работа мотора однофазного тока отличается от работы мотора постоянного тока лишь тем, что в первом появляются индукционные токи в секциях, коротко замкнутых щетками. Для уменьшения этих токов служат компенсационные обмотки. Вторым средством для уменьшения индукционных токов в секциях, коротко замкнутых щетками, служат низкое число периодов тока—15—16^{2/3}, и слабое напряжение у клемм—250—500 V. Напряжение в рабочем проводе берется 11 000—15 000 V. По-



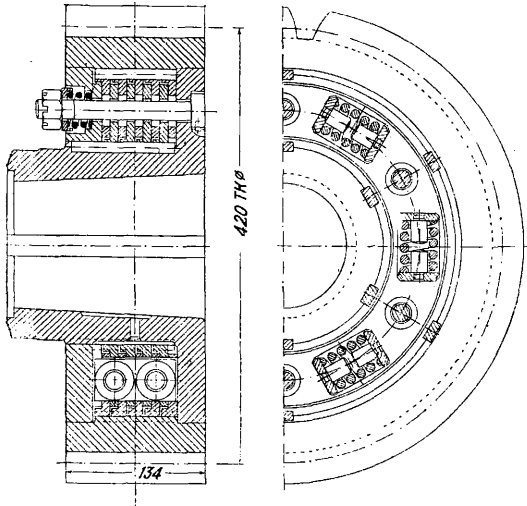
этому в Э. однофазного тока всегда ставится ступенчатый трансформатор, позволяющий постепенно понижать напряжение у зажимов и тем регулировать скорость. На фиг. 4 показан трансформатор для электровоза германской ж. д. Основные ур-ия (1) и (2) для серийных моторов постоянного тока применимы и для переменного, причем сложение здесь производится геометрически. В табл. 3 приведены характеристики выполненных моторов.

Главные типы передач. В Э. существует два типа расположения моторов относительно сцепных осей—моторы подвесные и моторы, устанавливаемые на раме. В зависимости от расположения мотора передачи делятся на индивидуальную, когда каждую ось приводит отдельный мотор, и групповую, когда один мотор приводит несколько сцепных осей. Первая выполняется обычно с зубчатой передачей и применяется гл. обр. при постоянном токе. Типичный мотор постоянного тока с зубчатой

Табл. 3.—Характеристики выполненных моторов.

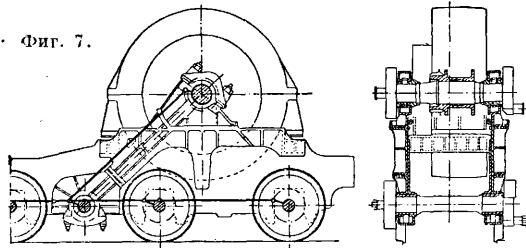
Часовая мощ-ность, IP	Ток	Фирма	Тип пере-дачи	Вес мотора (без пере-дачи)	
				кг	кг/IP
100	Постоянный 1 000 V	Эрликон	Зубчатая 1 : 4,2	1 450	14,5
250				3 015	12,1
1 250				12 800	10,0
2 000	» 500 V	Пенсильв. ж. д.	» 1 : 3,3	21 200	10,6
800				8 720	10,9
3 000	» 620 V	Миттенвальд	Шатун	21 000	7,0
600				8 150	13,5
	Однофазный 15 пер.	Бергман			
	Трехфазный 15 пер.			Симпсон	

передачей показан на фиг. 5. Размеры одиночных моторов определяются диаметром ведущих колес, расстоянием между рамами и скоростью на окружности якоря не выше 55—60 м/сек. Двойные моторы устраняют эти недостатки. Для мощных моторов свыше 200 HP зубчатые колеса выполняются пружинными с целью смягчения ударов в зубьях. На фиг. 6 показана пружинная шестерня для электровозного двигателя. Зубчатая передача обычно выполняется ординарной с передаточным числом $u=1:3$ до $1:6$. Давление на см длины зуба не превышает 185 кг при часовой передаваемой мощности и



Фиг. 6.

нормальной скорости зуба 7—8 м/сек. Вес зубчатой передачи составляет ок. 10% от веса мотора. При моторах с зубчатой передачей отсутствуют усилия, вызывающие вредные колебания Э. К групповой передаче относятся: 1) шатунная с промежуточным холостым валом, фиг. 7, 2) шатунная с зубчатой передачей и холостым валом, фиг. 8, 3) рамочно-шатунная (рама Кандо), фиг. 9. Наиболее простая шатунная передача (фиг. 7) состоит из двух кривошипов, насаженных на валу якоря мотора

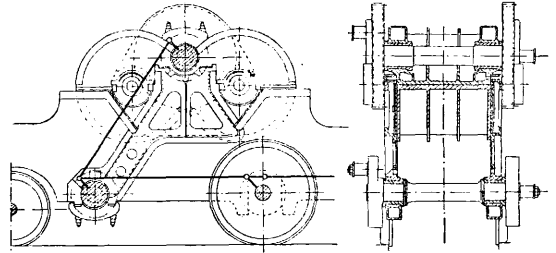


Фиг. 7.

под углом 90° друг к другу, и таких же кривошипов, насаженных на холостом валу. Соответственные кривошипы связаны шатунами. Такая же передача устраивается между холостым валом и сцепным колесом.

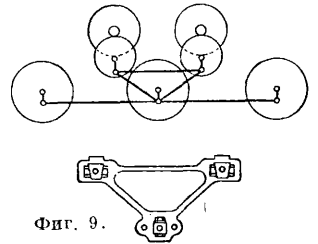
Применение холостого вала дает свободу в выборе размеров моторов и высокое положение центра тяжести Э. Кинематич. условия передаточного механизма требуют, чтобы холостой вал был расположен возможно ближе к линии центров сцепных осей. В этом случае получается незначительное опускание шатуна при игре рессор и уничтожаются вертикальные силы, на-

гружающие и разгружающие по очереди правые и левые рессоры. Особый вид передачи для двух моторов представляет ведущая рама с прорезом, или рама Кандо, названная по фамилии изобретателя (фиг. 9). Особенность ее заключается в вертикальном прорезе, позволяющем



Фиг. 8.

цапфе кривошипа сцепного колеса иметь свободное вертикальное перемещение, вызываемое игрой рессор. На итальянских дорогах подобная рама выполнена без прореза, причем конец рамы присоединен к ведущим шатунам коленчатыми рычагами. В пассажирских Э. передача часто осуществляется двумя шатунами с прорезом для пальца кривошипа ведущей оси. Преимущество этой передачи перед рамой Кандо заключается в более легкой конструкции и в отсутствии жесткой связи между двумя моторами. Передача параллельными кривошипами при правильной геометр. форме и абсолютно точной сборке является наиболее простой передачей. Равномерному вращению якоря мотора соответствует такое же вращение холостого вала и сцепных осей. Неточности сборки и отклонения частей передачи могут вызвать отклонения от правильной работы и служить причиной вредных колебаний, чем вызываются большие расходы по ремонту передачи. Причины колебаний зависят, с одной стороны, от действия вращающихся масс якорей моторов, имеющих собственные колебания, и, с другой, — от неравномерности передаваемых моментов. Когда периодическое пульсирование от передаваемого момента совпадает с собственными колебаниями массы моторов и скатов, получаются суммарные колебания, вызывающие критическую скорость Э., к-рая выражается сильной тряской. Характер тряски зависит от положения вредных усилий относительно центра тяжести. Горизонтальные периодически действующие на ц. т. силы вызывают подергивание Э., если они направлены по движению его, и боковую качку при перпендикулярном направлении. Вертикальные силы, проходящие через ц. т. Э., вызывают подпрыгивание его. Пара сил в вертикальной продольной плоскости вызывает продольную качку, в поперечной — боковую. В горизонтальной плоскости периодическая пара сил вызывает вливание Э. По опытам франц. ж. д. с разными передачами (табл. 4) все явления тряски Э. происходят при разных критических скоростях.



Фиг. 9.

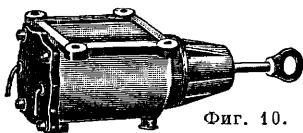
Тормоза. Каждый Э. оборудуется ручным и пневматич. тормозом (см. Тормоза) и кроме

Табл. 4.—Критические скорости (км/ч) электровозов с различными передачами.

Электровозы	Система передачи	Боковая качка	Продольная качка	Подпрыгивание	Влияние	Поддерживание
Томсон-Густон . .	Два промежуточных холост. вала	11,5	25—32	25—32	—	68
Всеобщей компании электр. (АЕГ) . .	Наклонные шатуны и 1 холост. вал	X	X	25—32	X	55
Шнейдер и Ко . . .	То же	X	X	25—32	X	55
Броун - Бовери (ВВС)	Двойные шатуны	0	30	0	X	0
Вестингауз (WES)	Рама Кандо	0	30	0	35—32	0

0—отсутствие критич. скорости при опытах и расчетах, X—расчетная критическая скорость, не замеченная при опытах в виду короткого промежутка ее проявления. Для уменьшения колебаний от тряски применяют эластичные муфты.

того на трудных участках ставится еще электрич. тормоз, к-рый бывает непосредственного, смешанного и косвенного действия. Непосредственное торможение основано на коротком замыкании моторов, при к-ром они превращаются в генераторы. Моторы и сопротивления должны поглощать всю тепловую энергию, выделяемую поездом при торможении. Интенсивность действия тормоза этого вида зависит от



Фиг. 10.

скорости движения поезда. Начало торможения зависит от машиниста и требует от последнего большого навыка. При раннем торможении ток в якоре и обмотке может значительно повыситься и вызвать скольжение колес по рельсу. Для устранения этих недостатков включают параллельно обмотке шунт. При езде шунт выключен, при торможении включен. Часть тока идет по обмотке, часть—по шунту.

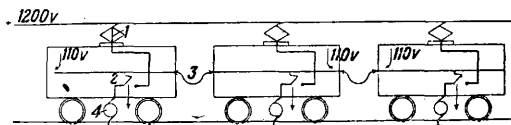
Смешанное торможение отличается от вышеописанного тем, что ток, образуемый в моторе, при торможении частично используется для соленоидных тормозов прицепных вагонов. Благодаря этому нагрузка моторов уменьшается в отношении Э. к полному весу поезда. Соленоид состоит обычно из чугунного корпуса, катушки и сердечника (фиг. 10). Последний при помощи тяг и рычагов действует на тормозные колодки. Соленоидные тормоза имеют силу притяжения от 250 до 700 м в зависимости от размеров их и силы тока, проходящего через обмотку соленоида. К о с в е н н о е т о р м о ж е н и е достигается наличием на Э. самостоятельного источника энергии, к-рый может приводить в действие соленоида поезда. При этом обмотка соленоидов может быть рассчитана на токи гораздо меньшей силы. Торможение получается равномерное по всему поезду и потому более надежное. При крутых спусках $i \geq 60\%$ применяются электромагнитные тормоза, действующие непосредственно на рельсы. Магнитная цепь состоит из башмака подковообразного сечения, в котором помещены катушки. Замыкает магнитную цепь головка рельса. Иногда на затяжных крутых уклонах ток, получаемый в моторе, не превращается в тепло, а поступает в рабочий провод. Этот вид торможения называется т о р м о ж е н и е м с р е к у п е р а ц и е й э н е р г и и.

Приборы пуска и регулирования. Основными требованиями к приборам: а) обмотки полюсов и якоря д. б. соответственно присоединены перед пуском в них тока; б) перемена на-

правления (реверс) должна происходить при выключенном токе; в) прерывание тока делается в двух, четырех, шести местах в зависимости от напряжения. Кроме того для разрывания вольтовой дуги необходимо устройство мощного электромагнитного искрогашения; г) в зависимости от условий работы моторы должны включаться параллельно и последовательно, каждый в отдельности и группами; д) в случае порчи мотора он дол-

жен выключаться, не нарушая работы остальных моторов. Всем этим требованиям при малых мощностях отвечает контроллер (см.). Контроллеры помещаются на обоих концах вагона и включаются параллельно в главную цепь, причем все пальцы одного контроллера соединяются проводами с соответственными пальцами другого. Пусковые сопротивления разбиваются на несколько групп и укрепляются под кузовом. Для предохранения электровозов от перенапряжений непосредственно за токоприемником помещается реактивная катушка и громоотвод, соединенный с землей через железные части электровозов. Описанное управление называется н е п о с р е д с т в е н н ы м вследствие того, что через контроллер проходит весь ток, питающий моторы. При средних и больших мощностях применяется контакторное управление.

В моторвагонах применяется система управления с промежуточными механизмами, причем контроллер включает и выключает только слабый вспомогательный ток. Последний приводит в действие отдельные выключатели, *контакторы* (см.). Контактная система допускает управление поездом с произвольного моторвагона. Электрическая схема изображена на фиг. 11, где 1—токоприемник, 2—контактор, 3—



Фиг. 11.

междувагонное соединение, 4—тяговый двигатель. Сущность контакторной системы заключается в том, что в поезде, состоящем из нескольких моторных вагонов, все тяговые двигатели и пусковые реостаты во всех вагонах включаются в работу и выключаются одновременно, причем все включения и выключения производятся в каждом вагоне самостоятельно посредством контакторов. Схема эта пригодна как для постоянного, так и для однофазного тока.

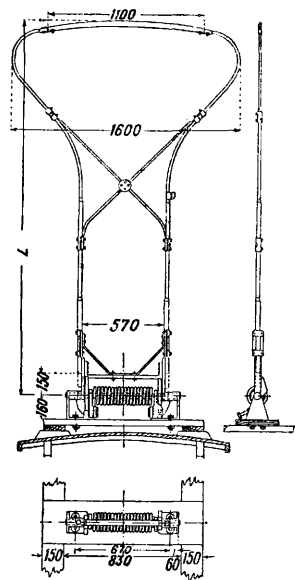
Электромагнитные контакторы чувствительны к колебаниям напряжения. Нек-рые фирмы предпочитают электропневматич. контакторы, в к-рых движение выключателя производится сжатым воздухом, а ток контроллера лишь открывает соответствующий клапан.

Т о к о п р и е м н и к и предназначаются для электрич. соединения Э. с рабочим проводом. В зависимости от устройства рабочего провода токоприемники образуют две группы конструк-

ций: а) для воздушного провода и б) для «третьего» рельса. С целью создания постоянного контакта между рабочим проводом и токоприемником последний делается всегда пружинящим. Представителями токоприемников для воздушного провода служат контактный ролик, дуги и пантографы. Роликовый токоприемник состоит из ролика, стержня и пружины. Диаметр ролика 110—150 мм, ширина 40—50 мм. Материалом служит бронза. Стержень выполняется из цельнотянутой стальной трубы. Он укрепляется в башмаке, могущем вращаться около вертикальной и горизонтальной оси. Сила нажатия ролика на провод (8—20 кг) осуществляется спиральной пружиной, укрепленной к башмаку. Применяется для рабочего напряжения до 750 В и для скоростей до 90 км/ч. Сила тока, проходящего через ролик, зависит от скорости

<i>v</i> в км/ч	10	20	40	60	80	100
<i>I</i> в А	950	800	540	420	300	190

Токоприемник с контактной дугой (фиг. 12) состоит из трубчатой рамы, на к-рую сверху накладывается контактная часть (б у г е л ь) из алюминия с добавлением 6% меди. Нижняя часть рамы прикреплена к валику, снабженному спиральной пружиной. Сила нажатия дуги на провод 4,5—7 кг. Наклон рамы к горизонту ~ 25°. Для возможности езды в прямом и обратном направлении прямая часть рамы выполняется в виде телескопа или же делается нижняя добавочная рамка. Контактные дуги применяются в трамваях и пригородных линиях для напряжений не свыше 1 200 В при токе 160—180 А. В редких случаях допускают ток до 500 А. Наибольшая скорость—40 км/ч. На магистральных линиях рама контактной дуги выполняется в виде пантографа (фиг. 13). Эта система пригодна для высоких напряжений и силы тока до 3 000 А. Для быстрого опускания и подъема пантографа служит воздушный цилиндр, как указано в приборах управления и регулирования. Токоприемники для контактного третьего рельса могут снимать ток неограниченной силы, т. к. возможна постановка нескольких контактов один

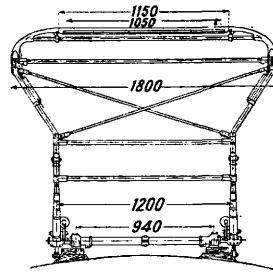


Фиг. 12.

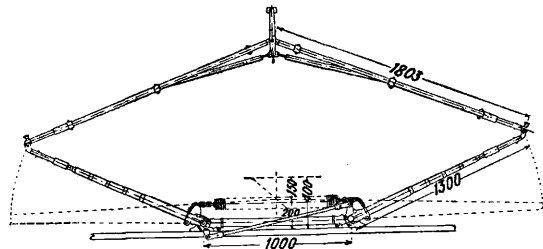
возле другого. Сила нажатия контактов 4—5 кг осуществляется при помощи пружины или собственного веса при другой конструкции. Токоприемники делаются для нижнего или верхнего касания с рельсом.

Э. разных назначений: а) моторвагоны городских ж. д. (трамваи) служат одновременно тяговым локомотивом и помещением для пассажиров. При частых остановках ~ 250—500 м вагоны строятся длиной 10—15 м. Для пригородных ж. д.—18—23 м при использовании 60% площади пола для си-

дений. Вес, приходящийся на 1 м² пола, в моторном вагоне ~ 600 кг, прицепном ~ 350—370 кг, без пассажиров. На 1 м² пола приходится 5 пассажиров, из к-рых 4 стоят. Лучшей конструкцией вагонов считаются такие, у к-рых все



Фиг. 13.



электрич. оборудование (за исключением контроллеров) установлено на раме и рама отделена от кузова. Между рамой и кузовом помещаются листовые рессоры, вторая группа таких же рессор передает нагрузку вагона на оси. Вес ходовой рамы составляет обычно 2 000—3 000 кг. Вес электрич. оборудования без тормозов: при 2×25 НР моторах 2 200 кг, 2×35 НР моторах 3 200 кг и 2×50 НР моторах 3 600 кг. Электрич. тормоз с добавочным сопротивлением весит 200—300 кг. Вагоны до 10 м строятся двухосными. Более длинные—четырёхосными, на двух тележках, с двумя или четырьмя моторами, мощностью по 60—75 НР каждый. Нагрузка на ось до 10 т.

б) Моторвагоны метрополитенов и пригородных ж. д. строятся по типу четырёхосных трамвайных вагонов. Большие скорости при частых остановках требуют значительной мощности—от 200 до 1 400 НР и сравнительно тяжелых вагонов до 80 т. На фиг. 14 показан моторвагон постоянного тока 1 500 В с двумя прицепными вагонами. Полный вес поездной единицы с пассажирами—163 т. Основные данные моторвагонов для пригородных ж. д. приведены в табл. 5 и 6.

Табл. 5.—Вес поездной единицы (в т).

Наименование	Мотор. вагон	Прицеп. вагон (без баг. отд.)	Прицеп. вагон (с баг. отд.)
Вагон без электрич. оборудования	37	36	36
Всего электрич. оборудов., включая отопление	21	1,5	1,5
Пассажиры при нормальном наполнении	10	10	10
Всего	68	47,5	47,5

в) Э. для промышленных целей и маневровые строятся преимущественно для постоянного тока, обычно с двумя подвесными моторами. Имеют кабину управления по-

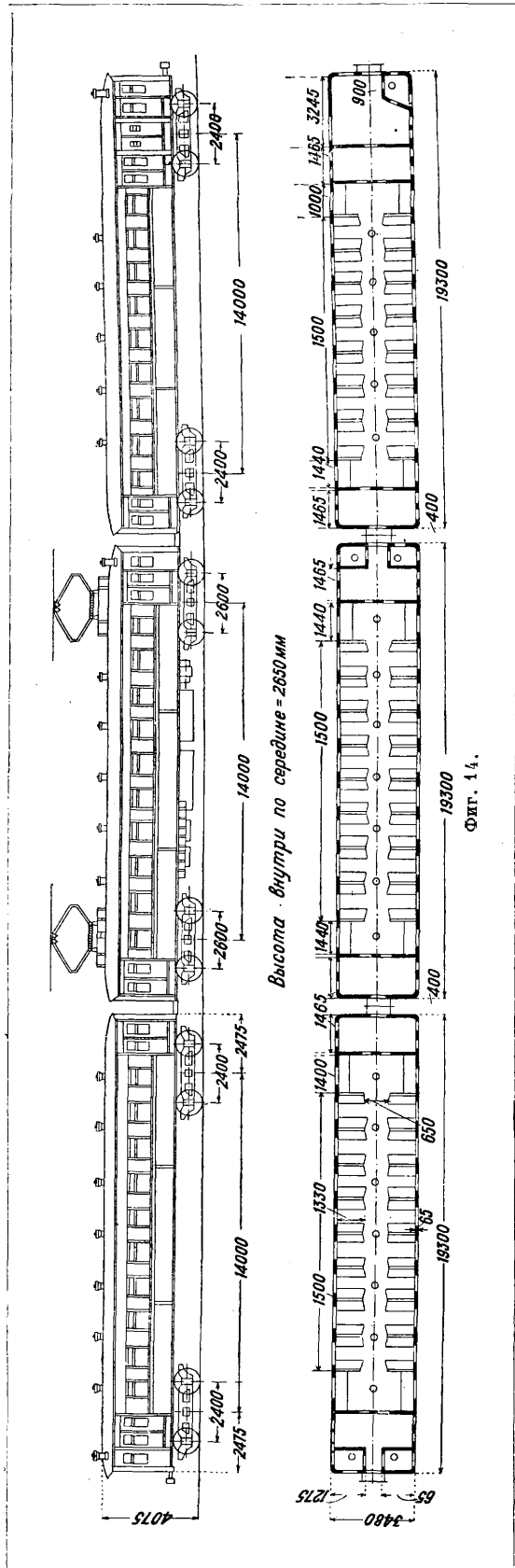


Табл. 6.— Вместимость вагона (чел.).

Наименование вагона	Сидеть	Стоять	Всего
Моторный	108	52	160
Прицепной без багажн. отделения	108	52	160
Прицепной с багажн. отделением	92	43	135
Всего	308	147	455

середине кузова для хорошего наблюдения пути. Скошенные концы кузова служат для размещения реостатов, тормозных приспособлений, инструмента и пр. Э. для промышленных целей строятся небольшой мощности—до 100 НР, с малыми нагрузками—до 6 т, с возможностью прохода по кривым малого радиуса. Для туннелей и рудников рамы делаются наружными, чем увеличивается место для моторов. Подвешивание рамы производится листовыми рессорами. Мощность маневровых Э. зависит от характера маневров. На промежуточных станциях от 100 — 150 НР, узловых 800 — 1 000 НР.

г) Электровозы магистральных линий. Расположение осей и обозначение типов подобно паровозному. Условия для проектирования кузова и ходовых частей диктуются габаритом подвижного состава и допустимостью нагрузок на оси в зависимости от верхнего строения пути—16—30 т, а также назначением Э. для товарной или пассажирской службы. В первых преследуется максимальная сила тяги на обод колеса, что ведет к уменьшению диаметра колес. В пассажирских играет доминирующую роль скорость движения при предельном числе оборотов ведущего колеса $n=400$ в мин. Наибольшая длина жесткой базы—5 500 мм. Большое влияние на конструкцию Э. имеет система тока. При постоянном токе с малыми напряжениями применяют значительное число моторов, что ведет к устройству индивидуальной передачи. На фиг. 15 изображен товарный электровоз постоянного тока 3 000 V, построенный английской фирмой Метровиккерс. На фиг. 15 обозначения следующие: 1—мотор-генератор—возбудитель, 2—тяговый двигатель, 3—вакуум-насос, 4—мотор вакуум-насоса, 5—мотор-компрессор, 6—вентилятор, 7—групповые контакторы, 8—плавкие предохранители цепей, 9—реостаты, 10—индивидуальные контакторы, 11—главный разъединитель, 12—мотор-генератор, 13—мотор-генератор, 14—реле перенапряжения, 15—пневматич. выключатель компрессора, 16—батарея, 17—батарея, 18—пневматич. выключатель вакуум-насоса, 19—возбудитель контактора, 20—контроллер, 21—мастер-контроллер, 22—ручной тормоз, 23—пантограф, 24—разрядник, 25—дрессельная катушка, 26—изолятор пантографа, 27—электросоединение. Мощность этого Э. $N_k=1\ 200$ НР при $v=34,5$ км/ч; v_{max} 72 км/ч, $E=2\ 700$ V, служебный вес—67 т.

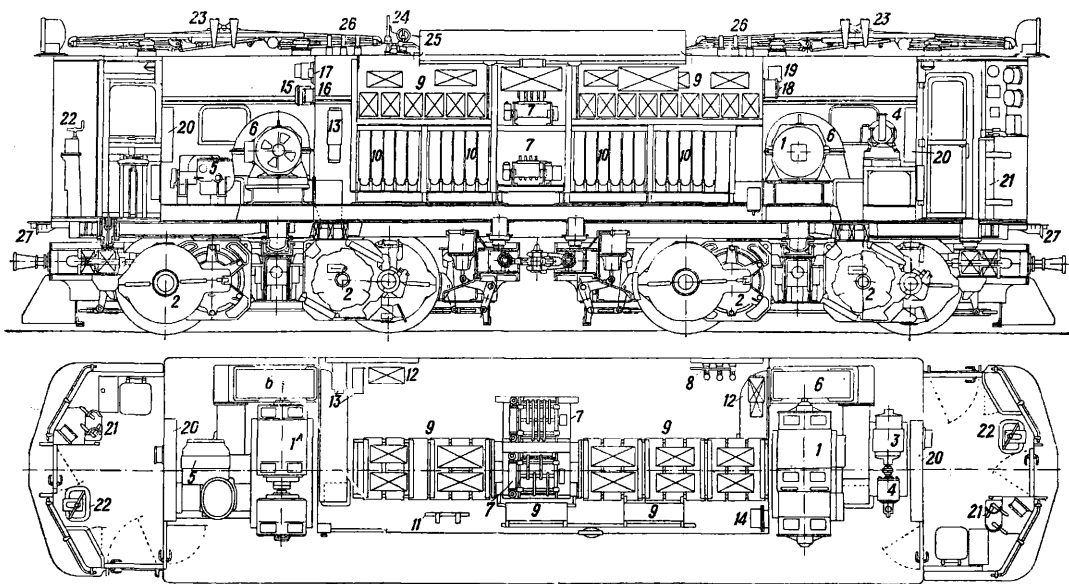
При однофазном токе дополнительный вес трансформатора и его стоимость до некоторой степени компенсируются применением моторов большой мощности, чем обуславливается групповой привод со спаренными сцепными осями. При неточном выполнении кривошипного механизма появляются вредные усилия. При трехфазном токе с низко расположенными моторами большая часть электрич. оборудования размещается в передней и задней части Э. на уровне окон будки, которая устраивается

посредине. Получается симметричная форма электровоза со скошенными краями. В выполненных электровозах часто не придерживаются этих положений. Расположение моторов, устройство рамы и кузова зависят от конструктора, который согласует выбранный им тип с навыком завода. Для оценки отдельных проектов может служить удельный вес электрово-

Средние величины для построенных локомотивов нормальной колеи выражаются сл. обр.:

IP	кг/IP	IP	кг/IP
500	90	1 500	45
750	75	2 000	40
1 000	60	3 000	35

Система локомотива и способ передачи влияют на изменение уд. в. Для скоростей 40—45 км/ч



Фиг. 15.

за, т. е. тот вес, который приходится на 1 IP на ободу колеса.

локомотивы с зубчатой передачей несколько легче локомотивов с прямодействующей пере-

Табл. 7.—Основные характеристики электровозов.

Показатели	Постоянный ток		Однофазный ток				Трёхфазный ток	
	Индивид. привод		Индивид. привод		Груп. привод		Груп. привод	
	товарн. Э.	пассаж. Э.	товарн. Э.	пассаж. Э.	товарн. Э.	пассаж. Э.	товарн. Э.	пассаж. Э.
Сила тяги макс. на ободу колеса, кг	15 000	15 000	18 000	14 000	22 500	17 500	19 000	16 000
Сила тяги на ободу колеса часовой, кг	9 800	9 000	10 600	8 300	19 500	14 700	12 000	7 000
Сила тяги макс. на ободу колеса длит., кг	7 600	7 100	7 000	6 800	13 200	9 375	—	—
Скорость км/ч макс.	65	100	50	90	55	90	50	100
» » час.	36	66	34,2	65	35	56,5	50	100
» » длит.	39	72	42	65	40	65	—	—
Мощность на ободу колеса { час.	1 300	2 200	1 170	2 100	2 550	3 000	2 300	2 700
» длит.	1 040	1 880	840	1 740	1 910	2 250	—	—
Напряж. в раб. пров., V	1 500	1 500	15 000	15 000	15 000	15 000	10 000	10 000
Частота, пер/сек.	—	—	13 ² /з	13 ² /з	16 ² /з	16 ² /з	50	45
Расположение осей	0-2+2-0	1-4-1	1-4-1	2-3-1	0-3+3-0	2-4-1	0-5-0	1-4-1
Общая длина с буф., м.	13,25	13,6	13,0	14,7	16,5	14,8	11,5	14,52
Длина жесткой базы, м.	3,15	1,9	2,65	4,0	4,5	2,25	4,7	2,35
Диам. сцеп. кол., мм.	1 400	1 600	1 350	1 610	1 250	1 250	1 070	1 630
» бегунков, мм.	—	939	—	930	—	1 000	—	850
Тип передачи	зубч.	зубч.	зубч. и шатун	зубч.	зубч., пром. вал, шатун	пром. вал, шатун	зубч., пром. вал, шатун	зубч., пром. вал, шатун
Передат. число	1 : 3,9	1 : 3,34	1 : 6,143	1 : 2,57	1 : 4,17	—	1 : 3,65	1 : 2,7
Число моторов	4	4	3	3	4	1	2	2
Крепление моторов	люлеч.	над осью	люлеч.	над осью	—	—	—	—
Число оборотов	530	750	—	—	—	—	—	—
Напряж. у клемм, V	1 500/2	1 500/2	390	550	315	295	1 000	1 000
Вес мех. частей, т	33	48	36,6	49	51	60	35	45
» электр. ч., т	27	29,5	35,5	42	59,4	44	41	46
» общий, т	60	77,0	72,1	91	110,4	104	76	91
» сцепной, т	60	59,0	72,1	55,5	110,4	70	73	64
Нагрузка сцепных осей, т	15,0	15,0	14,5	18,5	18,5	17,5	15,2	16
Уд. в., кг/IP	46,2	35,2	61,8	43,5	43,3	34,6	33,1	33,7
Уд. мощ. (IP) на 1 м длины	108	183	102	157	188	229	230	205

дачей. Электрич. оборудование составляет часть общего веса Э. постоянного тока средних напряжений—38,5%, высоких напряжений—40,5%, однофазного и трехфазного тока—47,5%. По заданному составу на затяжном подъеме и скорости поезда в пути определяют нормальную силу тяги на ободе колеса F_k . Соответствующая мощность определяется из ф-лы

$$N_k = \frac{F_k v}{270} \text{ HP.} \quad (3)$$

Для перехода от мощности обода колеса к мощности моторов оценивают механические потери передачи

$$\eta_m = 0,95 \div 0,97.$$

Определяют $F_{k_{max}}$, выбирая соответствующие ускорения поезда, из табл. 1. Зная $F_{k_{max}}$, находят необходимый сцепной вес Э. и по заданной нагрузке на оси находят число сцепных осей. Общий вес Э. при предварительных подсчетах определяется по найденной мощности и уд. в. выполненных Э. Если этот вес соответствует сцепному весу, то Э. не требует поддерживающих осей, причем v_{max} его не должна превышать 60 км/ч. При больших скоростях применяются бегунок или бегунковая тележка. Основные характеристики Э. даны в табл. 7.

Литт.: В у л ь ф А., Электрическая тяга, Л., 1926; З е е ф е л ь н е р К., Электрическая тяга, пер. с нем., Москва, 1926; К у м м е r W., Die Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung, B. 1, 2 Aufl., B., 1925, B. 2, B., 1920; S e e f e h l n e r E., Elektrische Zugförderung, 2 Aufl., B., 1924; S t o c k e r t L., Handbuch der Eisenbahnmaschinenwissens, B. 1, B., 1912; S a c h s K., Elektrische Vollbahnlokomotiven, B., 1928; R e i c h e l, Vorläufige Grenzen in Elektromaschinenbau, «Z. d. VDI», 1920, p. 1105; «BBC Mitteilungen», Baden, 1928—29. А. Шелест.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, машина, в которой происходит преобразование электрич. энергии в механическую. Э. являются в настоящее время наиболее распространенным видом моторов, они находят широкое применение для приведения в движение машин, орудий производства во всех отраслях промышленности (металлообрабатывающей, металлургической, нефтяной и пр.), для тяги—приведения в движение поездов, вагонов, тележек, судов, лодок, в подъемно-транспортных устройствах и сооружениях, в бытовом, коммунальном хозяйстве и для приведения в действие медицинских приборов, аппаратов и пр. Э. широко используются также в качестве *стартеров* (см.) для пуска в ход других двигателей, напр. автомобильных, авиационных и пр. Электродвигатели имеют вращательное и возвратно-поступательное движение. Вращательное движение является нормальным действием Э.; Э. с поступательным движением выполняются особым образом и находят применение лишь в специальных областях привода, например для молотыбы и т. п. Э. с возвратно-поступательным движением носят название *магнитофугальных* двигателей Э., как и всякая электрич. машина, состоит из двух основных частей: *магнитной* и *якорной* систем. Образование крутящих моментов в Э. происходит за счет взаимодействия магнитного поля с током, протекающим по обмотке якоря, причем если проводники якоря заложены в пазы, то образующиеся от взаимодействия магнитного поля с током механические силы прикладываются не к полюсам непосредственно, а к железным зубцам якоря. Сила взаимодействия магнитного поля с токонесущим проводом м. б. вычислена по ф-ле

$$F = \frac{B_c \cdot l_j \cdot i_a}{9,81} 10^{-6} \text{ кг,}$$

где B_c —магнитная индукция в воздушном зазоре, l_j —активная длина провода, заложеного в тело якоря, i_a —сила тока, протекающего по проводнику. Направление действия механич. силы определяется т. н. правилом левой руки, сущность которого заключается в следующем: если поместить левую руку так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца, расположенные вдоль проводника, совпадали с направлением тока, то большой палец определяет направление действия механич. силы. В зависимости от рода тока, применяемого для питания электродвигателей, последние разделяются на двигатели постоянного и переменного тока. Э. могут быть устроены т. о., что их работа может происходить и на постоянном и переменном токах; такие Э. называются универсальными. Якорь Э. постоянного тока снабжается обычно коллектором. Э. переменного тока бывают бесколлекторными и коллекторными, причем Э. переменного тока устраиваются с коллектором в тех случаях, когда к двигателю ставится требование в отношении широкой регулировки скорости вращения. За последние годы в связи с применением ионных преобразователей с управляемой сеткой появились новые конструкции Э. постоянного тока без коллектора, но снабженные взамен этого особыми коммутаторами, посредством которых осуществляется поочередное питание отдельных секций обмотки якоря. Скорость вращения Э. имеет довольно широкие пределы: тихоходные Э. работают при скоростях 75—300 об/м.; Э. средней скорости вращаются при 300—1 000 об/м.; быстроходные Э. делают 1 000—20 000 об/м. В некоторых специальных случаях (напр. для приведения во вращение гироскопов и т. п.) устраиваются Э. со скоростью вращения до 40 000 об/м. Нормально Э. предназначаются для вращения в одну сторону, но они могут работать в любом направлении. Э., приспособленные для вращения в обе стороны, называются реверсивными.

Механические свойства Э. обычно изображаются характеристиками крутящих моментов и скоростными характеристиками. Первые характеристики представляют собой зависимость развиваемого двигателем крутящего момента от силы тока якоря. Вторые характеристики выражают зависимость скорости вращения от нагрузки. Вид этих характеристик в значительной мере определяется способом возбуждения Э. В Э. с шунтовыми характеристиками магнитный поток мало изменяется с нагрузкой, поэтому здесь крутящий момент, развиваемый Э., находится в прямой зависимости от тока якоря, причем пропорциональность несколько уменьшается по мере увеличения *реакции якоря* (см.). Скорость вращения Э. с шунтовой характеристикой изменяется с нагрузкой, падая несколько с увеличением последней. Э. с сериесной характеристикой развивают крутящие моменты почти пропорционально квадрату силы тока, если магнитная система находится в ненасыщенном состоянии и реакция якоря невелика. С увеличением насыщения и реакции якоря зависимость крутящего момента от силы тока приобретает прямолинейный вид. Скорость вращения сериесных Э. сильно изменяется в зависимости от нагрузки, резко падая с увеличением последней. К Э. с шунтовой характеристикой относятся шунтовые двигатели постоянного и

переменного тока и асинхронные. Серийные характеристики имеют все Э. постоянного и переменного тока с последовательным возбуждением, а также репульсионные коллекторные двигатели. В некоторых случаях электромоторного привода применяются двигатели с постоянной скоростью вращения, не зависящей от нагрузки. К числу таких Э. относятся двигатели постоянного тока со смешанным возбуждением и синхронные. Нормально в Э. постоянного тока для поддержания постоянства скорости вращения приходится устраивать дифференциальное или так называемое противокомпаундное возбуждение. Скорость вращения синхронных двигателей зависит только от частоты переменного тока, которым питается Э., и числа полюсов двигателя. У синхронных двигателей скорость остается постоянной при изменениях напряжения, между тем как у всех других видов двигателей напряжение сети и ток возбуждения оказывают влияние на скорость вращения. Э. устраиваются также с несколькими ступенями скорости вращения, причем на каждой ступени скорости вращения работа двигателей производится по шунтовой характеристике, или же с постоянной скоростью.

Регулировка скорости в Э. осуществляется различными способами: 1) путем изменения силы тока в цепи возбуждения; 2) изменением силы тока в якоре; 3) посредством переключения числа полюсов; 4) изменением напряжения подводимого к цепи якоря; это изменение может производиться в Э. переменного тока посредством ступенчатых трансформаторов, потенциал-регуляторов, а в двигателях постоянного тока — с помощью вольтдобавочных машин; 5) применением специальных схем соединений (схем Леонарда), каскадных соединений и т. п.; 6) смещением щеток.

Ревверсирование в Э. осуществляется: 1) изменением направления тока в цепи возбуждения, 2) изменением направления тока в цепи якоря, 3) применением последовательности чередования фаз, 4) смещением щеток. В реверсивных машинах постоянного тока щетки должны устанавливаться в нейтральной зоне, причем для улучшения коммутации и устранения влияния реакции якоря машина снабжается дополнительными полюсами и обмотками.

Одним из основных факторов, характеризующих механич. свойства Э., являются также т. н. о п р о к и д ы в а ю щ и й момент, представляющий собой наибольший крутящий момент, к-рый может развить Э., и н а ч а л ь н ы й п у с к о в о й момент. Обычно опрокидывающий момент в нормальных двигателях составляет 1,8—2,5 от номинального. В некоторых специальных случаях Э. выполняются с опрокидывающим моментом, равным 5—6-кратному от номинального. Начальный пусковой момент, который развивает электродвигатель, зависит от условий и способа пуска. Согласно нормам двигатели переменного тока при номинальном напряжении на зажимах и номинальной частоте с соответствующим пусковым реостатом должны развивать вращающий момент, не меньший 30% номинального в любом положении ротора в начальный момент пуска, а также во все время ускорения до номинальной скорости. Пусковые условия двигателя характеризуются т. н. т я ж е с т ь ю п у с к а. Тяжесть пуска в ход Э. определяется отношением средней пусковой мощности к мощности, к-рая потребляется двигателем при полной нагрузке; она

м. б. выражена также посредством отношения среднего пускового тока к номинальному. При легком пуске это отношение составляет около 0,65—0,75; при пуске в ход при полной нагрузке 1,3—1,5; при тяжелом пуске в ход 1,7—2,0.

Мощность Э. измеряется на валу и выражается в W или kW. Мощность современных Э. колеблется в довольно широких пределах, от нескольких W для небольших моторов и до 2 000—32 000 kW для судовых Э. и Э., служащих для привода в движение прокатных станков. Различают продолжительную и временную мощность Э. Последняя мощность указывается для тех Э., которые предназначены для кратковременной или прерывистой работы, например для тяговых, крановых и т. п. двигателей; значение этой мощности помечается на шитке машины с указанием времени, на которое рассчитана работа Э. при этой мощности. Для тяговых двигателей обычно указывается часовая мощность.

Виды выполнения Э. Выполняются Э. с горизонтальным, вертикальным и наклонным валом. Для переносных и ручных установок с Э. ось вала может занимать любое положение. Э. устраиваются с внутренней и внешней вращающейся частью. Э. с внутренним ротором являются нормальным видом устройства. Конструкция Э. с внешней вращательной частью применяется в тех случаях, когда ротор Э. используется как часть устройства машины, станины и т. п. В связи с развитием индивидуального привода Э. все более и более конструктивно связывается с теми машинами и орудиями, к-рые он приводит в движение. В зависимости от способа выполнения защиты устройства вентиляции и охлаждения Э. бывают открытого, защищенного, закрытого и герметически закрытого типа, а также с естественным охлаждением, с самовентиляцией и посторонней вентиляцией. Э., предназначенные для работы в сырых и мокрых помещениях, должны снабжаться противосырьстной изоляцией. Э. должны иметь защиту против взрыва, если они предназначаются для работы во взрывоопасных помещениях (рудниках, шахтах и пр.).

Сцепление Э. с приводимыми машинами производится различными способами: 1) непосредственно, 2) посредством муфты — жесткой, эластичной, 3) помощью передач — зубчатых, ременных, канатных, фрикционных и т. п. О подробностях конструкций и принципе работы электродвигателей — см. *Динамомашин, Индукционные машины, Коллекторные машины, Синхронный двигатель.*

Лит.: Шенф. К., Динамомашин постоянного тока, 3 изд., М., 1931; е г о ж е, Асинхронные машины, М., 1931; е г о ж е, Коллекторные двигатели, 4 изд., М.—Л., 1932; С а в о н о в Н., Компенсированные двигатели, М.—Л., 1932. **В. Кулебакин.**

ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕ СУДОВ. Совершенство различных систем и методов электрификации привода судовых двигателей. Так как до настоящего времени из двигателей электрифицировались лишь гребные винты и гребные колеса, то соответствующие установки очень часто называются гребными электрическими установками.

Несмотря на короткий срок существования современных гребных электрич. установок наблюдается большое их разнообразие; их можно классифицировать сл. обр. 1) Гребные электрич. установки вспомогательного характера, к к-рым относятся все те установки, где гребные электродвигатели играют вспомогательную

роль, применяясь лишь для маневренных целей и ходов при особо специфич. условиях (напр. установок по системе Дель-Пропосто, турбозлектро-зубчатые установки по системе G. E. Co., установки на подводных лодках). 2) Гребные электрич. установки комбинированного характера, где гребные электродвигатели хотя и применяются для работы при полных ходах, однако не вполне самостоятельно, а совместно с тепловыми двигателями, сидящими на тех же гребных валах (напр. турбозлектрич. установки по сист. Метрополитен-Виккерс). 3) Гребные электрич. установки с полной электрификацией движителей. Этот класс установок является наиболее распространенным и распадается на турбозлектрич. гребные установки и дизель-электрич. гребные установки. Табл. 1 и 2 дают картину роста числа этих установок по годам и степень распространенности электродвижения по типам судов.

Табл. 1.—Характеристика роста электродвижения по годам.

Турбозлектроходы			Дизель-электроходы		
Год	Количество судов	Общая мощность на гребных валах, HP	Год	Количество судов	Общая мощность на гребных валах, HP
1908	2	1 000	1921	3	1 140
1918	4	34 400	1924	29	17 425
1921	19	177 800	1927	74	56 790
1924	26	220 400	1930	123	88 510
1927	33	619 400	1931	125	93 630
1930	63	902 800			
1931	70	1 150 000			

Все гребные электрич. установки третьего типа характеризуются тем, что первичные главные двигатели, вращающие генераторы, механически совершенно не связаны с гребными валами, и передача мощности от двигателей к

Табл. 2.—Степень распространения электродвижения по типам судов.

Тип электроходов	Общая мощность на греб. вал., HP	Тип электроходов	Количество судов
Грузо-пас. суда	665 400	Буксиры	40
Авианосцы . . .	485 400	Поромы	37
Линейные корабли	176 000	Грузо-пассаж. суда	27
Сторожевые корабли	41 600	Наливные суда	27
Поромы	31 100	Сторожевые корабли	15
Наливные суда	35 700	Грузовые суда	14
Буксиры	30 735	Яхты	11
Грузовые суда	29 975	Линейные корабли	5
Маяки пловучие	11 100	Пловучие маяки	6
Яхты	10 793	Авианосцы	3
Пожарные суда	9 720	Портовые катеры	2
Землесерпалки	7 400	Траулеры	1
Портовые катеры	1 000	Землесерпалки	5
Траулеры	400	Базы для маяков	1
Базы для маяков	240		

гребным винтам или колесам происходит электромагнитным образом посредством главных генераторов и гребных электродвигателей. Из этого основного принципа проистекает целый ряд следующих положительных особенностей, общих для всех гребных электрич. установок: 1) отсутствие обязательной необходимости в реверсировании и регулировке первичных главных двигателей; 2) упрощение конструкции главных двигателей; 3) возможность увеличения скорости вращения главных двигателей независимо от нормальных скоростей вращения гребных винтов, что должно вести к уменьшению вращающих моментов двигателей и их

веса; 4) возможность уменьшения стоимости главных двигателей; 5) увеличение надежности действия установки; 6) обеспечение большей свободы в выборе основных параметров и характеристик главных двигателей; 7) возможность подбора движителей с лучшими характеристиками и увеличение КПД их; 8) возможность обеспечения гребной установки большим резервом; 9) улучшение маневренных качеств судна. Наряду с этими положительными качествами гребные электрические установки имеют и отрицательные стороны, к числу которых необходимо отнести: 1) необходимость установки помимо главных первичных двигателей еще главных генераторов, электродвигателей и распределительного устройства; 2) необходимость в двойном трансформировании энергии первичных двигателей; 3) наличие дополнительных потерь в электрич. части установок; 4) большое количество объектов обслуживания; 5) добавочный вес электрич. части оборудования; 6) добавочная стоимость этой части. Необходимо заметить, что при целесообразном проектировании гребных электрич. установок удается компенсировать большинство этих отрицательных сторон, напр. добавочные потери удается компенсировать путем повышения КПД движителей и уменьшения потерь в других элементах установки; добавочный вес и стоимость электрич. частей—применением более быстроходных двигателей, упрощением их конструкции и приближением их к стандартному типу; увеличение числа объектов обслуживания—облегчением этого обслуживания путем применения автоматизации и блокировки и т. д. В некоторых довольно часто встречающихся случаях удается достигнуть не только полной компенсации таких кажущихся на первый взгляд специфическими недостатков гребных электрич. установок, как утяжеление, удорожание, усложнение и т. д., но и достигнуть сверхкомпенсации, т. е. превращения этих качеств в достоинства, к-рые, присоединяясь к основным положительным свойствам Э. с. (высоким маневренным качествам, меньшему износу механизмов, большему сроку амортизации, лучшему контролю установки в смысле расхода энергии и топлива, большей легкости постановки исследовательских работ), обеспечивают большие преимущества гребным электрич. установкам перед другими системами судодвижения.

Турбозлектрические гребные установки с полной электрификацией судовых движителей. Установки этого типа как правило строят на переменном токе. Основанием для предпочтения переменного тока постоянному служат следующие причины: большая простота и надежность машин переменного тока, возможность выбора более быстроходных главных генераторов, меньший вес машин переменного тока, меньшая их стоимость, более высокий КПД установки, легкость обслуживания и др. При этом однофазный ток, в отличие от сухопутной практики электротяги, совершенно не применяется для целей Э. с. Преимущественно применяется трехфазный ток и изредка (в виде исключения) двухфазный. К числу относительных достоинств трехфазного тока можно отнести лучшее использование активного материала, меньший относительный вес электрич. машин, их меньшую относительную стоимость, более высокий КПД, больший коэф. мощности электродвигателей трехфазного тока, большую перегрузоч-

ную их способность и легкость пуска в ход. В отношении напряжений и частот до сих пор еще не установилось единообразие за отсутствием соответствующих стандартов. Величина напряжений обычно бывает у турбоэлектрич. гребных установок тем выше, чем больше мощность на гребных валах. Чаще всего напряжения выбираются с таким расчетом, чтобы сила тока у гребных электродвигателей не превосходила 1 000—1 200 А при установках малой и средней мощности, 1 500 А в установках большой мощности и 2 000—2 500 А в сверхмощных установках порядка 150 000—200 000 HP (110 000—150 000 kW). Напряжения, применяемые в американской практике, приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Напряжения, применяемые в турбоэлектрических гребных установках.

Мощность установки		Напряжение
HP	kW	V
500—1 000	375—750	275
1 000—1 500	753—1 100	500
1 500—3 000	1 100—2 200	1 100
2 000—10 000	1 500—7 500	2 300
10 000—15 000	7 500—11 000	3 000
15 000—30 000	11 000—22 000	3 400—4 000
30 000 и выше	22 000 и выше	5 000—6 000

Частоты, применяемые на турбоэлектроходах, лежат обычно в пределах 30 и 60 пер/сек. За последние годы наблюдается тенденция к приближению к нормальным сухопутным частотам. Турбоэлектрич. гребные установки можно подразделить на несколько типов, а именно: а) с точки зрения числа главных генераторов и электродвигателей встречаются следующие установки:

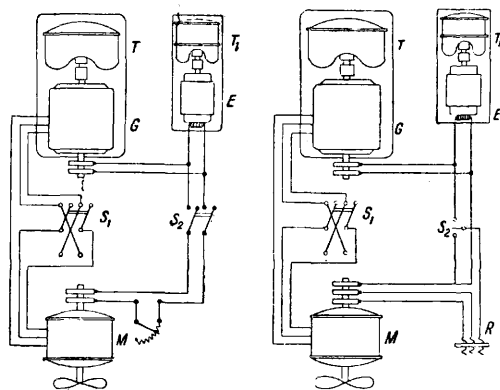
Число главных генераторов . . . 1 1 2 2 2 4 4
 Число гребных электродвигателей 1 2 2 4 8 4 8

б) в отношении системы главных турбогенераторов гребные турбоэлектрич. установки бывают двух типов: 1) с турбинами аксиального типа; 2) с турбинами радиального типа; в) с точки зрения типа гребных электродвигателей: 1) установки с асинхронными электродвигателями, снабженными контактными кольцами; 2) с асинхронными электродвигателями по сист. Voisnerdt; 3) с синхронными двигателями; 4) с синхронизированными индукционными двигателями; 5) с асинхронными двигателями и фазными компенсаторами; 6) с каскадным включением главных электродвигателей и генераторов; 7) со специальными типами главных генераторов и электродвигателей (напр. коллекторные альтернаторы по сист. Костенко-Ямпольского, электродвигатели по сист. Creedy, Hunt'a и др.).

В коммерческом флоте наиболее часто применяют гребные турбоэлектрич. установки с синхронными (фиг. 1) и синхронизированными индукционными двигателями (фиг. 2). В военном флоте находят применение гл. обр. установки с асинхронными двигателями с контактными кольцами (фиг. 3) и с синхронными двигателями. На фиг. 1, 2 и 3: T —главная турбина, G —главный генератор, M —гребной электродвигатель, T_1 —вспомогательная турбина, вращающая возбудитель E главного генератора и гребного мотора (на фиг. 3—только главного генератора), S_1 —реверсирующий переключатель, S_2 —выключатель (на фиг. 2—переключатель)

возбуждения, R —реостат для регулирования возбуждения гребного электромотора. Установки 5-го, 6-го и 7-го типов находятся пока в стадии разработки.

Каждая турбоэлектрич. гребная установка состоит из следующих главнейших электрич.

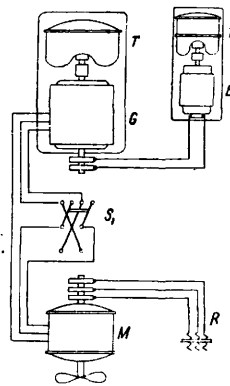


Фиг. 1.

Фиг. 2.

элементов: главных турбогенераторов, распределительного устройства и главных, или гребных, электродвигателей. Основным характерным отличием главных турбогенераторов, применяющихся в гребных установках, от стационарных сухопутных установок является их относительно меньший вес; достигается это большим использованием активного материала и лучшими конструктивными формами, отсутствием фундаментных рам, к-рые заменяются обычно клепаными судовыми фундаментами, более усиленным вентилированием, применением противосыросной, противокислотной и противощелочной изоляции и небольшими постоянными (железными) потерями. Турбины, в отличие от таковых сухопутных турбогенераторов, снабжаются регуляторами для возможности, если это требуется, изменения в широких пределах скорости вращения генератора (25—100% от нормальной). Распределительное устройство часто содержит помимо операционных, защитных и контрольно-измерительных электрических приборов также и приборы для контроля действия элементов парового

и масляного хозяйства установки. К приборам последнего типа относятся: 1) манометры, показывающие давление пара в котлах, у паровпускных клапанов турбин, в промежуточных ступенях турбин и т. д.; 2) манометры, показывающие давление масла в подшипниках; 3) вакуумметры, контролирующие степень разрежения в конденсаторах. Кроме того устанавливаются: 1) температурные указатели степени нагрева различных частей обмоток главных генераторов и электродвигателей; 2) указатели скорости вращения гребных электродвигателей; 3) машинные телеграфы, 4) указатели положения руля и другие приборы. В большинстве случаев управление всей турбо-

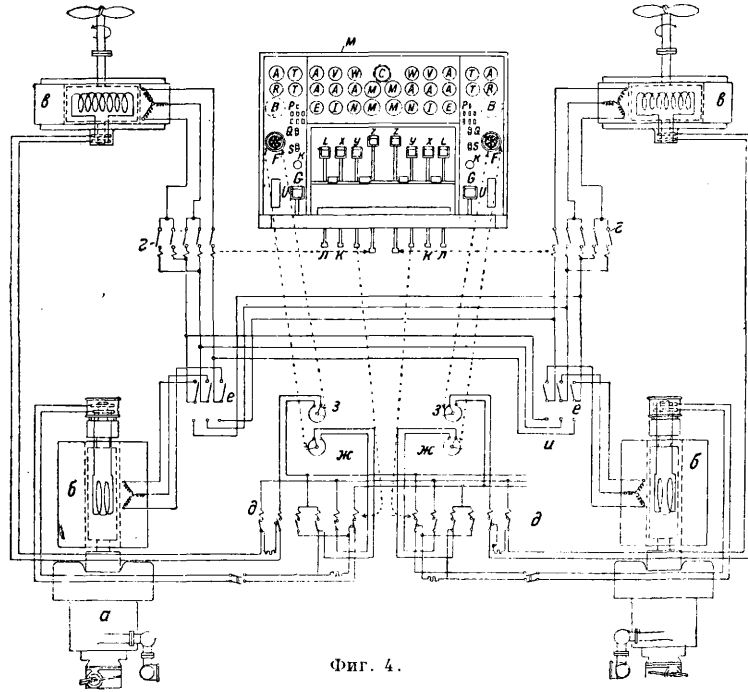


Фиг. 3.

электрической гребной установкой сосредотачивается у распределительных щитов. Последние в установках этого рода снабжаются рядом рычажных выключателей и переключателей, необходимых для изменения направления вращения главных электродвигателей, изменения (если это требуется) числа полюсов у них, изменения возбуждения у турбогенераторов, изменения их мощности и частоты. Возможно однако и управление установкой с мостика. В этих случаях управление операционными приборами производится при помощи реле, к-рые

ограничителям скорости турбогенераторов, *М* — распределительная доска, на которой расположены следующие измерительные приборы и органы управления: *А* — амперметры, *Т* — указатели температур, *В* — вольтметры, *W* — ваттметры, *М* — манометры и вакуумметры, *R* — предохранительные реле от заземлений, *Е* — указатели возбуждения, *I* — тахометры гребных валов, *N* — тахометры турбогенераторов, *B* — счетчики оборотов гребных валов, *С* — часы, *P* — гнезда для приключения указателей темп-ры, *Q* — запасные выключатели, *S* — выключатели вентиляторов, *F* — штурвалы реостатов возбуждения турбогенераторов и главных электродвигателей, *K* — штурвалы реостатов вентиляторных электродвигателей, *U* — балансирующие реле, *G* — рычаги аварийных рычажных выключателей, *L* — аварийные рычаги к ограничителям скоростей турбин, *X* — рычаги к регуляторам скоростей турбин, *Y* — рычаги к контакторам возбуждения, *Z* — реверсирующие рычаги.

Гребные электродвигатели турбоэлектрических установок в настоящее время применяются исключительно тихоходные, маховичного типа с непосредственным соединением с гребным валом с целью возможно укорочения гребных валов, для чего их сдвигают по направлению к корме; вследствие стесненности места их приходится строить с несколько уменьшенным диаметром и большей длиной по сравнению с сухопутными электродвигателями. Так же как и у главных генераторов, применяется искусственная независимая вентиля-



Фиг. 4.

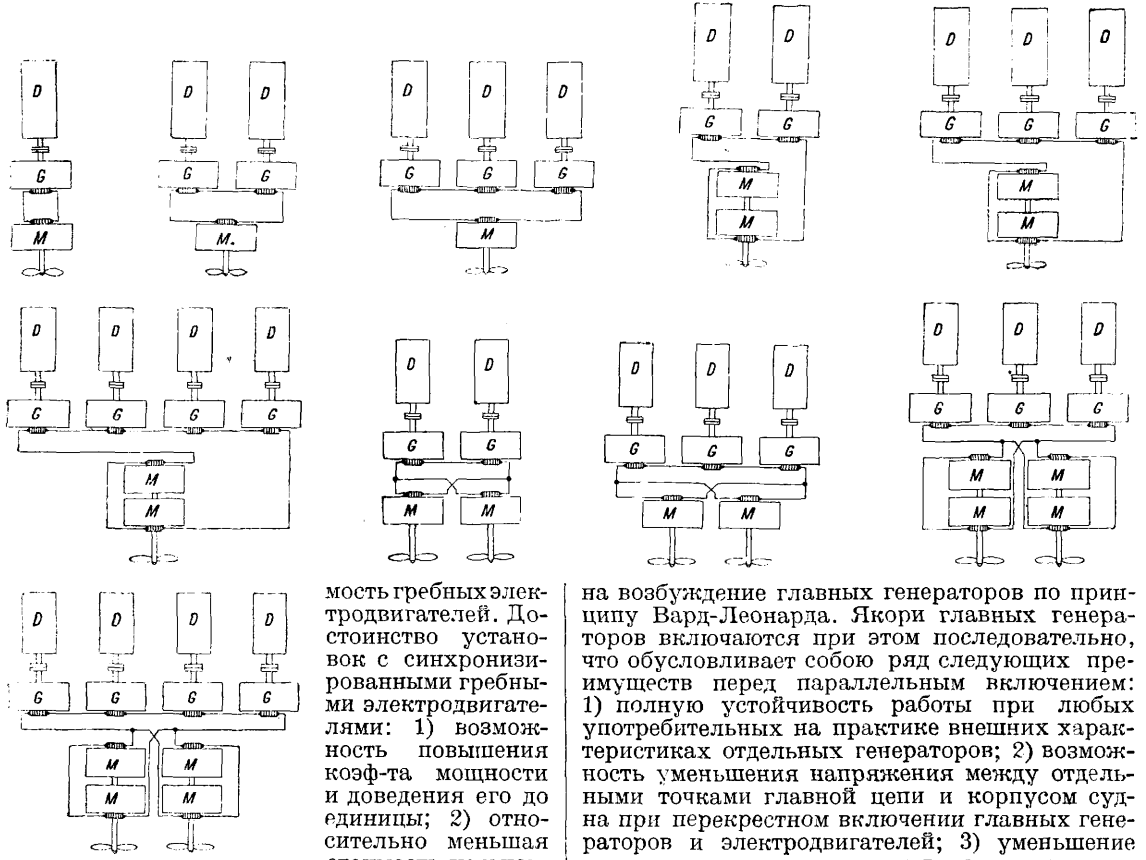
приводятся в действие штурвалом поста управления. Пост управления имеет внутри ряд контактов, по к-рым скользят щетки, механически связанные со штурвалом, и при помощи к-рых замыкаются вспомогательные цепи, воздействующие на реле. Вращение штурвала в одну сторону от нейтрального положения отвечает ходу судна вперед, вращение в обратную сторону — ходу назад. Системы защиты, применяемые в турбоэлектрических гребных установках, выполняются обычно в виде реле вторичного действия, воздействующих на цепь возбуждения главных генераторов. В некоторых установках, помимо защитных реле, предусматриваются еще блокировки механического или электромагнитного типа для предохранения установки от неправильной последовательности включения операционных приборов.

На фиг. 4 изображена схема распределительного устройства турбоэлектростанции с установкой трехфазного тока с синхронными гребными электродвигателями (на судах типа Salamanca и Segovia), причем *a* — главные турбины, *б* — главные генераторы, *в* — главные электродвигатели, *г* — реверс-контакты, *д* — контакторы возбуждения генераторов и главных электродвигателей, *е* — генераторные переключатели, *ж* — реостаты возбуждения генераторов, *з* — те же главных электродвигателей, *и* — от шин возбуждения, *к* — к регуляторам турбин, *л* — к

и противосрыостная изоляция, стойкая против действия к-т и морских солей. Кроме вышеуказанных особенностей гребные электродвигатели должны обладать значительными реверсирующими вращающими моментами и значительным междужелезным пространством для уменьшения радиальных усилий и ослабления износа подшипниковых вкладышей, т. к. частая замена их в судовых условиях весьма нежелательна. Сравнительные достоинства и недостатки турбоэлектрич. установок различных типов м. б. вкратце охарактеризованы сл. обр. Достоинства установок с асинхронными двигателями с контактными кольцами: 1) более высокие маневренные качества с точки зрения большей легкости регулирования скорости вращения гребных винтов; 2) более высокий коэф. мощности установки по сравнению с установками, оборудованными электродвигателями по сист. Бушера (Boucherot); 3) меньшие потери внутри гребных электродвигателей при пуске в ход и при реверсировании по сравнению с теми же установками; 4) большая перегрузочная способность по сравнению с синхронизированными электродвигателями. К числу недостатков относятся: а) по сравнению с установками с электродвигателями Бушера: 1) неавтоматичность пуска и реверса гребных электродвигателей, 2) меньшие реверсивные и пусковые вращающие моменты; б) по сравнению с установками с син-

хронизированными двигателями: 1) меньший кпд, 2) меньший коэф. мощности и 3) несколько большая стоимость установки. Достоинства установок с электродвигателями Бушера: 1) автоматичность пуска в ход и реверса, 2) большие пусковые и реверсирующие моменты, 3) большая простота ухода. Недостатки: 1) меньшая эластичность установки при маневрировании, 2) пониженное значение коэффициента мощности, 3) большие потери в гребных электродвигателях и необходимость более усиленной их вентиляции, 4) большая относительная стои-

лиестве генераторов неизбежно возникает вопрос об их совместной работе. Так как ни последовательное ни параллельное включение генераторов переменного тока не может в условиях работы гребных электродвигателей обеспечить надежное действие установок, то конструкторам пришлось отказаться от переменного тока и перейти на постоянный. При применении постоянного тока попутно получается выгода в отношении возможности широкого и экономичного регулирования скорости вращения гребных электродвигателей воздействием



Фиг. 5.

мость гребных электродвигателей. Достоинство установок с синхронизированными гребными электродвигателями: 1) возможность повышения коэф-та мощности и доведения его до единицы; 2) относительно меньшая стоимость установки; 3) более высо-

кий кпд. Недостатки: 1) меньшая перегрузочная способность гребных электродвигателей, 2) большая сложность реверса, 3) невозможность переключения у гребных электродвигателей числа полюсов в ином отношении, чем 2 : 1.

Дизель-электрические установки с полной электрификацией судовых двигателей. В отличие от разобранного выше типа установок дизель-электрические гребные установки как правило оборудуются на постоянном токе. Причины исключительного применения постоянного тока вызываются тем, что при дизель-электрических гребных оборудованях приходится в целях уменьшения веса прибегать к установкам (даже на одноцилиндровых судах) обычно нескольких генераторов. В применяющихся на практике в наст. время гребных установках этого типа число главных дизель-генераторов берется обыкновенно от 2 до 6, доходя при очень больших мощностях (порядка 50 000—100 000 HP) до 8 и даже 16. Очевидно, что при таком ко-

на возбуждение главных генераторов по принципу Вард-Леонарда. Якоря главных генераторов включаются при этом последовательно, что обуславливает собою ряд следующих преимуществ перед параллельным включением: 1) полную устойчивость работы при любых употребительных на практике внешних характеристиках отдельных генераторов; 2) возможность уменьшения напряжения между отдельными точками главной цепи и корпусом судна при перекрестном включении главных генераторов и электродвигателей; 3) уменьшение сечения и количества меди в соединительных кабелях; 4) большую легкость контроля работы установки и большую легкость защиты от перегрузок и коротких замыканий; 5) больший запас мощности в случае выхода из строя одного из главных дизель-генераторов. Величина напряжений, применяемых в дизель-электрических гребных установках, обуславливается мощностью этих установок и числом главных генераторов, возрастающей вместе с увеличением мощности. В большинстве исполненных установок этого рода напряжение, приходящееся на каждый генератор, лежит в пределах 125—500 V. С целью уменьшения напряжения, приходящегося на каждый коллектор у гребных электродвигателей, а также с целью достижения большего резерва и надежности действия установки гребные электродвигатели очень часто применяются сдвоенного типа. При одноякорных установках якоря гребных электродвигателей соединяются обычно последовательно, при двухякорных установках последовательное включение практикуется лишь в отношении якорей, сидящих на одном и том же

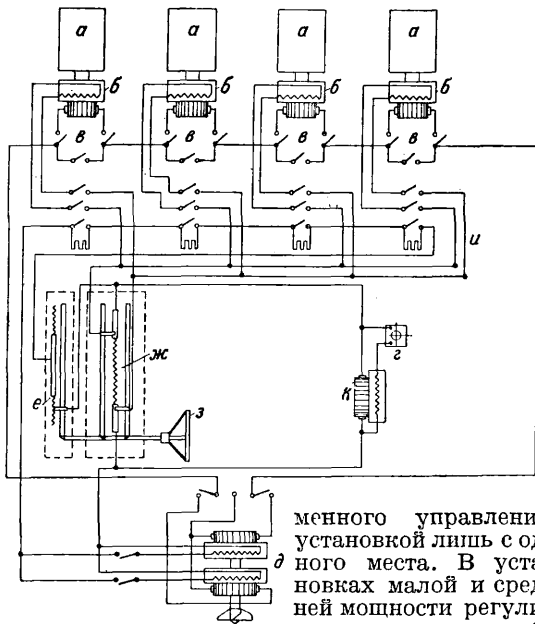
гребном валу, электродвигатели же разных винтов включаются параллельно для избежания необходимости защиты их от разроса в случае разгрузки одного из гребных валов.

На фиг. 5 даны принципиальные схемы, показывающие употребительное соотношение числа главных генераторов и электродвигателей в установках малой и средней мощности, и способы их включения (на фиг. 5: *D*—дизель, *G*—главный генератор, *M*—гребной электродвигатель). В табл. 4 даны примерные соотношения между числом главных генераторов и мощностью на гребных валах установок.

Табл. 4.—Число главных генераторов в дизель-электрических установках различной мощности.

Число главных генераторов	Мощность на гребных валах, HP	Число главных генераторов	Мощность на гребных валах, HP
1	до 100	4	2 500—4 000
2	150—550	6	4 000—10 000
3	600—2 000	8—16	10 000—100 000

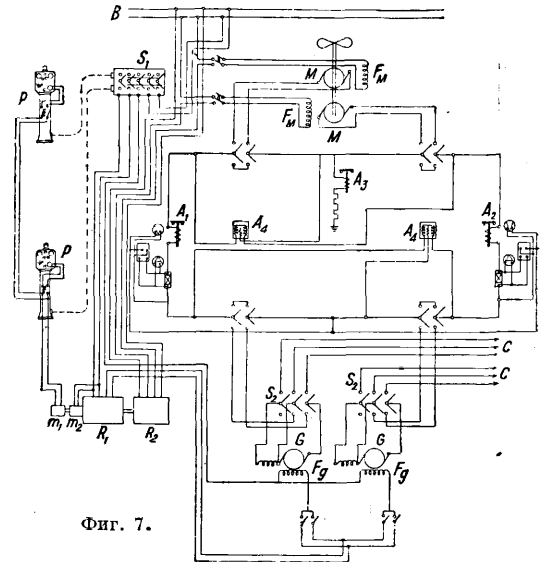
В дизель-электрических гребных установках регулирование скорости вращения главных электродвигателей и реверсирование производятся обычно по принципу Вард-Леонарда и не требуют изменения скорости вращения дизель-генераторов. Управление обычно производится при помощи специальных постов, располагаемых на мостике в ходовых рубках и в машинных помещениях, причем в случае наличия нескольких постов управления применяются переключатели, гарантирующие возможность одновре-



Фиг. 6.

менного управления установкой лишь с одного места. В установках малой и средней мощности регулировка скорости гребных электродвигателей производится изменением сопротивления цепи возбуждения главных генераторов при помощи реостатов, находящихся в постах управления. На фиг. 6 изображена схема распределительного устройства дизель-электростанции средней мощности: *a*—дизели, *б*—главные генераторы, *в*—главные рубильники, *ж*—возбудитель, *з*—его шунтовый реостат, *д*—главный гребной электродвигатель, *е*—реостат возбуждения электродвигателя, *жс*—потенциометрический реостат, *з*—штурвал контроллера, *и*—выравнивающие сопротивления. При более значительных мощностях регулировочные реостаты располагаются в машинных помещениях и регулировка возбуждения производится при помощи телемоторов, электрически связанных с постами управления.

На фиг. 7 изображена схема распределительного устройства дизель-электрической гребной установки с телемоторным управлением:



Фиг. 7.

G—главные дизель-генераторы, *F_g*—их обмотки возбуждения, *M*—двойной гребной электродвигатель, *F_M*—его обмотки возбуждения, *P*—посты управления установкой, *B*—вспомогательные шины, *C*—магистраль к общесудовой станции, *m₁* и *m₂*—сервомоторы, *R₁*—реостат для регулирования возбуждения главных генераторов, *R₂*—то же для гребного электродвигателя, *S₁*—переключатель постов управления, *S₂*—переключатель главных генераторов, *A₁* и *A₂*—реле перегрузки и короткого замыкания, *A₃*—реле заземления, *A₄*—балансирное реле.

Применяется также довольно часто двухступенное регулирование скорости при помощи включения регулирующих реостатов в цепь возбуждения не главных генераторов, а их возбудителей. Способы защиты гребных дизель-электрических установок от чрезмерных токов м. б. разделены на следующие группы: 1) способы с разрывом главной цепи генераторов и электродвигателей; 2) способы с воздействием на цепь возбуждения главных генераторов и электродвигателей; 3) способы с воздействием на цепь возбуждения возбудителей. Системы защиты первой категории с разрывом главной цепи, связанные с явлением экстра-токов, обгоранием контактов и включением и выключением массивных подвижных частей автоматов, являются менее эластичными и надежными и поэтому постепенно выходят из практики. Системы второй категории основываются на применении или противокомпаундных обмоток у главных генераторов или же на применении реле, включающих при перегрузках добавочные сопротивления в цепь возбуж-

дения главных генераторов и электродвигателей или же совсем размыкающих эти цепи. Третья категория системы защиты сходна по существу со второй с тем лишь различием, что противостоимпадные обмотки и реле устанавливаются у возбуждателей. Помимо вышеуказанных методов защиты активного характера часто используются еще меры предохранительного характера в виде сигнализационных устройств, приводимых в действие от тепловых указателей, контролирующей степень нагрева ответственных частей установки.

Комбинированные турбоэлектрические гребные установки известны двух типов—по системе Г. Е. Со. и по системе Метрополитен-Виккерс. Разница между ними заключается в том, что в установках Г. Е. Со. главным двигателем, сидящим непосредственно на гребном валу, является турбина высокого давления, а в установках Метрополитен-Виккерс — паровая машина также высокого давления. И в том и в другом случае отработанный пар используется затем в турбине низкого давления, вращающей генератор, дающий энергию для вращения гребных электродвигателей, сидящих на тех же валах, что и главные паровые двигатели. Установки Г. Е. Со. не нашли применения, что же касается комбинированных установок по сист. Метрополитен-Виккерс, то, начиная с 1930—31 гг., ими оборудовано несколько грузовых судов с очень хорошими результатами в смысле экономии топлива (до 23—26% по сравнению с прежними установками с паровыми машинами). Комбинированные установки по системе Метрополитен-Виккерс оборудуются как правило на постоянном токе. С целью упрощения установки турбогенератор обычно берется один. Управление электрич. частью происходит автоматически, так что изменение скорости вращения гребного вала и реверс не требуют каких-либо дополнительных манипуляций кроме управления главной паровой машиной. Благодаря значительной эластичности системы уменьшаются напряжения в движущихся частях установки и уменьшается износ частей и ремонт.

Лит.: Полонский В., Электродвижение судов, Л., 1929; его же, Электродвижение судов, СЭТ, т. 4, Л., 1929; его же, Дизель-электрич. гребные установки, «Кораблестроитель», Л., 1926, 1—4; его же, Электродвижение судов в выгоды от применения его для морского и речного транспорта, Доклад на IX Всес. электр. съезде, М., 1928; его же, Современное развитие гребных эл. приводов, «Труды I Всес. конфер. по электромоторным приводам» Харьков, 1931; его же, Электродвижение судов и его значение для коммерческого флота, «Технико-экономический вестник», Берлин, 1922, 2; его же, Электроприводы, «Техника и экономика путей сообщения», Л., 1921, 12—16; его же, К вопросу о выборе наилучшего числа оборотов гребных винтов при турбо-электрич. судовых приводах, «Кораблестроитель», Л., 1925—1926; Robinson S., Electric Ship Propulsion, N. Y., 1922; Belsey W., Performance of Two Vessels with Electric Transmission Gear, «Engineering», L., 1930, v. 429; Hardu A., Modern Ships are Electric Ships, «Motorship», N. Y., 1930, v. 15; Johnson E. a. Higgs-Walker G., New Developments in the Application of Electric Machinery to Ship Propulsion, «Shipbuilders», L., 1930, v. 37; The Diesel-electric Ship Santa Barbara, *ibid.*, L., 1931, v. 38; Ferris Th., Design of American Superliners, *ibid.*, L., 1932, v. 39; Schaeichlin W., Control Equipment for Turboelectric Drive, «Marine Engineering & Shipping Age», N. Y., 1932, v. 37; Pearce C., Electric Propelling Equipment, «Motorship», N. Y., 1930, v. 15; Diesel-electric Ferryboat Chelse for N. Y. City, «Marine Engineering & Shipping Age», N. Y., 1930, v. 35; Electric Ship Propulsion, «Electric Review», L., 1930, v. 406; Morro Castle Turbo-electric Ward Liner, «Marine Engineering & Shipping Age», N. Y., 1930, v. 35; Propelling Machinery of the City of Barcelona, «Shipbuilders», L., 1930, v. 37; Verrián H., Steam Turbine Electric Drive-Former Merchant Vessels, «Journ. of the American Society of Naval Engineers», N. Y., 1929, v. 41.

В. Полонский.

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА, см. Дополнительный том.

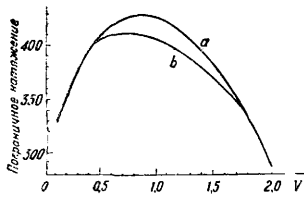
ЭЛЕКТРОДЫ, проводники электричества специальной формы и специального материала, помещаемые на концах металл. проводов и служащие для подвода тока к приемнику электрической энергии с неметаллич. сопротивлением. Э. применяются при электролизе, для дуговых ламп, в металлургич. печах, при измерениях токов в земле, в ионных и вакуумных приборах. В зависимости от назначения от Э. требуется: 1) правильное распределение плотности тока; часто Э. нельзя считать линейными проводниками, и в этом случае расчет размеров и формы Э. приводит к решению ур-ия Лапласа при данных краевых условиях; 2) отсутствие поляризации (см. *Поляризация гальваническая*), что достигается применением деполяризаторов или специальных неполяризующихся Э.; 3) долговременная служба, что достигается расчетом Э. на нагревание и подбором подходящего материала для Э. При больших токах в качестве Э. применяют стержень из углей или тугоплавких металлов.

ЭЛЕКТРОКАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, явления, связанные изменением *о г р а н и ч н о г о н а т я ж е н и я* (поверхностного натяжения на границе фаз) между фазами при изменении величины заряда на этой границе. Впервые Э. я. были изучены на системе ртуть—раствор электролита. В теоретич. отношении Э. я. имеют большое значение в связи с вопросом о строении пограничных слоев, о природе эдс на границе металл—раствор и в связи с проблемой нулевого заряда электрода. Практическое значение Э. я. нашли в капиллярном электрометре Липмана-Оствальда. В последнее время делаются попытки применить теорию Э. я. к объяснению ряда технологич. процессов (флотация и др.). Впервые Э. я. были изучены Липманом в конце 19 в. Затем Гуи, Нерст и Фрумкин собрали богатый опытный материал и дали теорию этих явлений. Прибор, в котором проведена большая часть точных электрокапиллярных измерений, называется капиллярным электрометром Гуи. Принцип его следующий. В растворе, содержащем незначительное количество ионов ртути, находятся 2 ртутных электрода C' и C (фиг. 1). Поверхность одного из них C' большая, другого C —очень маленькая (ртуть в капилляре). Пропусканием слабого тока достигается сильное изменение концентрации ионов ртути в капилляре, т. е. сильная концентрационная поляризация малого электрода. Большой электрод практически не поляризуется, т. к. сила тока, приходящаяся на единицу поверхности, здесь примерно в тысячу раз меньше, чем на малом электроде. Зная величину наложенной эдс E и считая потенциал большого электрода постоянным, мы получаем относительное значение потенциала капиллярного электрода. Этот электрод устроен так, что одновременно можно определить пограничное натяжение между раствором и ртутью маленького электрода, соответствующее данной поляризации. Опыт показал, что при некотором потенциале пограничное натяжение имеет максимальное значение. При удалении от этого потенциала как в сторону больших, так и в сторону меньших потенциалов натяжение на



Фиг. 1.

границе металл—раствор понижается. Зависимость пограничного натяжения от скачка потенциала, изображенная графически (так называемая электрокапиллярная кривая), дает более или менее правильную параболу (фиг. 2, а).



Фиг. 2.

Если к раствору прибавить какое-нибудь поверхностно-активное (т. е. способное адсорбироваться) вещество, то кривая в области максимума теряет свою правильную форму, оказывается сниженной, сам максимум смещается и оказывается уже при ином потенциале (фиг. 2. б). Также несколько отличные кривые получаются при переходе от водных растворов к неводным, а также при замене ртути на другие жидкие металлы (галлий), сплавы и амальгамы. Итак оказалось, что все эти кривые имеют вид, б. или м. близкий к параболе с максимумом при разных потенциалах, в зависимости от состава раствора и металлической фазы.

Капельный электрод. В тесной связи с Э. я. стоит другая группа явлений, заключающаяся в изменениях концентрации раствора или возникновении тока при увеличении поверхности металлического электрода. Эти явления наблюдаются при помощи так называемого капельного электрода. Струя ртути вытекает из узкого отверстия и попадает в разбавленный раствор ртутной соли, разбиваясь здесь на мелкие капельки. Концентрация ионов ртути в месте втекания струи ртути в раствор постепенно уменьшается, доходя до определенной величины, после чего она остается постоянной. При этом поверхностное натяжение ртути увеличивается, достигая определенной максимальной величины. Если соединить такой капельный ртутный электрод проволокой с неподвижной ртутью, находящейся на дне сосуда в этом же растворе, то по проволоке пойдет ток, а концентрация ионов изменяться уже не будет. При определенных (очень маленьких) концентрациях ионов ртути нет ни изменения концентрации ни перехода электричества. Эти концентрации точно равны концентрациям, при которых пограничное натяжение ртути, измеренное в электрокапиллярном приборе, имеет максимум.

Теория Э. я. получили объяснение в связи с теорией Нернста возникновение Э. я. и теорией адсорбции. По теории Нернста при погружении металла в раствор происходит переход небольшого количества ионов металла в раствор или из раствора в металл. Ионы переходят под действием двух противоположных сил: осмотич. давления ионов металла в растворе и «электростатич. упругости растворения» металла. Перешедшие катионы и оставшиеся в первой фазе анионы (или электроны) притягивают друг друга (останавливая тем дальнейший переход). Таким образом на границе двух фаз получается двойной электрический слой. Граница ведет себя, как конденсатор. Согласно теории Штерна, обкладка этого конденсатора, прилегающая к раствору и образованная притянувшимися из раствора ионами, частично образует плотный слой, находящийся на расстоянии ионного радиуса от металла, отчасти располагается диффузно по больцмановскому

закону распределения. При определенной концентрации ионов обе силы (осмотич. давление и упругость растворения) уравниваются, и граница металла оказывается незаряженной. Меняя концентрацию ионов в растворе (или концентрацию поляризуя электрод, что то же), можно изменять величину и знак заряда границы металла. Возникновение заряда на границе двух фаз (напр. металл—раствор) вызывает уменьшение пограничного натяжения. Действительно, пограничное натяжение есть результат притяжения между частицами, находящимися на границе. Если эти частицы электрически заряжены, то между ними происходит электростатич. отталкивание, которое ослабляет их взаимное притяжение, понижая этим поверхностное натяжение. Тому же способствует адсорбция, происходящая на заряженной границе под влиянием электростатических сил. Поверхностное натяжение имеет максимальное значение, когда заряд поверхности (заряд двойного слоя) равен нулю. Аналогичное объяснение получили явления, имеющие место в капальном электроде. Граница между ртутью и раствором непрерывно обновляется за счет отрывания капелек от струи ртути. На новой поверхности происходит образование двойного электрич. слоя с переходом катионов из раствора в металл и притяжением равного количества анионов к поверхности ртути. Т. о. ртутная соль поглощается из раствора и переносится падающими каплями вниз, где опять переходит в раствор, т. к. капли собираются, и общая поверхность уменьшается. Перенос этот будет продолжаться, пока концентрация ионов ртути не уменьшится до величины, при которой осмотическое давление уравнивает упругость растворения и поверхность ртути перестает заряжаться. Если соединить проволокой капельный электрод с неподвижным, то двойной электрич. слой (его внутренняя обкладка) будет образовываться практически только за счет электричества, притекающего через проволоку. Причина этого явления станет ясна, если мы вспомним, что при увеличении поверхности ртути в капальном электроде в первый же момент происходит поглощение некоторого количества соли ртути из раствора. Образовавшийся концентрационный элемент вызывает протекание тока, уравнивающего разность концентраций. Изменяя силу этого тока, можно изучить явление количественно. Когда же концентрация ионов такова, что поверхность ртути не заряжается, увеличение поверхности не вызывает электрич. тока. Это имеет место при том же потенциале ртутного электрода, при котором пограничное натяжение максимально (заряд равен нулю). Таким образом электрокапиллярные явления и явления, происходящие в капальном электроде, основаны на том, что поверхность раздела двух фаз заряжается вследствие адсорбции ионов, причем образуется двойной электрич. слой, влияющий на величину поверхностного натяжения. Количественно связь между поверхностным натяжением и потенциалом двойного слоя выводится из общего условия равновесия на границе фаз, данного Гиббсом. Получается следующая ф-ла:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \varphi} = C \varphi \quad (1)$$

или в интегральном виде:

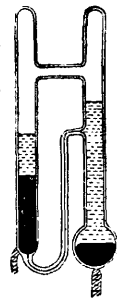
$$\sigma_{max} - \sigma = \frac{C \varphi^2}{2}, \quad (2)$$

где σ —величина пограничного натяжения при потенциале двойного слоя φ , C —емкость двойного слоя. При интегрировании мы приняли, что C —постоянно. Это правильно в случае крепких растворов чистых электролитов, для которых эта формула хорошо подтверждается опытом. Упомянутое выше снижение поверхностного натяжения в присутствии поверхностно-активных веществ объясняется их адсорбцией на границе металл—раствор. При сильных зарядах поверхности (двойного слоя) адсорбированные молекулы органического вещества вытесняются с поверхности молекулами воды, которые имеют большую диэлектрич. постоянную. Причиной является известное из электростатики втягивание диэлектрика в поле заряженного конденсатора. Следовательно нейтральные молекулы хорошо адсорбируются только при малых зарядах двойного слоя, а смачиваемость металла водой увеличивается при удалении от потенциала, соответствующего нулевому заряду поверхности. Поверхностно-активные ионы (напр. ион иода) хорошо адсорбируются и при сильных зарядах поверхности в том случае, когда заряды иона и поверхности противоположны.

Строение скачка потенциала. Нулевой заряд двойного слоя наблюдается при весьма различных величинах скачка потенциала металл—раствор. Все это указывает на сложность электрической структуры пограничных слоев, обуславливающей скачок потенциала на границе фаз. Прежние упрощенные представления, принятые в электрохимии со времени классических исследований Нернста и Оствальда, оказались недостаточными. По современным представлениям, развившимся главным образом при изучении Э. я., в образовании того скачка потенциала металл—раствор, к-рый выражается известной ф-лой Нернста, принимают участие: 1) Скачок потенциала внутри металл. фазы около границы (т. н. к о н т а к т н ы й п о т е н ц и а л). Его образование связано с электронно-ионной структурой металла. 2) Потенциал двойного электрич. слоя на границе фаз, о котором говорилось выше. 3) Скачок потенциала в растворе близ границы. Последний скачок обуславливается наличием на поверхности металла слоя вещества, адсорбированного специфически (т. е. не электростатич. силами). Адсорбированные молекулы обычно полярны, т. е. с одного конца молекула имеет избыток электричества положительного, с другого—отрицательного, и притом молекулы адсорбируются определенным концом. Поэтому слой адсорбированных молекул и создает свой скачок потенциала. Специфически адсорбируясь могут и молекулы растворителя, например воды. При максимальном поверхностном натяжении (или при отсутствии зарядного тока в капельном электроде) нулю равен только заряд двойного слоя, но никак не весь нернстовский скачок потенциала металл—раствор, как это представляли до последнего времени. Следовательно Э. я. не дают способа определения истинной величины скачка потенциала отдельного электрода.

П р и м е н е н и е. Э. я. получили практич. применение в капиллярном электрометре Липмана-Оствальда, нашедшем широкое распространение в лабораторной практике. Электрометр служит для обнаружения весьма слабых токов, главным образом при определении эдс методом компенсации, давая возможность найти на шка-

ле мостика такое положение подвижного контакта, при к-ром через электрометр и измеряемую цепь ток совсем не идет. Т. о. капиллярный электрометр служит т. н. нулевым инструментом. Сосуд электрометра (фиг. 3) наполнен ртутью и 10%-ным раствором серной кислоты и запаян. К ртути в двух местах подводятся впаянные в стекло платиновые контакты. Нагибанием сосуда ртуть переливается в другую часть, пока не установится на половине высоты капилляра. При пропускании тока через электрометр вследствие поляризации изменяется поверхностное натяжение ртути в капилляре. В зависимости от направления тока заряд поверхности уменьшается или увеличивается, и поверхностное натяжение увеличивается или уменьшается, и столбик опускается или поднимается. Неповерхностность наблюдаемого в микроскоп столбика указывает на отсутствие тока. Через электрометр можно пропускать только очень слабые токи. При сильном токе, если ртуть в капилляре оказывается катодом, на ней может образоваться пузырек водорода, и столбик перестанет двигаться. Еще более портится электрометр при сильном или продолжительном токе в противоположном направлении (когда мениск заряжен положительно). В капилляре при этом может выделиться в кристаллах сернистая ртуть. Восстановить подвижность ртути в этом случае можно пропускаяем слабого тока в обратном направлении (чтобы столбик в микроскопе поднимался). Также помогает переливание ртути из одной части прибора в другую. За исключением момента измерения электрометр д. б. всегда замкнут сам на себя при помощи особого ключа.



Фиг. 3.

Связь Э. я. с некоторыми технич. проблемами начали изучать только недавно (Фрумкин). Влияние заряда на смачивание и адсорбцию надо учитывать при изучении механизма флотации (см.). В последнее время в этом направлении ведутся работы с помощью метода краевых углов. Применение теории Э. я. осветило также вопрос о механизме электролитического обезжиривания металлов. Выяснилось также, что прочность прилипания пузырьков газа к электроду при электролизе и величина пузырьков при отрыве их определяются Э. я.

Лит.: Ф р у м к и н А., Электрокапиллярные явления и электродные потенциалы, Одесса, 1919; М о л л е р Э., Электрохимический практикум, пер. с нем., 4 изд., М.—Л., 1927; K r e m a n n R. u. M ü l l e r R., Handbuch d. allgemeinen Chemie, hrsg. v. W. Ostwald, C. Drucker u. P. Walden, B. 8, T. 1, Lpz., 1930; F r e u n d l i c h H., Kapillarchemie, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1930; F r u m k i n A., Die Elektrokapillarkurve, «Ergebnisse d. exakten Naturwissenschaften», B. 9, 1928, S. 7.

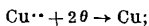
Б. Кабанов.

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, проявление характерных электрических свойств дисперсных систем, выражающееся в том, что внешняя разность потенциалов вызывает относительное перемещение одной из фаз системы относительно другой, напр. перемещение жидкости (дисперсионной среды) по отношению к покоящейся поверхности (обычно твердой поверхности дисперсных частиц—электроосмос) или перемещение дисперсных частиц по отношению к покоящейся жидкости—электрофорез, катафорез. Обратные явления состоят в том, что относительное перемещение дисперсионной среды и дисперсной фазы, обусловленное внешними силами, вызывает появление

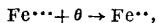
эдс. Явление, обратное электроосмосу, называется потенциалом истечения; при перемещении жидкости вдоль (обычно твердой) поверхности между ними возникает разность потенциалов. Явление, обратное электрофорезу, наблюдается при движении дисперсных частиц (твердых частиц), капелек жидкости или пузырьков газа в покоящейся дисперсионной среде (баллоэлектрические явления). Классич. теория Э. я. была разработана Гельмгольцем. Являясь своеобразной группой электроповерхностных явлений (см. также *Электрокапиллярные явления*), Э. я. играют важную роль для определения знака и величины электрич. заряда поверхности частиц в дисперсных системах при рассмотрении свойств (проницаемости) мембран. Электрокинетические явления имеют большое значение в технике и физико-химии, биологии (см. *Электроосмос, Электрофорез, Коллоиды, Коагуляция*).

Лит.: Песков Н., Физико-химия, основы коллоидной науки, М.—Л., 1932; Наумов Б., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Хвольсон О., Курс физики, т. 4, Берлин, 1923. П. Ребиндер.

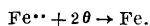
ЭЛЕКТРОЛИЗ, явление, имеющее место при прохождении тока через проводники второго рода: кислоты, основания или соли, если они растворены в подходящих растворителях или расплавлены (см. *Электролиты*). Если создать внутри этих электролитов электрическое поле путем погружения в них проводников (напр. металлич. пластинок, соединенных с источником тока), то ионы (см.) данного электролита придут в движение по направлению к этим проводникам, называемым электродами; при этом положительно заряженные ионы (катионы) будут двигаться по направлению к отрицательному электроду (катоде), а отрицательно заряженные ионы (анионы)—по направлению к положительному электроду (аноду). У электродов ионы будут либо терять свой заряд либо вообще его изменять, обуславливая тем самым разложение или химич. видоизменение электролита. Эти химич. изменения м. б. характеризованы как процессы окисления и восстановления. У катода имеет место процесс восстановления, т. е. уменьшение положительного заряда иона или увеличение отрицательного. Напр. при Э. раствора медного купороса на катоде выделяется металлич. медь, т. е. идет реакция восстановления меди:



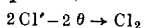
при Э. раствора, содержащего ионы окисного железа, у катода окисное железо сперва восстанавливается в закисное согласно реакции



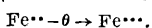
а затем в металлическое



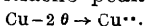
Наоборот, у анода идет процесс окисления, т. е. уменьшение отрицательного заряда иона или увеличение положительного. Например при Э. раствора хлорида при химически индифферентном аноде (платиновом, угольном)—выделение хлора согласно реакции



или при Э. раствора, содержащего закисное железо,—переход его в окисное



В случае же утолщения анода из окисляющегося металла—окисление последнего с переходом его в раствор. Например растворение медного анода согласно реакции



Если в растворе имеется несколько ионов, могущих химически видоизменяться, то эти изменения будут наступать у электродов в последовательном порядке, причем очередность их в общем случае определяется значением соответствующего электродного потенциала (см.). До некоторой степени об этой очередности можно судить по ряду напряжений. Так напр., при Э. водного раствора, содержащего NaCl, у катода будет происходить разряд не ионов натрия, а присутствующих в любом водном растворе ионов водорода, так как ион водорода восстанавливается легче иона натрия. В связи с этим на катоде будет выделяться водород, а раствор у катода будет становиться щелочным, т. к. вследствие разряда ионов водорода концентрация последних (см. *Концентрация водородных ионов*) будет уменьшаться, а концентрация гидроксильных ионов в связи с этим будет возрастать. Часто однако очередность разряда тех или иных ионов у электродов нарушается вследствие явления поляризации (см. *Поляризация гальваническая*), в связи с чем может происходить одновременный разряд или химич. видоизменение нескольких ионов; иногда даже ионы могут выделяться в порядке, обратном их месту в ряду напряжений. В качестве примеров можно указать на осаждение цинка электролизом из кислых растворов или совместное с выделением кислорода при электролизе раствора FeSO₄ окисление у анода закисного железа в окисное (см. выше).

Законы электролиза. Основными законами Э. являются законы Фарадея, к-рые формулируются сл. обр.: при прохождении тока через электролит количество вещества, выделившегося на электроде или химически видоизменившегося вблизи его, прямо пропорционально количеству протекшего электричества (т. н. 1-й закон Фарадея) и химическому эквиваленту данного вещества (2-й закон Фарадея). Законы Фарадея м. б. выражены следующей ф-лой:

$$g = \frac{CIt}{F},$$

где g —весовое количество выделившегося или химически видоизменившегося вещества, C —его химический эквивалент, I —сила тока, t —время прохождения тока, а F —т. н. число Фарадея (фарадей), количество электричества, при прохождении которого выделяется или химически видоизменяется один g -эквивалент вещества:

$$F = 96500 \text{ C} = 26,8 \text{ Ah}.$$

Техническое применение Э. В настоящее время Э. широко применяется в разных областях пром-сти. Главнейшими из них являются следующие. а) *Рафинирование* (см.) металлов (меди, серебра, золота, свинца и др.), т. е. освобождение этих металлов от вредных примесей. Например, если погрузить в раствор медного купороса анод, отлитый из черновой меди, и пропускать через раствор ток, то на катоде будет осаждаться чистая медь, а анод из черновой меди будет растворяться, причем все имеющиеся в аноде примеси других неблагоприятных металлов будут, переходя в раствор, оставаться в нем, не осаждаясь на катоде, а примеси благородных металлов (золота, серебра и т. д.) не будут растворяться, а будут собираться у анода в виде осадка (шлама). б) Непосредственное получение металлов из руд (например меди, цинка и др.) в

результате Э. растворов, полученных непосредственным выплачиванием руд (см. *Гидрометаллургия меди*). в) Получение т. н. легких металлов (Al, Mg, Ca, Na, K, Li и других) при помощи Э. расплавленных солей этих металлов. г) Гальваностегия (см. *Гальванотехника*), т. е. электролитич. покрытие металлом (меднение, серебрение, лужение, золочение и т. д.). д) Э. воды с целью получения водорода, свободного от вредных примесей, необходимого для целого ряда процессов химич. технологии, идущих с применением катализаторов (синтез аммиака, гидрогенизация жиров и т. д.). е) Э. растворов хлоридов щелочных металлов с целью получения едких щелочей и хлора. ж) Электросинтез целого ряда органич. и неорганических веществ (типохлориты, хлораты, перхлораты, перекись водорода, электроокисление и электровосстановление разного рода органических веществ).

Лит.: Kremann R. u. Müller, *Elektrolyse und Polarisation*, T. 2, Lpz., 1931; Foerster F., *Elektrochemie wässriger Lösungen*, 4 Aufl., Lpz., 1933; Villitter J., *Technische Elektrochemie*, B. 1—3, Halle a/S., 1918—24, *Ergänzungsband*, Halle a/S., 1930; Engelhardt V., *Handb. d. technischen Elektrochemie*, B. 1—2, Lpz., 1931; Creighton H. a. Fink C., *Principles a. Applications of Electrochemistry*, v. 1—2, N. Y., 1924—28. См. также *Электролиты и Электрохимия*. **С. Плетнев.**

ЭЛЕКТРОЛИТЫ, химич. соединения, к-рые, будучи растворены в подходящем растворителе или расплавлены, получают способность проводить электрич. ток. Механизм прохождения электрич. тока через эти вещества существенно отличается от такового, присущего проводникам металлическим. Ток в металле—движение электронов, ток в Э.—движение ионов, т. е. атомов или групп атомов, несущих на себе тот или иной электрич. заряд. Вещества, обладающие металлич., или электронной, проводимостью, называются также п р о в о д н и к а м и I р о д а, а вещества, обладающие ионной проводимостью, в частности Э.,—проводниками II рода. В связи с указанным выше механизмом прохождения тока через Э. последние под действием тока разлагаются или вообще химически видоизменяются (см. *Электролиз*). Обычно Э. подразделяются на с и л ь н ы е Э., к к-рым относятся напр. водные растворы сильных минеральных к-т и оснований и большинства солей, а также эти вещества в расплавленном состоянии, и на с л а б ы е Э., к к-рым относятся растворы слабых минеральных к-т (HCN, H₂S и т. д.), большинства органич. к-т, фенолов, аммиака, большинства органич. оснований и нек-рых солей (хлористой ртути, цианистой ртути и т. д.). Разница между сильными и слабыми Э. определяется прежде всего степенью диссоциации (см. *Диссоциация электролитическая*). По современным воззрениям сильные Э. представляются диссоциированными, т. е. распавшимися на ионы нацело, в силу чего они являются сравнительно хорошими проводниками электричества. Химич. свойства сильных Э. определяются исключительно свойствами образующих эти Э. ионов. Это положение между прочим широко используется в аналитической химии. У слабых Э., наоборот, степень диссоциации очень мала, благодаря чему в растворе эти вещества присутствуют гл. образом в виде недиссоциированных молекул; слабые Э. проводят ток плохо. Подразделение Э. на сильные и слабые является весьма условным, его нельзя проводить очень строго, и имеется целый ряд веществ, занимающих про-

межучточное положение. Хорошим критерием для этого подразделения является строение молекулы данного вещества. Вещества, молекулы (см.) к-рых имеют гетерополярное строение, являются сильными электролитами, гомеополлярные—слабыми.

Теория распада (диссоциации) молекул Э. на ионы была впервые в разработанном виде дана Аррениусом. В настоящее время взгляды, изложенные Аррениусом в его теории электролитич. диссоциации, могут считаться справедливыми только применительно к слабым Э. Согласно теории Аррениуса Э. при растворении их (напр. в воде) распадаются на ионы, к-рые находятся с недиссоциированными молекулами в химич. равновесии; степень этого распадаения меняется согласно закону действующих масс (см. *Действующих масс закон*) и она тем больше, чем больше разбавление раствора. При достаточно большом разбавлении диссоциация становится полной; степень диссоциации Э. по Аррениусу можно определить различными методами (измерением электропроводности раствора, понижением t° замерзания и т. д.). Опыт однако показывает, что поведение сильных Э. не определяется законом действующих масс и что ионы, образующие данный Э., существуют как таковые даже тогда, когда это вещество находится в кристаллич. состоянии (например кристаллы большинства солей построены не из атомов, а из ионов). В связи с этим появилась новая теория сильных Э., предложенная Сузерландом и детально разработанная затем Бьерумом, а с количественной стороны—Дебаем и Гюккелем, согласно к-рой сильные Э. при всех разбавлениях рассматриваются как диссоциированные нацело, в силу чего ионы не могут находиться в химич. равновесии с недиссоциированными молекулами, и с ростом разбавления меняется не степень диссоциации Э., как предполагал Аррениус, а уменьшаются электростатич. силы взаимодействия между противоположно заряженными ионами, к-рые препятствуют ионам проявлять полностью присущее им действие.

Лит.: Грубе Г., *Основы электрохимии*, пер. с нем., Л., 1932; Леблан М., *Руководство по электрохимии*, пер. с нем., М.—Л., 1930; Бродский Я. А., *Физическая химия*, т. 2, Харьков, 1933; Foerster F., *Elektrochemie wässriger Lösungen*, 4 Aufl., Lpz., 1933; Glasstone S., *Electrochemistry of Solutions*, L., 1930; Arrenius, *Ztschr. f. physik. Chemie*, Lpz., 1887, B. 1, p. 631; Sutherland, *Phil. Mag.*, L., 1907, v. 14; Bjerrum, *Proc. Intern. Congr. Applied Chem.*, L., 1909; *Ztschr. f. Elektrochemie*, Halle a/S., 1918, B. 24, p. 324; Hertz P., *Ann. d. Physik*, Lpz., 1912, 4 Folge, B. 37; Milner, *Phil. Mag.*, L., 1912, v. 23, p. 551; 1913, v. 25, p. 743; Shosh, *Journ. of the Chem. Society*, L., 1918, v. 113, p. 449, 627, 707, 790; *Ztschr. f. phys. Chem.*, Lpz., 1921, B. 98, p. 211; Debye u. Hückel, *Phys. Ztschr.*, Lpz., 1923, B. 24, p. 185, 305, 334; *ibid.*, 1924, B. 25, p. 97; Onsager, *Physik. Ztschr.*, Lpz., 1927, B. 28, p. 277. **С. Плетнев.**

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ состоит из электрич. и магнитного полей, связанных друг с другом. Если происходит движение электрич. зарядов, то появляется магнитное поле. Так же как появление магнитного поля происходит при изменении электрич. поля, при изменении магнитного поля появляется электрич. поле. Эти явления описываются основными законами электродинамики, законом полного тока и законом индукции. В дифференциальной форме они выражаются ур-ниями Максвелла (см. *Максвелла уравнения*, *Индукции закон*). Классич. электродинамика со времени Фарадея и Максвелла рассматривает все электрич. магнитные явления как происходящие в пространстве—в

Э. п. В электрич. поле в любом объеме V находится энергия, равная

$$W_e = \int_V \frac{ED}{2} dV, \quad (1)$$

где E —напряженность электрич. поля в V/cm , D —электрич. индукция в C/cm^2 . Энергия выражена в ваттсекундах. Точно так же в магнитном поле энергия в объеме V равна

$$W_m = \int_V \frac{HB}{2} dV. \quad (2)$$

В этом ур-ии H —напряженность магнитного поля в A/cm , B —магнитная индукция в вольтсекундах на cm^2 . Фарадей и его последователи представляли электрич. и магнитное поле как деформацию некоторой среды, в частности в вакууме, как деформацию нек-рой гипотетич. среды—эфира. Изображение этих деформаций давалось при помощи трубок магнитной индукции и трубок электрич. индукции (смещения), т. н. фарадеевских трубок. Допущением тяжения вдоль трубок, равного на единице поверхности $\frac{ED}{2}$ и таким же боковым распором между

трубками электрич. индукции и аналогичными силами в магнитном поле удается объяснить явления, происходящие в Э. п. Электрич. заряды согласно этой теории являются лишь концами трубок электрич. индукции, а проводник—тем местом, где электромагнитная энергия превращается в тепловую. Эта теория, возникшая под влиянием основной философской мысли—объяснить все явления механич. путем,—не может в настоящее время быть признана достаточной. Мы имеем теперь «ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений» (Ленин). Развитие современной физики показало, что гипотеза о существовании эфира не только не помогает, но затрудняет понимание физич. явлений. Поэтому необходимо или полностью пересмотреть вопрос об эфире или вообще отказаться от этой гипотезы. С другой стороны, современная электронная теория не позволяет пройти мимо зарядов и, не интересуясь ими, сосредоточить все внимание на поле вокруг них. Несомненно, из старой теории необходимо оставить сосредоточение энергии в пространстве и влияние среды на явления в Э. п. Трубки индукции можно оставить лишь как графич. иллюстрацию, но не как физич. реальность. Электромагнитная энергия может или входить в проводник, превращаясь в тепловую, или двигаться в диэлектрике. В последнем случае это будет движение электромагнитной волны. Максвеллом доказано, что скорость движения электромагнитных волн равна скорости света. Это является одним из основных положений, на которых основана электромагнитная теория света.

Электромагнитные волны были получены впервые электрическим путем Герцем, к-рый т. о. доказал экспериментальную правильность выводов Максвелла. Электромагнитные волны, полученные Герцем, проявляли те же свойства, что и световые. Были получены отражение, преломление, дифракция и интерференция этих волн. В настоящее время ясно, что в область электромагнитных волн входят и рентгеновские лучи, и гамма-лучи, и ультрафиолетовые, и лучи видимого света, и инфракрасные лучи,

и волны, применяемые в радиотехнике. Отличие заключается лишь в частоте колебаний.

Основные ур-ия Э. п.—ур-ия Максвелла—в настоящее время пишутся в виде, данном им Герцем и Хивисайдом. Они выражают зависимость между электрич. и магнитным полем:

$$\mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \text{rot } \mathbf{H}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\text{rot } \mathbf{E}, \quad (4)$$

где \mathbf{j} —плотность тока проводимости. Для того чтобы характеризовать Э. п., кроме уравнений Максвелла надо прибавить еще ур-ия

$$\text{div } \mathbf{D} = \rho, \quad (5)$$

$$\text{div } \mathbf{B} = 0, \quad (6)$$

где ρ —объемная плотность электрич. заряда в C/cm^3 . Шесть ур-ий, указанных выше, решают вопрос полностью, если ввести еще соотношения между \mathbf{j} , \mathbf{D} и \mathbf{E} , а также между \mathbf{B} и \mathbf{H} :

$$\mathbf{j} = \lambda \mathbf{E}, \quad (7)$$

$$\mathbf{D} = \epsilon K_0 \mathbf{E}, \quad (8)$$

$$\mathbf{B} = \mu \Pi \mathbf{H}, \quad (9)$$

где λ —уд. проводимость среды, ϵ —диэлектрич. коэф., μ —магнитная проницаемость, $K_0 = 0,884 \cdot 10^{-13}$ F/cm—диэлектрическая постоянная вакуума, $\Pi = 1,256 \cdot 10^{-8}$ H/cm—магнитная проницаемость вакуума.

С точки зрения современной электронной теории можно углубить представление об отношениях (7), (8) и (9). Так можно положить

$$\mathbf{D} = K_0 \mathbf{E} + \mathbf{P},$$

где \mathbf{P} —электрич. поляризация или суммарный электрич. момент на единичном объеме. Поляризация диэлектрика пропорциональна напряженности поля, ее вызывающего:

$$\mathbf{P} = \alpha K_0 \mathbf{E},$$

где α —поляризуемость диэлектрика (см. *Электростатическое поле*). Вследствие этого

$$\epsilon = 1 + \alpha.$$

Аналогично для магнитного поля

$$\mathbf{B} = \Pi \mathbf{H} + \mathbf{I},$$

где \mathbf{I} —вектор намагничивания, или суммарный магнитный момент единичного объема магнетика. В диамагнетиках и парамагнетиках \mathbf{I} пропорционально вектору напряженности поля:

$$\mathbf{I} = \kappa \Pi \mathbf{H},$$

где κ —магнитная восприимчивость. Поэтому

$$\mu = 1 + \kappa.$$

Наконец для плотности тока можно написать уравнение

$$\mathbf{j} = \sum e v_i,$$

определяя ток как движение зарядов. Зная объемную плотность электрич. заряда, можно ввести ее и получить ур-ие

$$\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}. \quad (10)$$

Это ур-ие объединяет ток проводимости и ток конвекционный. Решение ур-ий Максвелла облегчается введением связанных с \mathbf{E} и \mathbf{H} вектор-потенциала \mathbf{A} и скалярного потенциала φ . Вектор-потенциал вводится при помощи ур-ия

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}, \quad (11)$$

а скалярный потенциал ур-ием

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad } \varphi \quad (12)$$

согласно второму ур-ию Максвелла [ур-ие (4)], т. к. $\text{rot grad } \varphi = 0$. Вводя эти значения в первое

ур-ие Максвелла, получают ур-ия для \mathbf{A} и φ , а именно:

$$\text{rot rot } \mathbf{A} = \mu \Pi \left(\mathbf{j} + \epsilon K_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \square,$$

где \square — сумма вторых производных по всем координатам:

$$\square = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2};$$

или

$$\text{grad div } \mathbf{A} - \nabla^2 \mathbf{A} = \mu \Pi \mathbf{j} - \epsilon \mu K_0 \Pi \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} - \epsilon \mu K_0 \Pi \text{grad } \frac{\partial \varphi}{\partial t}.$$

Если согласно Лоренцу ввести следующее условие:

$$\text{div } \mathbf{A} = -\epsilon \mu K_0 \Pi \frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\frac{\epsilon \mu}{c_0^2} \frac{\partial \varphi}{\partial t}, \quad (13)$$

где $c_0 = 3 \cdot 10^{10}$ — скорость света в вакууме, то для вектора-потенциала получается ур-ие

$$\nabla^2 \mathbf{A} - \frac{\epsilon \mu}{c_0^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = -\mu \Pi \mathbf{j}. \quad (14)$$

Затем согласно ур-иям (5) и (12)

$$\text{div } \mathbf{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \text{div } \mathbf{A} - \text{div grad } \varphi = \frac{\rho}{\epsilon K_0},$$

и согласно ур-ию (13) получается ур-ие для определения скалярного потенциала:

$$\nabla^2 \varphi - \frac{\epsilon \mu}{c_0^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon K_0}. \quad (15)$$

Решение этих ур-ий имеет такой вид:

$$\mathbf{A} = \frac{\mu \Pi}{4\pi} \int \frac{\mathbf{j} \left(t - \frac{R}{c} \right)}{c} dV, \quad (16)$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi \epsilon K_0} \int \frac{\rho \left(t - \frac{R}{c} \right)}{R} dV, \quad (17)$$

где R — радиус-вектор, $c = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon \mu}}$, индекс $\left(t - \frac{R}{c} \right)$

показывает, что значения плотности тока \mathbf{j} и плотности заряда ρ надо брать не в данный момент t , в k -ый определяется потенциал, а на время $\frac{R}{c}$ раньше этого момента. Т. о. всякие

изменения, происходящие с плотностью заряда или с плотностью тока, передаются не мгновенно, а с нек-рым запозданием. Поэтому потенциалы \mathbf{A} и φ носят название *запаздывающих потенциалов*. Запоздание это определяется расстоянием между точкой, в k -ой происходит изменение заряда или тока, и точкой, в k -ой определяется потенциал (радиус-вектор) и кроме того скорость c . Последняя для вакуума, т. е. когда $\epsilon = \mu = 1$, равна c_0 , т. е. скорости света в пустоте; в диэлектриках для других значений ϵ она меньше и

$$\frac{c_0}{c} = \sqrt{\epsilon} \quad (18)$$

представляет собой показатель преломления. Опытная проверка ур-ия (18) явилась доказательством правильности электромагнитной теории света. Введение запаздывающих потенциалов, сделанное Лоренцом, дополнило общую картину Э. п. утверждением, что всякое электромагнитное возмущение может передаваться лишь с определенной скоростью:

$$c = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon \mu}}. \quad (19)$$

Еще более общим будет рассмотрение величин, характеризующих Э. п., если от трехмерного пространства перейти к четырехмерному, прибавляя к трем пространственным координатам четвертую, равную ict — произведению

времени на скорость света и на $\sqrt{-1}$. Эта координатная система, введенная впервые Минковским для описания основных законов теории относительности, значительно упрощает ур-ия Э. п. Вводя обобщенный потенциал \mathbf{A} с проекциями A_x, A_y, A_z и $i\varphi$ и обобщенную плотность тока $\mathbf{j} = \rho \mathbf{v}$ с проекциями $\rho v_x, \rho v_y, \rho v_z$ и $i\rho c$, получают обобщение ур-ия

$$\square \mathbf{A} = -\mu \Pi \mathbf{j}$$

вместо ур-ий (14) и (15).

Вместо напряженностей электрич. и магнитных полей удобно тогда ввести тензор второго рода с координатами

$$\begin{matrix} 0, & +H_z, & -H_y, & -iE_x, \\ -H_z, & 0, & -H_x, & -iE_y, \\ +H_y, & -H_x, & 0, & -iE_z, \\ +iE_x, & +iE_y, & +iE_z, & 0, \end{matrix}$$

и все вычисления значительно упрощаются, т. к. вместо четырех ур-ий, (3), (4), (5) и (6), получится лишь два.

Движение электромагнитной энергии в диэлектрике м. б. выражено также при помощи ур-ий Максвелла. Изменение энергии Э. п. в нек-ром объеме V м. б. вычислено так:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V \frac{\mathbf{E} \mathbf{D} + \mathbf{H} \mathbf{B}}{2} dV = \int_V \left(\epsilon K_0 \mathbf{E} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \mu \Pi \mathbf{H} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \right) dV.$$

Согласно ур-иям (3) и (4)

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial t} &= \int_V (\mathbf{E} \text{rot } \mathbf{H} - \mathbf{H} \text{rot } \mathbf{E} - \mathbf{E} \mathbf{j}) dV = \\ &= \int_V -\text{div} [\mathbf{E} \mathbf{H}] dV - \int_V \mathbf{E} \mathbf{j} dV. \end{aligned}$$

Т. о.

$$-\frac{\partial W}{\partial t} = \int_V \mathbf{E} \mathbf{j} dV + \int_V \text{div} [\mathbf{E} \mathbf{H}] dV.$$

Если исключить сторонние эдс, то первый интеграл представляет все потери в проводниках вследствие превращения электромагнитной энергии в тепловую согласно закону Джоуля. Второй интеграл можно преобразовать согласно теореме Гаусса след. обр.:

$$\int_V \text{div} [\mathbf{E} \mathbf{H}] dV = \oint_S [\mathbf{E} \mathbf{H}]_n dS.$$

Таким образом в диэлектрике убывание энергии в определенном объеме характеризуется потоком вектора

$$\mathbf{S} = [\mathbf{E} \mathbf{H}] \quad (20)$$

через поверхность, ограничивающую этот объем. Вектор \mathbf{S} , определяющий количество энергии, проходящей через см^2 в одну сек., измеряется в Вт и носит название вектора *Пойнтинга*. Распространение электромагнитной энергии в диэлектрике, как было указано, происходит в виде электромагнитных волн. В предположении, что $\mathbf{S} = 0$, ур-ия Максвелла дают следующий результат:

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \frac{\epsilon \mu}{c_0^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = 0,$$

$$\nabla^2 \mathbf{H} - \frac{\epsilon \mu}{c_0^2} \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} = 0.$$

Решение этих уравнений представляет сумма двух ϕ -ий:

$$\mathbf{E} = f_1 \left(t - \frac{R}{c} \right) + f_2 \left(t + \frac{R}{c} \right).$$

Такое же ур-не получается для напряженности магнитного поля. Первая ф-ия представляет собой волну, бегущую от начала координат, вторая—волну, бегущую к началу координат. Форма ф-ий f_1 и f_2 зависит от возбуждающего волны устройства. Классическим примером такого устройства—осциллятора—является диполь Герца, состоящий из двух шаров, являющихся сосредоточенными емкостями, и соединяющего их провода, являющегося индуктивностью. Такой диполь характеризуется моментом

$$P = ql,$$

где q —заряд каждого из шаров, а l —вектор, по величине равный расстоянию между шарами и направленный от отрицательно-заряженного к положительно заряженному шару. Решение Герца для вакуума дает значения напряженности электрического и напряженности магнитного поля в сферич. координатах R , θ и α , а именно:

$$E_R = 2 \cos \theta \left(\frac{1}{R^2} + \frac{i\omega}{c_0 R} \right) P, \quad H_R = 0,$$

$$E_\theta = \sin \theta \left(\frac{1}{R^2} + \frac{i\omega}{c_0 R} - \frac{\omega^2}{c_0^2} \right) P, \quad H_\theta = 0,$$

$$E_\alpha = 0, \quad H_\alpha = \sin \theta \left(\frac{i\omega}{c_0 R} - \frac{\omega^2}{c_0^2} \right) P \cdot \frac{1}{R \sin \theta},$$

где P —вектор Герца. В случае синусоидальных колебаний, как предположено в решении,

$$P = \frac{Ql}{4\pi K_0 R} e^{i\omega \left(t - \frac{R}{c_0} \right)}.$$

В решении три вида членов: одни обратно пропорциональны третьей степени расстояния R , другие—вторые—второй степени и третьи—первой степени. Первые имеют место и тогда, когда рассматривается электростатич. поле диполя, вторые появляются при рассмотрении магнитного поля по закону Био-Савара. Лишь члены, содержащие R в первой степени в знаменателе, дают нечто новое—излучение диполя. На больших расстояниях остальные члены пропадают, и поэтому можно на расстояниях

$R \gg \frac{\omega}{c_0}$ написать

$$E = -\frac{\omega^2 Ql}{4\pi K_0 c^2 R} \sin \theta e^{i\omega \left(t - \frac{R}{c} \right)},$$

$$H = -\frac{\omega^2 Ql}{4\pi c_0 R} \sin \theta e^{i\omega \left(t - \frac{R}{c} \right)}.$$

Среднее значение вектора Пойнтинга равно в виду перпендикулярности EH

$$S_{cp} = EH = \frac{\omega^4 Q^2 l^2}{32\pi^2 K_0 c_0^3 R^2} \sin^2 \theta.$$

Энергия, проходящая через бесконечно малую площадку на шаровой поверхности, полученной путем бесконечно малых приращений $d\theta$ и $d\alpha$, равна

$$dP = SR^2 \sin \theta d\theta d\alpha \frac{\omega^4 Q^2 l^2}{32\pi^2 K_0 c_0^3} \sin^2 \theta d\theta d\alpha.$$

После интегрирования по всей поверхности и замены

$$I_{ef}^2 = \frac{I^2}{2} = \frac{\omega^2 Q^2}{2}$$

получается излучаемая диполем мощность

$$P = \frac{\omega^4 I^2 l^2}{16\pi^2 K_0 c_0^3} \cdot \frac{8\pi}{3} = 80\pi^2 \left(\frac{I_{ef}}{\lambda} \right)^2.$$

Сопротивление излучения диполя равно

$$R_s = \frac{P}{I_{ef}^2} = 80\pi^2 \frac{l^2}{\lambda^2}.$$

После излучения электромагнитная волна рас-

пространяется во все стороны в виде сферической волны. На большом расстоянии от осциллятора волну можно считать плоской, и к такой волне применимы все законы волновой оптики.

Лит.: Тамм И., Основы теории электричества, М.—Л., 1929; Эйхенвальд А., Теоретическая физика, ч. 6, Электромагнитное поле, М.—Л., 1931; П л а н к М., Введение в теоретическую физику, ч. 3, Электричество и магнетизм, пер. с нем., М.—Л., 1933; Л о р е н ц Г., Теория электромагнитного поля, пер. с нем., М.—Л., 1933; А б р а м-В е с с е р, Theorie der Elektrizität, B. 1, 6 Aufl., Lpz.—B., 1930; M i s e s R. u. F r a n k Ph., Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik u. Physik 7 Aufl., B. 2, Brschw., 1927; С о н н Е., Das Elektromagnetische Feld, 9 Aufl., Leipzig, 1927; F r e n k e l J., Lehrbuch der Elektrodynamik, B. 1, Berlin, 1926. И. Клячкин.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ, см. Волны электромагнитные.

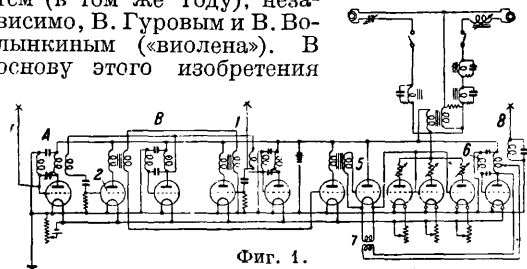
ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОМЕТР, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ,

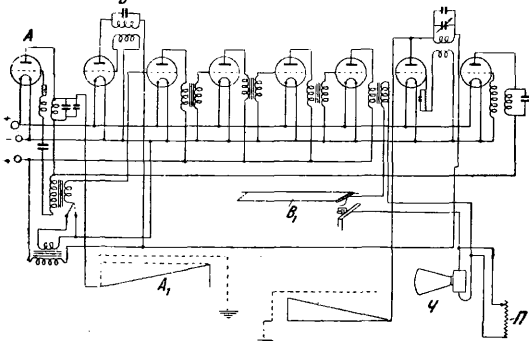
электрические приборы, в которых вырабатывается переменный ток в широком диапазоне частот музыкальных звуков (от 60 до 6 000 Hz), который в дальнейшем через громкоговорители перерабатывается в звук. Электромузыкальные инструменты снабжены приспособлением для всех ритмических, мелодических и художественных акцентаций звука. Электромузыкальные инструменты изобретены в 1921 году Л. Терменом («терменвокс») и затем (в том же году) независимо, В. Гуровым и В. Волынкиным («виолена»). В основу этого изобретения



Фиг. 1.

положена схема биений катодных генераторов, снабженная усилителем и громкоговорителем. Эта схема была применена Уиддингтоном для измерения весьма малых емкостей (см. Ультрарадиомикрометр). В настоящий момент существует несколько конструкций электромузыкальных инструментов, использующих различные способы генерирования переменного тока звуковой частоты, с соответствующими устройствами («грифом») для управления высотой, тембром и ритмикой звука. Эти музыкальные инструменты могут быть классифицированы по принципу генерирования тока на: 1) приборы, использующие колебания высокой частоты, 2) использующие колебания низкой частоты и 3) использующие релаксационные колебания (см.). К первой категории принадлежат терменвокс с воздушным грифом (фиг. 1), виолена № 1 с емкостным грифом, виолена № 2 с грифом самоиндукции, а также различные видоизменения указанных приборов, фигурировавшие под различными названиями (как напр. прибор «мартено», «сонар» Н. Ананьева, «ильстон» Ильсарова и др.). В терменвоксе, а также и в виолене, два катодных генератора А и В (фиг. 1 и 2) дают колебания высокой частоты, причем число колебаний одного из них А меняется изменением емкости замкнутого контура при приближении руки к

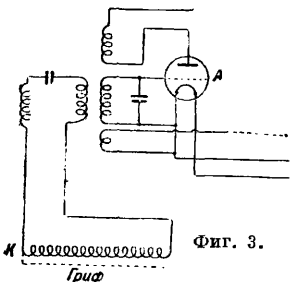
короткому стержню 1 (терменвокс) или наклонной пластинке A_1 , над к-рой расположена контактная подвижная линейка B_1 , размыкающая цепь громкоговорителя (виолена № 1). В приборе Термена игра производится исключительно на слух, тогда как на грифе виолены интервалы звуков фиксированы. Колебания обоих генераторов выпрямляются детектором 2 (фиг. 1) или в анодной цепи генераторов, и полученные биения усиливаются на низкой частоте. Сила звука регулируется педалью Π (фиг. 2), шунтирующей громкоговоритель 4, или же изменением тока накала первого каскада усиления низкой частоты 5 (фиг. 1). Последний способ применен Л. Терменом в его последней модели прибора, в к-ром имеется еще третий генератор 6, дающий через соответствующе настроенный трансформатор 7 ток высокой частоты для накала первой лампы усиления низкой частоты, причем сила тока в этом трансформаторе (резонанс) регулируется приближением левой руки к электроду 8, индуктивно связанному с колебательным контуром этого генератора. Игра производится таким образом



Фиг. 2.

приближением и удалением рук к этим стержням 1 и 2, вследствие чего прибор Термена иногда назывался «сферофон».

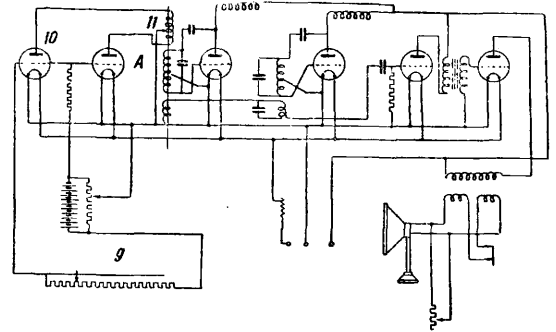
Постепенно повышающиеся художественные требования побудили к созданию Э. и., управление звуками в которых было бы определено более точно. Такими приборами являются виолена № 2 и терменвокс с грифом (фиг. 3). В виолене № 2 переменным параметром колебательного контура является его самоиндукция, к-рая представлена в виде катушки с железным сердечником, насыщение к-рого зависит от величины постоянного тока в обмотке, изменяемого струнным реостатом. В приборе Термена (фиг. 3) гриф имеет вид длинной катушки самоиндукции K , часть витков которой просто накоротко замыкается натянутой над ней металлической стру-



Фиг. 3.

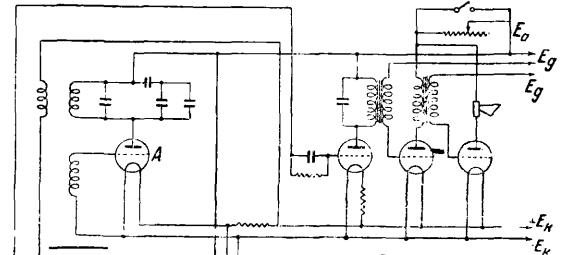
ной или лентой. В этом виде приборы Термена и Гурова допускают музыкальную технику пальцев и позволяют исполнять более сложные технические произведения. Для упрощения работы грифа В. Гуров применил в своем Э. и. 1929 г. (фиг. 4) гриф постоянного тока в виде струнного потенциометра 9, дей-

ствующего на сетку лампы 10, которая является нагрузочным сопротивлением катушки 11, сильно связанной с колебательным контуром



Фиг. 4.

генератора A . Частота этого генератора A легко меняется при изменении постоянного потенциала сетки грифом, и такой гриф более удобен в обращении, т. к. в нем идет только постоянный ток. Французский инженер Мартео построил Э. и. по типу терменвокса, но для удобства игры ввел видоизменение (фиг. 5) в способ изменения емкости. В антенну контура A ввинчен ряд винтов 12 с большими головками, перед которыми движется на небольшом расстоянии



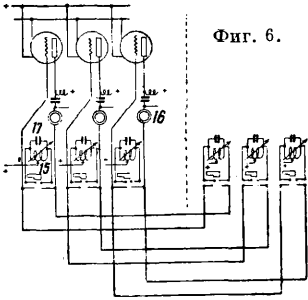
Фиг. 5.

металлическая проволока 13, протягиваемая упругой нитью 14, за которую держит рука играющего. Способы изменения силы звука такие же, как в приборе Гурова, — шунтированием громкоговорителя педалью или введением сопротивления в анод последней лампы.

Приборы Ананьева и Ильсарова ничем не отличаются от приборов Термена и являются лишь самостоятельными конструкциями.

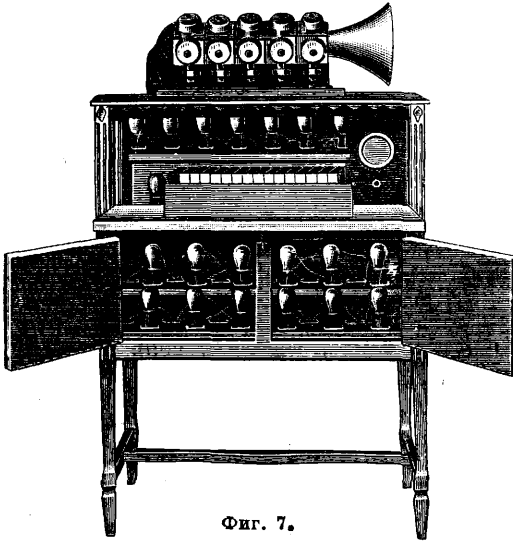
Э. и. с генераторами низкой частоты в электрич. отношении проще предыдущих. Наиболее разработанным из этих приборов надо считать действительно осуществленный на практике электрич. орган Живеле и Купле (фиг. 6). Применение клавиш (15) сильно упрощает принцип управления высотой звука, так как в электрич. отношении управление сводится к переключению емкостей или самоиндукций генератора. С другой стороны, являясь инструментом многоголосным, электрич. орган требует особого внимания в виду возможного возникновения звуковых биений весьма низкой частоты. В виду этого в органе Живеле имеется 12 громкоговорителей 16, по одному для каждого звука гаммы, т. ч. только звуки одной

или кратной ей частоты воспроизводятся одной и той же усилительной системой. Каждая клавиша клавиатуры управляет отдельным генератором 17; что создает значительное неудобство в конструкции инструмента. Для упрощения схемы клавиатура разделена на две группы по три октавы каждая; всего генераторных ламп 36, но это создает необходимость играть на разных клавиатурах при расхождении музыкальных голосов на интервалы, большие трех октав. В органе Живеле использован



Фиг. 6.

целый ряд электрических свойств колебательных цепей для получения различных тембров и нюансов, как например насыщение сердечников катушек для образования высших гармонических, вибрация этих сердечников для получения дрожащего звука и т. п. Регулировка силы звука совершается изменением накала генераторов, причем эта регулировка осуществляется самой клавишей при нажатии, что позволяет использовать музыкальную технику обычного органа. Орган Живеле представляет собой законченный инструмент и установлен в Париже в Église de Saint-Sulpice. Предшественником органа Живеле являются «Staccatton» и «Pianograd» (фиг. 7) америк. изобретателя Гуго Гернсбека. В его приборе клавиатура также работает на отдельные катодные генераторы, каждый из которых питает

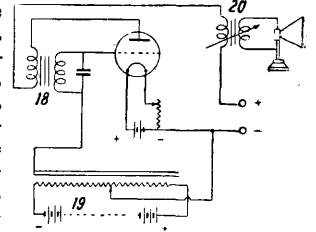


Фиг. 7.

маленький громкоговоритель. Однако у Гернсбека совершенно не была проработана музыкальная часть прибора, столь законченно усовершенствованная Живеле.

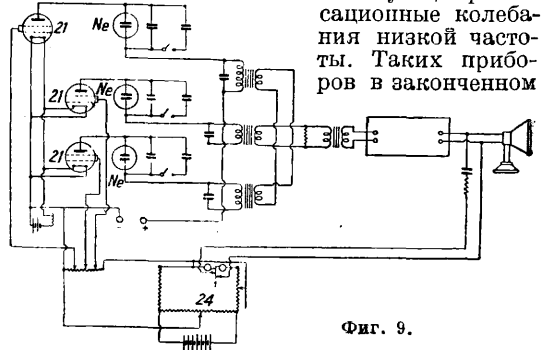
На клавишных приборах можно исполнять лишь органские или фортепианные произведения и лишь в известных пределах произведения для струнных смычковых инструментов. Попыткой создать прибор с генератором низкой частоты с грифом является аппарат Лертеса и Хеллбергера «хеллертон» (фиг. 8). Он имеет катодный генератор низкой частоты 18, в к-ром

параметры схемы подобраны так, что при изменении постоянного потенциала сетки меняется частота генерирования. Потенциал сетки меняется струнным грифом 19 в виде потенциометра, и на этом приборе возможна вибрация звука и глissандо, как на смычковых инструментах. Изменение силы звука производится при нажатии на струну перемещением вторичной обмотки трансформатора 20 между генераторной и усилительной частью прибора. Хеллертон дает звуки в пределах 4—5 октав с частотой $16 \div 3 \text{ 000 Hz}$, но в своей музыкальной части серьезной проработки не получил.



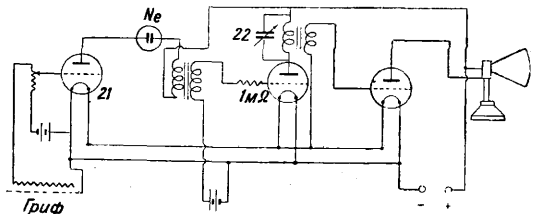
Фиг. 8.

Генерирование низкой частоты электронными лампами представляет собой все же довольно громоздкое приспособление, особенно при одногласном инструменте, и при пользовании грифом имеет целый ряд недостатков. Поэтому за последнее время разработаны инструменты, использующие релаксационные колебания низкой частоты. Таких приборов в законченном



Фиг. 9.

виде имеется два: «неовиолена» В. Гурова (фиг. 9) и траутвиум д-ра Траутвейна (фиг. 10). В основном оба эти прибора построены на схеме генерирования релаксационных колебаний неоновым генератором Ne, у к-рого роль сопротивлений играет электронный поток многосеточной лампы 21. Такая схема уже применялась и ранее для исследования колебаний этих ламп. т. ч. новизна применения их лежит лишь в использовании такой схемы для получения различных тембров, что сделано в описываемых приборах совершенно различным образом.



Фиг. 10.

Траутвейн применяет в анодной цепи первой ступени усиления специальный настроенный трансформатор 22 (фиг. 10), в к-ром при наличии пульсирующих напряжений от неоновом генератора возникают сложные затухающие колебания, окрашивающие звук. Частота этих

дополнительных колебаний («тонформантов») остается постоянной, создавая особую комбинацию токов и весьма характерные тембры звука. В неовиолоне (фиг. 9) тембры изменяются при помощи различных параметров усиления и фильтрующих систем, в которых также могут возникнуть тонформанты, но не при всех частотах звукового диапазона. Основное свойство неовиолон — это способность давать многоголосную (гл. обр. двойную) гармонию с одной струны на грифе. Эта последняя часть инструмента — гриф — представляет собой существенную особенность в конструкции прибора. Гриф неовиолон 24 представляет собой замкнутый потенциометр, к-рый частично замыкается на коротко мишурной лентой, пришитой к шелковой полосе, туго натянутой над реостатной частью. При нажатии ленты происходит изменение потенциала сетки модуляторной лампы, причем одновременно изменяются потенциал сетки и второй модуляторной лампы (второго генератора), что создает звучание двух голосов сразу на определенном музыкальном интервале. Интервалы задаются дополнительными клавишами во время игры.

По принципу своего устройства Э. и. позволяют получать чрезвычайно большое богатство оттенков и тембров, совершенно недоступное оркестровым инструментам, могущим удовлетворить этому требованию только в одной какой-либо его части (ограниченный диапазон и один тембр). Но, с другой стороны, обычные инструменты, основанные на механич. вибрациях струн или пластинок, представляют собой колебательные системы, в к-рых точность числа колебаний обеспечивается наиболее простыми средствами. В виду этого за последнее время возникла мысль устройства смешанного Э. и. с использованием механич. и электрич. колебаний вместе. Таким прибором явился рояль Сименса-Нёрнста, имеющий под каждой струной электромагнитный адаптер, токи которого усиливаются специальным громкоговорителем, причем кривая этих токов м. б. изменена при помощи электрич. фильтров или подобных систем с целью получения разнообразных тембров. При этом возможно получение и незатухающих колебаний путем обратной регенерации колебаний струны наподобие того, как это делается в камертонных генераторах. Инструменты подобного рода строились в Америке Ранджером (Radio Corrogation) и многими другими изобретателями.

Лит.: Аппарат Термена: Г. П. 443536, Кл. 51—с; «Видеель» В. Гурова, Сов. авт. свод., 1891, 7410, 24013, 24014; Траутонгум: «Wireless World», 1930, Dec.; «Funk», В., 1933, 16; Орган Живеле: «Revue Générale de L'Electricité», P., 1930, 6 Dec.; Аппарат Мартено: «Wireless World», L., 1930, 14 July; «Хеллертион», «Funk», В., 1931, July; «Рианора» Герсбена: «Radio News», N. Y., 1926, Nov. В. Гуров.

ЭЛЕКТРОН, частица материи, обладающая наименьшим отрицательным электрическим зарядом и представляющая одну из тех основных структурных единиц, из которых построены материальные тела. Название «электрон» впервые предложил Стони (1891) [1]. Представление об атомном строении электричества встречается впервые повидимому у Гельмгольца (Лондонская речь Гельмгольца в 1881 г.) [2]; тот взгляд, что катодные лучи, возникающие в разрядных трубках с разреженным газом, состоят из электронов, получил всеобщее признание лишь к середине 90-х гг. (впрочем гипотеза о том, что катодные лучи состоят из частиц, входящих в состав атомов, была впервые

предложена еще Круксом [3] в его шеффилдском докладе в 1874 г.). После опытов Резерфорда над рассеянием α -частиц атомами (1911 г.) стало общепризнанным, что материальные тела состоят из атомных ядер и окружающих эти ядра Э.; при этом обыкновенно высказывалось и то предположение, что Э. наряду с более тяжелыми частицами входят и в состав ядер (об этих «внутриядерных» Э. см. ниже).

З а р я д и м а с с а Э. Важнейшими характеристиками Э. являются его отрицательный заряд « e » и его масса « m » (измеренная наблюдателем, по отношению к которому скорость Э. гораздо меньше скорости света). Величины e и $\frac{e}{m}$ неоднократно определялись на опыте. Сводка экспериментального материала, полученного до 1929 г., дана в статье Бёрджа [4]; новые появлявшиеся с тех пор работы внесли новое только в вопрос об $\frac{e}{m}$, но не в вопрос об e . Наиболее вероятным значением заряда Э. является

$$e = (4,770 \pm 0,005) \cdot 10^{-10} \text{ CGSE.}$$

Это значение основано: 1) на измерениях заряда отдельных ионов на масляной капельке (метод Милликэна), 2) на абсолютных измерениях длины волны рентгеновских линий (эти измерения дают абсолютные значения кристаллических постоянных, а это позволяет вычислить число Авогадро, откуда с помощью постоянной Фарадея находят e). Наиболее новыми и надежными измерениями величины $\frac{e}{m}$ являются следующие: Кэмпбелл и Хаустон [5] в 1932 г. на основании измерений эффекта Зеемана находят $\frac{e}{m} = (1,7579 \pm 0,0025) \cdot 10^7 \text{ CGSM}$. Этот результат в общем находится в согласии с другими «спектроскопическими» измерениями. В 1933 г. Дэннингтон и Кречмар на основании измерений отклонения пути Э. в магнитном поле находят, что $\frac{e}{m}$ равно $(1,757 \pm 0,0015) \cdot 10^7$ согласно первому из них [6] и $(1,7570 \pm 0,0026) \cdot 10^7$ согласно второму [7]. Наиболее тщательное из предыдущих измерений, произведенных по методу отклонений (Ф. Вольф, 1927 г.) [8], давало для $\frac{e}{m}$ большее значение, а именно $(1,7679 \pm 0,0018) \cdot 10^7$, что заставило Бёрджа считать, что спектроскопич. значение $\frac{e}{m}$ почему-то систематически меньше, чем значение «по методу отклонений». Сопоставляя наиболее надежные из недавних измерений (Хаустон, 1927, по тонкой структуре; Эббок, 1929, и Кэмпбелл-Хаустон, 1932, по эффекту Зеемана; Перри и Чэффи, 1930, и Кирхнер, 1932, по методу линейного ускорения; Дэннингтон, 1933, по отклонению в магнитном поле), Дэннингтон считает, что наиболее надежным значением в настоящее время является $\frac{e}{m} = (1,7598 \pm 0,0005) \cdot 10^7 \text{ CGSM}$, откуда вытекает [принимая по Бёрджу для скорости света значение $(2,99796 \pm 0,00004) \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$] следующее значение «покоящейся массы» Э.: $m = (9,041 \pm 0,012) \cdot 10^{-28} \text{ г.}$

Электрон в классической электродинамике [9, 10, 11]. Вслед за открытием свободных Э. (в виде Э. катодных лучей и др.) Лоренц нашел такую формулировку микро-спектроскопической электродинамики, из к-рой м. б. выведена макроскопич. электродинамика Максвелла (микро-спектроскопич. электродинамику Лоренц

называл «электронной теорией»). Введением своего «специального принципа относительности» Эйнштейн завершил построение классич. электродинамики, которая т. о. стала вполне konsekвентной теорией, включающей в себя как частный случай (когда скорости частиц малы по сравнению со скоростью света) классическую механику. Классич. электродинамика основана на резком разграничении объектов внешнего мира на две категории: заряженные частицы и электромагнитные поля. Такое разграничение однако не может считаться в точности соответствующим природе вещей и поэтому должно рассматриваться лишь как приближение; вместе с этим и классич. электродинамика должна рассматриваться как теория, обладающая лишь приближенной применимостью в некоторой определенной области явлений. Это обнаруживается следующим образом: если мы будем считать Э. точкой или припишем ему линейные размеры, заметно уступающие величине $\frac{e^2}{mc^2}$, то из электродинамики будет следовать, что создаваемое Э. поле обладает массой, значительно превосходящей m . Поэтому Э. необходимо приписать размеры порядка $\frac{e^2}{mc^2}$, т. е. порядка 10^{-13} см (т. н. классич. радиус Э.). Однако многочисленные попытки (Лоренц и др.) построить в пределах классической электродинамики теорию Э. как протяженного заряда с линейными размерами порядка $\frac{e^2}{mc^2}$ оказались неудачными по той очевидной причине, что классич. электродинамика не может ввести никаких сил, которые помешали бы Э., состоящему из отталкивающихся друг от друга элементов заряда, разорваться на части. Отсюда следствие: электродинамика, основанная на разграничении понятий «поле» и «заряженная частица», не может разрешить вопроса о структуре Э. и даже объяснить его устойчивость и его существование. Границы применимости такой электродинамики определяются необходимостью рассматривать воздействие на Э. поля, вызываемого самим Э.: движущийся с ускорением Э. излучает энергию, что приводит к торможению Э. Расчет, произведенный на основании электродинамики, показывает, что тормозящая сила («реакция излучения») равна $\frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \ddot{v}$, где v —скорость, а точки обозначают дифференцирование по времени. Введение этой силы наряду с силой, происходящей от внешнего поля, приводит однако к физически абсурдным результатам, откуда явствует, что применимость классического понятия поля определяется неравенством $\frac{e^2}{c^3} \ddot{v} \ll mv$, т. е. условием, что реакцией излучения можно пренебречь. Если движение Э. разложено в ряд Фурье и главная частота равна $\nu = \frac{c}{\lambda}$, то можно приближенно писать $\ddot{v} = \nu \dot{v} = \frac{c}{\lambda} \dot{v}$, откуда вытекает условие применимости классического понятия поля в виде $\lambda \gg \frac{e^2}{mc^2}$ (т. е. поле не должно заметно меняться на расстояниях порядка классич. радиуса Э.; это условие применимо по отношению к системе отсчета, в к-рой скорость Э. мала). Это неравенство опять характеризует тот факт, что проблема существования, устойчивости и структуры Э. не м. б. решена в пределах теории, оперирующей классич. представлением о поле.

Э. в квантовой теории [12]. Волновая механика (нерелятивистская теория квант) трактует Э. как точечную частицу, состоящие к-рой в каждый данный момент характеризуется (в задаче об одном Э. во внешнем поле) волновой ф-ией, зависящей от четырех переменных: от трех пространственных координат Э.— x, y, z —и от одной «спиновой» координаты σ , к-рая представляет проекцию механического момента Э. на заданную в пространстве ось и может принимать только два значения $+\frac{h}{2}$ и $-\frac{h}{2}$ (где h —постоянная Планка, деленная на 2π). Одновременно с этим волновая механика приписывает Э. и магнитный момент, равный произведению механич. момента на $\frac{e}{mc}$ (это отношение вдвое больше, чем отношение между орбитальным магнитным и орбитальным механич. моментами, согласное с классич. электродинамикой; этот факт получил название «магнитной аномалии спина»). Для систем, состоящих из многих Э., волновая механика утверждает: волновая ф-ия меняет знак при перемене местами четверки координат одного Э. с четверкой координат другого Э. Это т. н. п р и н ц и п Паули, к-рый в более наглядной и вульгарной формулировке обозначает, что два Э. могут занимать одну и ту же орбиту лишь при условии, что их «спиновые» моменты противоположны друг другу. Возможность принципа Паули основана на том, что все Э. имеют абсолютно одинаковые свойства. Поэтому в волновой механике, в к-рой отсутствует понятие траектории, невозможно говорить об индивидуальном Э.: электроны «не имеют лица» (индивидуальности). Для задачи многих Э. принцип Паули приводит к особому виду статистики (статистика Ферми). Волновая механика совершенно удовлетворительно объясняет все явления, в к-рых принимают участие Э., если только их скорости гораздо меньше скорости света. Сюда относится поведение Э. в электронных оболочках атомов и молекул (энергетич. уровни, магнитные свойства атомов и молекул, теория периодической системы, теория химических сил и сил сцепления и т. д.), кроме того явления дифракции Э., поведения Э. проводимости и т. п.

Э. в релятивистской теории квант [13, 14]. Распространение принципов квантовой теории на явления, в которых играют роль релятивистские электроны (со скоростью порядка скорости света), натолкнулось на трудности; релятивистская теория квант до сих пор (в 1933 г.) не построена. Характерным свойством этой будущей теории является то, что в ее ф-лах должны фигурировать обе постоянные: квантовая (h) и релятивистская (c). Теория должна будет объяснить значение величины $\frac{hc}{e^2}$, которая является безразмерным числом, равным по Бёрджу $137,29 \pm 0,11$; иными словами, это число д. б. существенным элементом теории. Это значит, что релятивистская теория квант должна объяснить дискретный характер электрич. заряда, т. е. разрешить проблему существования и устойчивости Э.; она же должна придать определенный смысл вопросу о структуре Э. и дать на этот вопрос ответ. Типичным примером физич. проблемы, подлежащей ведению этой будущей теории, является проблема ядерных Э. Тот факт, что при β -распаде из ядра вылетают электроны, заставив физиков считать Э. составной частью ядер

(традиционная гипотеза говорит: ядро состоит из Δ и протонов). Однако размеры ядра ($<10^{-12}$ см) заставляют приписать внутриядерному Δ неопределенность в импульсе, значительно превышающую mc ; это указывает на то, что проблема поведения Δ в ядре принадлежит релятивистской квантовой теории. Необходимость упаковать несколько десятков Δ в пространстве с линейными размерами порядка классич. радиуса Δ также указывает на то, что решение проблемы ядерных Δ невозможно без предварительного решения проблемы о структуре Δ . А т. к. в будущей теории, к-рая разрешит эту проблему, противоположность между Δ и полем потеряет даже приближенное значение, то ясно, что в настоящее время мы даже не знаем, каков точный смысл вопроса о том, имеют ли Δ в ядре самостоятельное существование или нет.

В настоящее время мы обладаем лишь предварительным наброском релятивистской теории квант в виде теории Дирака, которая по отношению к будущей теории является видимо чем-то вроде пачала разложения в ряд по степеням заряда Δ , или, точнее говоря, по степеням малой величины $\frac{e}{\sqrt{hc}}$. С таким

характером теории Дирака связано и то, что в ней неизменно возникают трудности при введении взаимодействия между Δ , к-рое очевидно соответствует каким-то неучитываемым теорией членам второго порядка. Не обладая т. о. вполне определенными границами применимости, теория Дирака однако приводит к частичным, весьма значительным успехам. Ее характерной чертой является то, что в ней фигурируют состояния Δ с отрицательной кинетической энергией. Так как такие Δ никогда не наблюдаются, то Дирак предполагает, что состояния с отрицательной кинетич. энергией сплошь заняты Δ ; эти Δ т. о. образуют однородный и поэтому ускользающий от наблюдения фон, на котором разыгрываются физич. явления. Только отступления от однородности этого фона, если они возникают, вызывают поле, сам же фон не вызывает поля. Точка зрения Дирака блестяще подтвердилась в 1932—33 гг., когда были открыты o и τ троны (положительные электроны), к-рые ведут себя повидимому как «дырки», возникающие в однородном фоне Δ с отрицательной кинетич. энергией при выдергивании отсюда Δ . В полном согласии с теорией находится тот факт, что в присутствии ядер может происходить поглощение γ -лучей с образованием «пары» (позитрон + электрон); повидимому происходит и обратный процесс уничтожения электрона и позитрона с испусканием γ -лучей (аномальное рассеяние Грея и Тэррента). Из теории Дирака вытекает также, что присутствие внешних неподвижных зарядов (Δ и ядер) вызывает в сплошном фоне Δ с отрицательной энергией такую деформацию (поляризацию), что возникающее вследствие этого нарушение однородности такого фона вызывает в пространстве поле, уменьшающее на $\frac{1}{137}$ поле самих внешних зарядов. В случае зарядов быстро движущихся, а не неподвижных, такого частичного экранирования заряда согласно Дираку не происходит. Отсюда Дирак заключает, что измеренный на опыте заряд Δ не есть его настоящий заряд, а только $\frac{136}{137}$ настоящего заряда; в явлениях

же, связанных с очень быстрыми Δ . (рассеяние быстрых Δ ядром, эффект Комптона с очень жесткими квантами), должен сказаться настоящий заряд Δ . Этот удивительный результат теории еще не проверен на опыте. Остается пока открытым вопрос о том, не представляет ли этот теоретич. результат пример незаконного распространения теории Дирака на явления более высокого порядка (в смысле разложения по степеням $\frac{e}{\sqrt{hc}}$), на объяснение к-рых эта теория все равно не рассчитана.

Лит.: ¹⁾ Stone G., «Trans. of the Royal Society of Dublin», 1891, Serie 2, v. 4, p. 563; ²⁾ Helmholtz H., v., Vorträge u. Reden, B. 2, p. 251, Brschw., 1896; ³⁾ Crookes W., «Philos. Transactions», 1879, Part 1, p. 135, Part 2, p. 641; ⁴⁾ Birge R., Probable Values of the Physical Constants, «The Physical Review», 1929, Supplement, v. 1; ⁵⁾ Campbell J. a. Houston W., ibid., 1932, v. 39, p. 604; ⁶⁾ Dunnington F., ibid., 1933, v. 43, p. 404; ⁷⁾ Kretschmar G., ibid., 1933, v. 43, p. 417; ⁸⁾ Wolf F., «Annalen d. Phys.», Lpz., 1927, B. 83, p. 849; ⁹⁾ Lorentz H., Versuch einer Theorie d. elektrischen u. optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, Leiden, 1895; ¹⁰⁾ Lorentz H., Theory of Electrons, Lpz., 1909; ¹¹⁾ Bohr N., Faraday Lecture, «Journ. of the Chemical Society», L., 1932, February; ¹²⁾ Дирак П., Основы квантовой механики, пер. с англ., М.—Л., 1932; ¹³⁾ Bohr N., «Journ. of the Chem. Soc.», L., 1932; ¹⁴⁾ Dirac P., Theory of the Positron (доклад, читанный 27 сент. 1933 г. на Всесоюзной ядерной конференции в Ленинграде, еще не опубликован). М. Бронштейн.

ЭЛЕКТРОНАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ, приборы, служащие целям судовождения, *навигации* (см.), в к-рых движущей или передающей сигналы силой является электричество. Основным Δ п. является гирокоспич. компас, заменяющий магнитный *судовой компас* (см.); от него приводится в действие ряд приборов—курсограф, одограф, гирорулевой,—облегчающих и механизмирующих дело управления кораблем. Электрифицированы также приборы, указывающие скорость и пройденный путь судна—*лаги* (см.), — и приборы, служащие для измерения глубин—*лоты* (см.).

Гирокоспический (жирокоспический) компас (гирокомпас)—навигационный прибор, механически указывающий направление истинного меридиана; применяется на современных судах наряду с магнитным компасом, но по свойствам отличается от последнего. Как прибор чисто механич. гирокомпас не реагирует на магнитное поле, создаваемое судовым железом, поэтому м. б. установлен на железных и стальных судах, где вследствие значительности и непостоянства магнитного поля работа магнитного компаса становится ненадежной. По этой же причине гирокомпас м. б. установлен в нижних защищенных помещениях корабля, а в постах управления устанавливаются электр. повторители—*компасы* (з а т е л и). Наличие на корабле нескольких (обычно 3) гирокомпасов дает возможность контроля их работы. Значительная величина периода колебаний компаса делает его чрезвычайно устойчивым в меридиане, дает возможность лучше удерживать корабль на курсе, сокращает число оборотов машины на пройденную кораблем милю и увеличивает скорость корабля. Применение вместе с гирокомпасом гирорулевого (см. ниже) повышает выгоды эксплуатации приборов. Устойчивость гирокомаса позволяет считать его направление постоянным в течение небольших промежутков времени и применять его в приборах управления артиллерийским огнем. Применяемые для наведения орудий на невидимую цель артиллерийские гирокомпасы дают

курсы и пеленги с точностью до 0,1°, а обычные навигационные—до 1/4°. В настоящее время гироскоп имеет широкое распространение как на военных, так и на торговых судах. Главным недостатком гироскопов являются баллистич. девиации, появляющиеся, когда к кораблю прикладываются ускорения. Исследовательская работа всех фирм направлена к устранению этих девиаций; постоянно появляются новые конструкции, преследующие эту цель. В современных приборах баллистич. девиации при самых неблагоприятных условиях не превышают нескольких (2—3) градусов. Другим недостатком гироскопа является сложность его устройства и необходимость иметь специальный обслуживающий персонал. В настоящее время имеются гироскопы следующих фирм: Sperry (США), Anschütz (Германия), Вгон (Англия) и Нара (США). Наиболее распространенным из этих приборов является гироскоп Сперри.

Теория гироскопа. Из основных ур-ий динамики материальной точки

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2x}{dt^2} &= \sum X_e + \sum X_i, \\ m \frac{d^2y}{dt^2} &= \sum Y_e + \sum Y_i, \\ m \frac{d^2z}{dt^2} &= \sum Z_e + \sum Z_i \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(где m —масса точки с координатами x, y, z ; X_e, Y_e, Z_e —проекции внешних сил на оси координат, X_i, Y_i, Z_i —проекции внутренних сил на те же оси) множением соответственно первого и второго на y и x , второго и третьего на z и y и третьего и первого на x и z и попарным вычитанием получаем:

$$\begin{aligned} m \left(x \frac{d^2y}{dt^2} - y \frac{d^2x}{dt^2} \right) &= \sum (xY_i - yX_i) + \sum (xY_e - yX_e), \\ m \left(y \frac{d^2z}{dt^2} - z \frac{d^2y}{dt^2} \right) &= \sum (yZ_i - zY_i) + \sum (yZ_e - zY_e), \\ m \left(z \frac{d^2x}{dt^2} - x \frac{d^2z}{dt^2} \right) &= \sum (zX_i - xZ_i) + \sum (zX_e - xZ_e). \end{aligned}$$

Распространяя эти ур-ия на все тело и принимая во внимание, что в этом случае моменты внутренних сил попарно равны и противоположны по знаку, имеем:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \sum m \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) &= \sum \sum (xY_e - yX_e), \\ \frac{d}{dt} \sum m \left(y \frac{dz}{dt} - z \frac{dy}{dt} \right) &= \sum \sum (yZ_e - zY_e), \\ \frac{d}{dt} \sum m \left(z \frac{dx}{dt} - x \frac{dz}{dt} \right) &= \sum \sum (zX_e - xZ_e). \end{aligned}$$

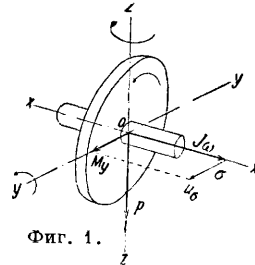
Т. к. $m \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right)$ равно моменту количества движения точки относительно OZ , а $\sum (xY_e - yX_e)$ равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси, то, обозначая момент количества движения через σ , а суммарный момент внешних сил через M , можем последние ур-ия написать в виде:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial t} = M_x; \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial t} = M_y; \quad \frac{\partial \sigma_z}{\partial t} = M_z, \quad (2)$$

где индексы x, y, z обозначают проекции на соответствующие оси. Ур-ия (2) м. б. выражены след. обр.: скорость конца вектора момента количества движения равна и параллельна вектору момента внешних сил. Предположим, что мы имеем вращающееся тело с неподвижным центром O (фиг. 1), т. е. гироскоп с тремя степенями свободы. Пусть его угловая скорость равна $\omega = \frac{\pi n}{30}$ радиан/сек. и его момент инер-

ции относительно оси вращения Ox равен J , тогда $\sigma_x = \sigma = J\omega$. Если к телу приложено внешний момент M_y , стремящийся повернуть тело в плоскости xOz , то скорость u_σ конца вектора σ , изображающего момент количества движения, равна M_y и сообщает гироскопу вращение вокруг оси Oz , перпендикулярной плоскости, содержащей векторы внешнего момента и момента количества движения; это вращательное движение называется прецессией; его угловая скорость

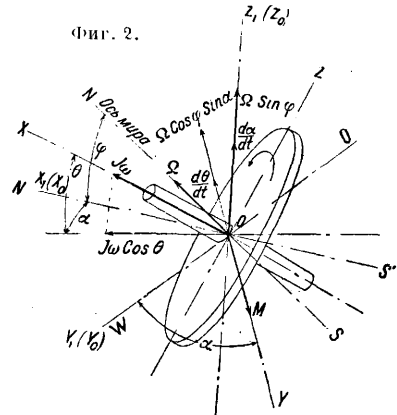
$$\rho = \frac{u_\sigma}{\sigma} = \frac{M}{J\omega} \quad (3)$$



Фиг. 1.

Т. о. при отсутствии внешнего момента ось гироскопа стремится сохранять положение свое в пространстве неизменным. Теоретически это свойство гироскопа могло бы быть использовано для создания компаса, т. к. гироскоп, однажды поставленный осью параллельно оси мира, стремится сохранять это направление, т. е. будет указывать на север, но неизбежно возникающие внешние моменты (трение воздуха, трение в осях подвесов и т. д.) вызывают прецессионные движения, вскоре нарушающие первоначальное направление оси гироскопа.

Для того чтобы гироскоп мог служить компасом, необходимо наличие на па р а в л я ю щ е й с и л ы, т. е. силы, стремящейся возвратить



Фиг. 2.

гироскоп, однажды выведенный из северо-южного направления, обратно. Направляющая сила получается путем создания внешнего момента, стремящегося поставить всегда ось гироскопа горизонтально, вопреки стремлению ее, оставаясь параллельной самой себе, принимать под влиянием вращения земли различные углы наклона к горизонту. Момент этот создает прецессионное движение, стремящееся повернуть ось гироскопа в плоскость меридиана.

Рассмотрим движения гироскопа, пользуясь ур-ием прецессии (3). Имеем три системы координат (фиг. 2). 1) $OXYZ$, связанную с кожухом ротора гироскопа т. о., что OX направлена по оси вращения (положительное направление совпадает с вектором момента количества движения), OY совпадает с горизонтальной осью вращения кожуха ротора (положительное направление на запад), OZ приблизительно вертикальна (положительное направление вверх); 2) $Ox_1Y_1Z_1$, связанную с данным местом зем-

ной поверхности, причем OX_1 горизонтальна и направлена на север, OY_1 — на запад, OZ_1 вертикальна; 3) OX_0, Z_0 неподвижную в пространстве систему координат, совпадающую в начальный момент времени с системой OX_1, Y_1, Z_1 . Тогда скорость вращения земли Ω м. б. разложена по трем осям OX_1, Y_1, Z_1 :

$$\begin{aligned}\Omega_x &= \Omega \cos \varphi, \\ \Omega_y &= 0, \\ \Omega_z &= \Omega \sin \varphi,\end{aligned}$$

где φ — широта данного места. Положение оси гироскопа относительно системы OX_1, Y_1, Z_1 определится углами α и θ , составляемыми осью OX с меридианом OX_1 и с горизонталью; скорости же прецессии определяются как суммы скоростей прецессии относительно системы OX_1, Y_1, Z_1 и скорости последней системы относительно неподвижной OX_0, Y_0, Z_0 . Для горизонтального прецессионного движения имеем:

- 1) скорость относительной прецессии равна $\frac{da}{dt}$,
- 2) скорость переносного движения равна $\Omega \sin \varphi$,
- 3) горизонтальная проекция момента количества движения равна $J\omega \cos \theta$, для малых углов с достаточной точностью можно принять $\cos \theta = 1$,
- 4) момент маятника, стремящийся повернуть ось гироскопа горизонтально, равен $Ga \sin \theta$, где G — вес маятника, a — расстояние от его точки качания до ц. т.; в виду малости углов θ можно принять $M_y = Ga\theta$, т. о. имеем по ур-ию (3):

$$J\omega \left(\frac{da}{dt} + \Omega \sin \varphi \right) = Ga\theta. \quad (4')$$

Для прецессии в вертикальной плоскости имеем: 1) скорость относительной прецессии равна $\frac{d\theta}{dt}$; 2) переносная скорость равна $\Omega \cos \varphi \sin \alpha$ (т. к. составляющая $\Omega \cos \varphi \cos \alpha$ вектора скорости вращения земли, направленная по OX , складывается со скоростью вращения гироскопа, незначительно изменяя ее, и т. о. действия на прецессию не оказывает); 3) внешний момент равен нулю, и мы имеем

$$J\omega \left(\frac{d\theta}{dt} + \Omega \cos \varphi \sin \alpha \right) = 0. \quad (4'')$$

Решая совместно оба ур-ия (4') и (4'') относительно α , получаем (принимая в виду малости угла α его синус равным углу) после интегрирования

$$\alpha = \alpha_0 \sin \left(t \sqrt{\frac{Ga}{J\omega} \Omega \cos \varphi} \right). \quad (5')$$

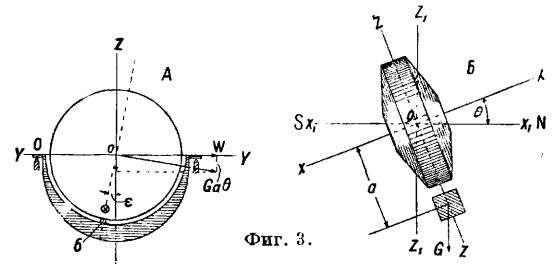
Т. е. ось гироскопа в горизонтальной плоскости совершает незатухающие колебания с амплитудой α_0 , определяемой начальными условиями, и с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J\omega}{Ga} \cdot \frac{1}{\Omega \cos \varphi}}. \quad (5'')$$

Направляющий момент гироскопа равен $-J\omega \Omega \cdot \cos \varphi \sin \alpha$, т. е. достигает максимума под экватором ($\varphi=0$) и становится равным нулю у полюсов ($\varphi=90^\circ$); момент этот тем больше, чем более отклонена ось гироскопа от плоскости меридиана. Для гирокомпы Сперри напр. $J\omega \Omega = 204,5$ гсм. Из сказанного понятно, что гирокомпы непригодны для плавания в околополярных морях. Для вертикальной прецессии θ имеем после подстановки значения $\frac{da}{dt}$ в ур-ие (4'):

$$\theta = \alpha_0 \sqrt{\frac{J\omega}{Ga} \Omega \cos \varphi} \cdot \cos \left(t \sqrt{\frac{Ga}{J\omega} \Omega \cos \varphi} \right) + \frac{J\omega}{Ga} \Omega \sin \varphi, \quad (5''')$$

т. е. в вертикальном направлении ось гироскопа также совершает незатухающие колебания с амплитудой $\theta_0 = \alpha_0 \sqrt{\frac{J\omega}{Ga} \Omega \cos \varphi}$ с тем же периодом T , что и горизонтальные колебания вокруг направления, составляющего угол $\theta_k = \frac{J\omega}{Ga} \Omega \sin \varphi$ с горизонтом. Т. о. северный конец оси гироскопа будет совершать незатухающие колебания по эллипсу с полуосями $L\alpha_0$ и $L\theta_0$ (где L — длина от центра гироскопа до конца оси), причем средняя линия этого эллипса будет лежать в северном полушарии на $L\theta_k$ выше, а в южном — на $L\theta_k$ ниже горизонта. Наличие незатухающих колебаний делает такой гироскоп неприменимым в качестве компаса. В гирокомпасе Сперри с маятником для затухения колебаний принято следующее устройство. Маятник (противовес) связан с кожухом гироскопа не в центральной плоскости, а несколько отступя на восток (фиг. 3, А —



Фиг. 3.

вид с северной стороны, Б — вид с восточной стороны) — в точке б, составляющей угол ϵ с вертикальной осью вращения кольца гироскопа. Тогда момент противовеса в направлении OY остается почти без перемен, т. ч. ур-ие (4') не меняется, а в ур-ии (4'') правая часть вместо 0 приобретает значение $Ga\theta\epsilon$. Решая систему двух дифференциальных ур-ий

$$J\omega \left(\frac{da}{dt} + \Omega \sin \varphi \right) = Ga\theta$$

и

$$J\omega \left(\frac{d\theta}{dt} + \Omega \alpha \cos \varphi \right) = -Ga\theta\epsilon,$$

имеем:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= A e^{-kt} \sin Bt - \epsilon \operatorname{tg} \varphi \\ \theta &= C e^{-kt} \cos (Dt + \beta) + \frac{J\omega}{Ga} \Omega \sin \varphi \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Ур-ия (6) представляют собой затухающие колебания с окончательным положением равновесия $\alpha_1 = -\epsilon \operatorname{tg} \varphi$ и $\theta_1 = \frac{J\omega}{Ga} \Omega \sin \varphi$, т. е. в северном полушарии северный полюс оси гироскопа отклонен к востоку от плоскости меридиана на угол α_1 и поднят над горизонтом на угол θ_1 . Значения для южного полушария получим, приняв для φ отрицательные значения. Величина θ_1 очень невелика (для компаса Сперри под 30° равна $0,08^\circ$, под 60° — $0,14^\circ$) и не оказывает влияния на показания компаса, величина α_1 обуславливает наличие девиации, меняющейся с широтой плавания и выправляемой корректирующим приспособлением.

Дальнейшим источником ошибок компаса является движение судна по земной поверхности. Движение корабля складывается из поступательного перемещения и вращения вокруг центра земли с угловой скоростью $\psi = \frac{v}{R_1}$, где v — скорость судна в м/сек и R_1 — радиус земли в м. Разлагая скорость корабля на направ-

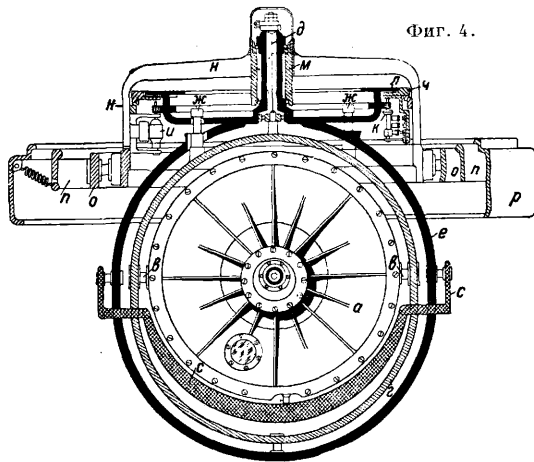
ления по меридиану и по параллели, равные $v_m = v \cos C$ и $v_n = v \sin C$, где C —курс судна, имеем, что v_n обуславливает вращение с угловой скоростью $\frac{v}{R_1} \sin C$, вектор которого направлен по оси OX_1 (фиг. 2), т. е. он вызовет лишь весьма незначительное уменьшение вектора $\Omega \cos \varphi$, но на направление его, т. е. на положение равновесия компаса, влияния не окажет. Другая составляющая обуславливает вращение с угловой скоростью $\frac{v}{R_1} \cos C$, вектор которого, направленный при движении на север к западу и при движении к югу—на восток, вызовет, складываясь геометрически с вектором $\Omega \cos \varphi$, изменение положения результирующего вектора скорости поворачивания гироскопа и след. пропорциональную этому смещению девиацию δ_v , определяемую ур-нием:

$$\operatorname{tg} \delta_v \approx \delta_v = \frac{v \cos C}{R_1 \Omega \cos \varphi}.$$

Т. о. окончательно получаем девиацию у корабля, идущего с постоянной скоростью v без качки, по постоянному курсу C

$$\delta = \frac{v \cos C}{R_1 \Omega \cos \varphi} - \varepsilon \operatorname{tg} \varphi. \quad (7)$$

Кроме указанных причин девиация компаса вызывается наличием ускорений (как поступательного движения, так и центробежных при поворотах корабля) и качки. Устранить их пока не удалось и стремятся лишь уменьшить

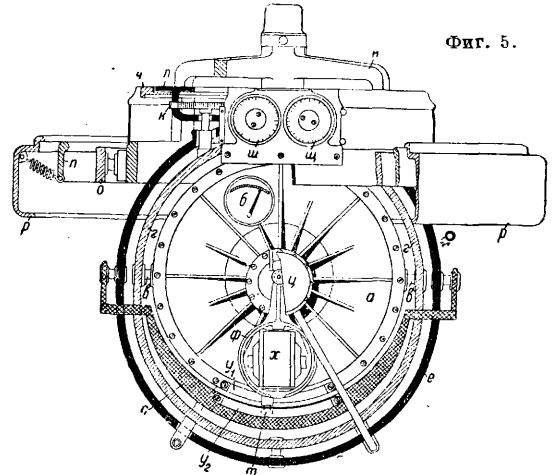


Фиг. 4.

их значение соответственным подбором элементов гироскопа. Для условия аperiodичности перехода компаса в новое положение необходимо, чтобы период его свободных колебаний равнялся периоду колебаний математич. маятника длиной в земной радиус, т. е. $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{R_1}{g}} \approx 85$ минут. Как мы видели выше, строго удовлетворить условию нельзя, т. к. период гироскопа меняется с широтой места (у компасов Сперри $T \approx 76$ мин. под экватором и 107 мин. под 60° широты). В современных гироскопах Сперри вместо маятника введены сообщающиеся сосуды (наподобие цистерн Фрама) с ртутью, вызывающие как наличие момента, определяющего необходимое прецессионное движение гироскопа, так и необходимое затухание колебаний. Ф-лы, выведенные для маятника (5'), (5'') и (6), остаются справедливыми и для этой конструкции с той разницей, что член Ga нужно заменить членом $2S\sigma^2\gamma$, где S —

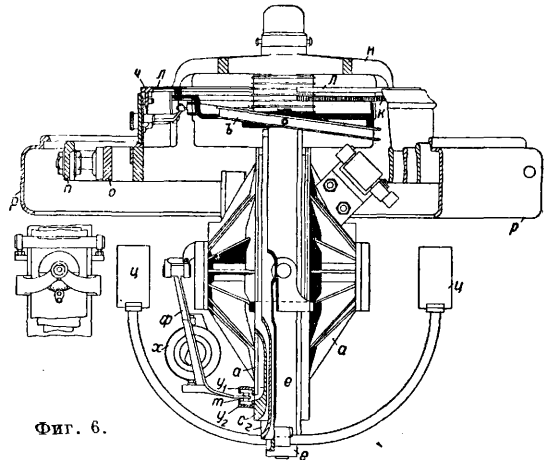
площадь поперечного сечения одного сосуда, γ —его расстояние от оси гироскопа, ρ —плотность жидкости (ртути), налитой в сосудах. Применением надлежащей конструкции этих сосудов добиваются удовлетворительного уменьшения девиации гироскопа на качке.

Практич. выполнение гироскопа Сперри показано на фиг. 4 (общий вид с южной стороны), фиг. 5 (то же с северной стороны) и фиг. 6 (то же с западной стороны). Основной частью



Фиг. 5.

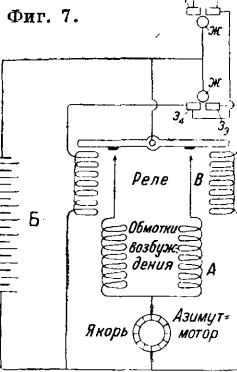
является тяжелый (21 кг) волчок, представляющий собой ротор асинхронного электромотора трехфазного тока и помещенный на шарикоподшипниках в гироскопич. камере a , являющейся одновременно статором. Камера снабжена вакуумметром b , показывающим уменьшенное давление, имеющееся в ней вследствие откачки воздуха через особый краник. Камера подвешена на горизонтальных осях e в вертикальном кольце g , могущем вращаться на проволочном подвесе d , состоящем из пучка тонких проволочек, вокруг вертикальной оси внутри т. н. следящего кольца



Фиг. 6.

е. Т. о. вращение вертикального кольца осуществляется со значительной легкостью, пока угол закручивания подвеса незначителен. Задачей следящего кольца e и является постоянное следование за поворотами гироскопич. камеры с целью поддержания подвеса в раскрытом состоянии. Для этого вертикальное кольцо несет два роликовых контакта $ю$, при-

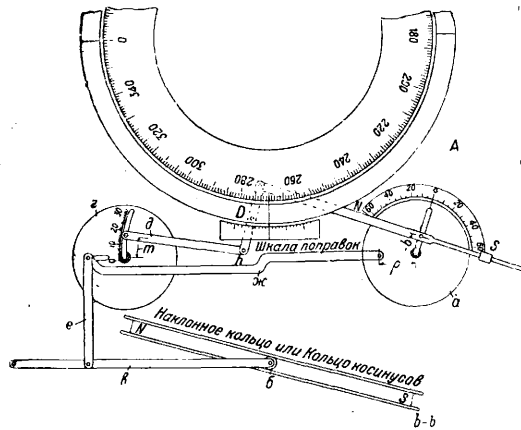
ходящихся против двух пар изолированных контактных пластинок z_1, z_2 и z_3, z_4 (фиг. 7). Поворот вертикального кольца на $1/8-1/3^\circ$ от среднего положения (в зависимости от установки контактных пластинок) соединяет накрест лежащие пластинки (напр. z_1 и z_3), вследствие чего ток от батареи B проходит через обмотку B электромагнита реле, притягивающего якорь и замыкающего ток в одной из обмоток возбуждения небольшого т. н. а з и м у т-м о т о р а $и$ (фиг. 4), якорь которого несет шестеренку, зацепляющуюся через ряд передач с зубчатым венцом $ж$, скрепленным со следящим кольцом. Т. о. следящее кольцо поворачивается в том же направлении, что и вертикальное кольцо, пока ролики $ж$ не отойдут от контактных пластинок или не замкнут противоположной пары. Это постоянное переключение азимут-мотора вызывает непрерывное дрожание карт у ш к и л компаса, сидящей на следящем кольце с амплитудой в $1/4-2/3^\circ$. Само следящее кольцо подвешено на шариковых подшипниках внутри втулки $м$, соединенной крестовиной $и$ с внутренним кольцом карданова подвеса. Наружное кольцо последнего $о$ опирается двумя цапфами на т. н. п р у ж и н н о е к о л ь ц о $п$, подвешенное на коротких винтовых пружинках внутри рамы $р$, прикрепляемой к нактоузу или непосредственно к корпусу судна. К следящему кольцу подвешен



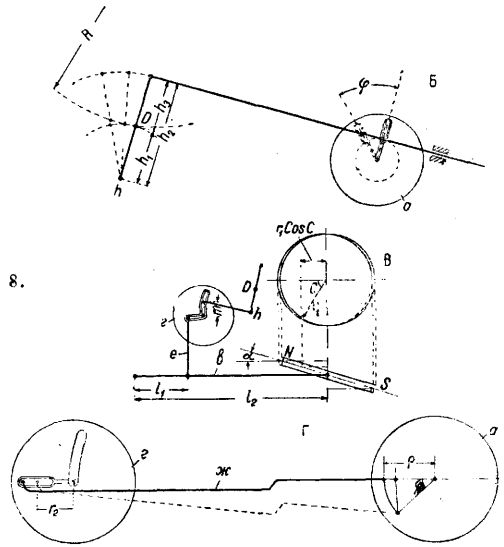
вследствие наличия одной определенной плоскости симметрии распределения масс, к внутреннему кольцу прикреплены два компенсационных груза $и$. В качестве противовеса малому гироскопу на северной стороне камеры прикреплен трансформатор для питания малого гироскопа. Выше было выведено, что общая девиация гироскопаса Сперри выражается ф-лой (7), к-рую можно написать в форме

$$\delta = \frac{v \cos C}{K \cos \varphi} - \varepsilon \operatorname{tg} \varphi.$$

Как видно из ф-лы, величина девиации зависит от трех переменных— скорости судна v , широты места φ и курса судна C . Исправленные девиации производятся путем перемещения нулевой черты курсового кольца $а$ при помощи особого коррективного приспособления на эти параметры производится ручную на двух циферблатах: скоростей $и$ и широт $ж$, укрепленных на внутренней крышке компаса. Поправка на курс вводится автоматически при помощи скрепленного со следящим кольцом наклонного кольца $к$ о с и н у с о в з. Схема коррективного приспособления изображена на фиг. 8. Предположим сначала, что судно идет с постоянной скоростью под экватором по курсу W , тогда $v = \text{Const}$, $C = 270^\circ$ и $\varphi = 0$; вся система имеет при этом вид, изображенный на фиг. 8, А. Поправка при этом равна 0 и курсовые черты совпадают с



Фиг. 8.



серповидный маятник $с$, связанный с камерой $а$ гироскопа посредством двойного ролика $т$, входящего в два паза y_1 и y_2 , прикрепленных: один к камере, другой к маятнику. Как было указано в теории, точка присоединения маятника к камере гироскопа $д$. б. всегда отклонена от вертикали на постоянный угол ε . Достигается это тем, что соединительный ролик подвешен на маятнике β , к-рый для большей устойчивости на качке снабжен вспомогательным малым гироскопом $х$. С целью приблизить распределение массы в чувствительном элементе компаса (т. е. камере вместе с внутренним кольцом) к шару, что важно для устранения возможности девиации при качке

диаметральной плоскостью судна и его траверсом. Если при тех же v и C будет меняться широта, то в поправке будет изменяться член $-\varepsilon \operatorname{tg} \varphi$ (положительными считаются северные широты и западные девиации). Установив циферблат широт $а$ на какую-нибудь северную широту φ (фиг. 8, Б), мы тем самым переместим (точка h остается неподвижной) курсовое кольцо D на восток на угол $\delta \cong \frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{b}{R} \operatorname{tg} \varphi$. Если при неизменной широте φ мы изменяем курс судна, то вместе со следящим кольцом вращается кольцо синусов, перемещающее вверх или вниз на величину $r \sin \alpha \cos C$ ролик $б$, сидящий на конце рычага $в$ (фиг. 8, В); последний повернет

диск скоростей ε на угол, равный

$$\frac{l_1 r_1 \sin \alpha \cos C}{l_2 r_2}$$

Поворот диска скоростей вызовет перемещение курсового кольца на угол, равный

$$\frac{l_1 r_1 m h_3 \sin \alpha \cos C}{l_2 r_2 h_2 R}$$

Радиус m изменяется прямо пропорционально скорости путем перемещения конца рычага δ в прорезе диска, т. е. $m = kv$. С другой стороны точка прикрепления рычага e к диску ε связана тягой $\varepsilon\delta$ (фиг. 8, Г) с диском широт, и т. о. величина радиуса r_2 изменяется в зависимости от положения диска широт, причем $r_2 = \rho \cos \varphi$. Окончательно имеем угол смещения курсового кольца равным

$$\delta = \frac{l_1 r_1 k v h_3 \sin \alpha \cos C}{l_2 h_2 R \rho \cos \varphi} - \frac{h_1 b}{h_2 R} \operatorname{tg} \varphi = \frac{v \cos C}{K \cos \varphi} - \varepsilon \operatorname{tg} \varphi,$$

где $K = \frac{l_2 h_2 R \rho}{l_1 r_1 h_3 \sin \alpha} = R_1 \Omega$ и $\frac{h_1 b}{h_2 R} = \varepsilon$; и подставляя

$K = 464,92 \text{ м/сек}$, получаем необходимую поправку компаса. Предположим, что $h_1 = h_3 = \frac{h_2}{2}$, $R = 150 \text{ мм}$, $k = 4 \frac{\text{мм/сек}}{\text{м}}$ (т. е. приблизительно

на 2 мм на 1 узел), $\varepsilon = 0,03$, $\frac{l_1}{l_2} = 0,2$, $r_1 = 150 \text{ мм}$,

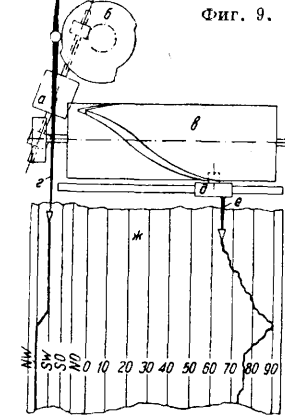
$\rho = 40 \text{ мм}$, тогда $b = \frac{h_2}{h_1} R \varepsilon = 24 \text{ мм}$, $\sin \alpha =$

$= \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{h_2}{h_3} \cdot \frac{R}{r_1} \cdot \frac{\varepsilon}{464,92 k} = 0,21558$, что соответствует

$\alpha \approx 12^\circ 30'$. Т. о. корректирующее приспособление, сдвигая нулевую черту курсового кольца на величину девиации компаса при данных условиях, дает отсчет истинного курса судна.

Описанный гирокомпас представляет собой главный компас, компас-матку, к-рый устанавливается в хорошо защищенном месте судна и не служит непосредственно целям управления судна. Для этой цели имеется ряд компасов-указателей, связанных электрически с главным компасом и повторяющих своими картушками положение картушки компаса-матки относительно курсового кольца. Для этого на последнем укреплен передатчик, представляющий собой трехполюсный прерыватель, соединенный зубчатой передачей с ободом зубчатого диска следящего кольца т. о., что при повороте последнего относительно курсового кольца на 1° (или на 1 зубец, т. к. диск имеет 360 зубцов) валик прерывателя совершит один оборот и дважды замкнет каждый из трех контактов, соединенных соответственно с тремя парами магнитов небольшого электромоторчика, помещающегося в компасе-указателе и зацепляющегося зубчатым колесом, насаженным на его якорь с зубчатым венцом, нарезанным по окружности картушки компаса-указателя. Т. о. вращение следящего кольца относительно курсового кольца, т. е. всякое изменение истинного курса судна, передается немедленно всем компасам-указателям, к-рые устанавливаются в потребном числе на судне. При этом положение компасов-указателей не д. б. обязательно горизонтальным, как у обычных компасов, а их можно устанавливать под любым углом к горизонту, смотря по цели данного компаса. То обстоятельство, что гирокомпас дает электросигналы, синхронные с изменением курса корабля, позволяет приводить от него в действие ряд дальнейших Э. п., облегчающих задачу управления судном; к числу этих электронавигационных приборов относятся курсограф, одограф, гирорулевой.

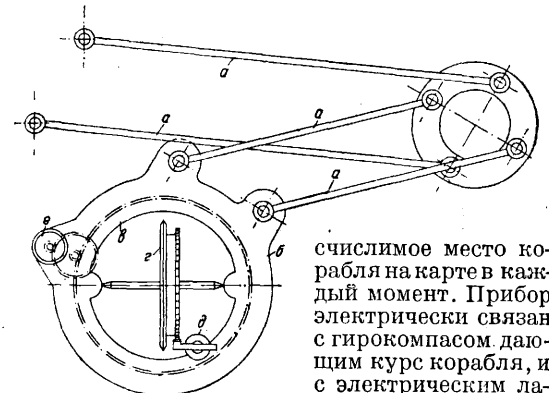
Курсограф Сперри—прибор для автоматич. записи курса корабля в ф-ии времени. Существенной частью этого прибора является моторчик a (фиг. 9), электрически связанный с гирокомпасом и приводящий в движение диск b и барабан ε ; первый обточен по окружности по четвертям различными радиусами и совершает один оборот за один оборот картушки компаса, а второй имеет двойную винтовую канавку и совершает два оборота за один оборот картушки. На окружность диска b опирается ролик одного пера z , отмечающего ту четверть компасной розы, в которой лежит отмечаемый курс. В прорез барабана ε входит палец каретки d , несущей второе перо e , отмечающее курс, указываемый компасом. Бумажная лента $\varepsilon\delta$, перемещаемая часовым механизмом, имеет соответствующую разбивку; на ленте также отмечено время в часах и десятках минут. Прибор допускает непрерывную работу в течение 30 суток. Прибор дает документальную запись курсов корабля за истекшее время, позволяя проверять работу рулевых, оказывает помощь при балансировке и выверке гирокомпаса и гирорулевого; изготовляется для работы со всеми марками гирокомпасов Сперри.



Фиг. 9.

Одограф Сперри-Виллье (Villiers), прибор для автоматич. прокладки на карте движения корабля, дающий автоматически

числимое место корабля на карте в каждый момент. Прибор электрически связан с гирокомпасом дающим курс корабля, и с электрическим лагом, сигнализирующим пройденные ко-

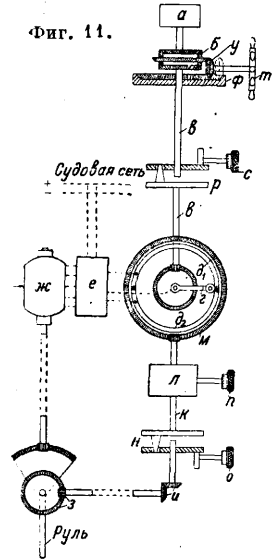


Фиг. 10.

раблем расстояния. Одограф состоит из железной доски, на которой укрепляется карта и к-рой прикреплена на двойном шарнирном параллелограмме aa (фиг. 10) рамка (платформа) b прибора, свободно перемещающаяся т. о. в любом направлении, но остающаяся всегда параллельной самой себе; на окружности выреза рамки нанесен азимутальный круг. Внутри рамки расположена вращающаяся вокруг вертикальной оси тележка v , несущая вертикально расположенное ведущее колесо z с острым краем, лежащее на карте. Это колесо поворачивается сердечником соленоида d , втягиваю-

щимся внутрь последнего при замыкании контактов лага; т. о. рамка одографа получает поступательное движение в направлении плоскости колеса *г*, совпадающей с плоскостью курсовой черты тележки. Направление курсовой черты определяется моторчиком *е*, электрически связанным с гирокомпасом и ставящим всегда тележку в направлении имеющегося курса относительно рамки, а следовательно и относительно карты. При пуске одографа курсовая черта устанавливается на истинный курс корабля в данный момент, и одограф в дальнейшем передвигается по карте по линии, изображающей в принятом масштабе путь судна. Для согласования движения одографа с масштабом карты ход сердечника соленоида может ограничиваться навинчивающейся на него гайкой со шкалой масштабов. На шкале

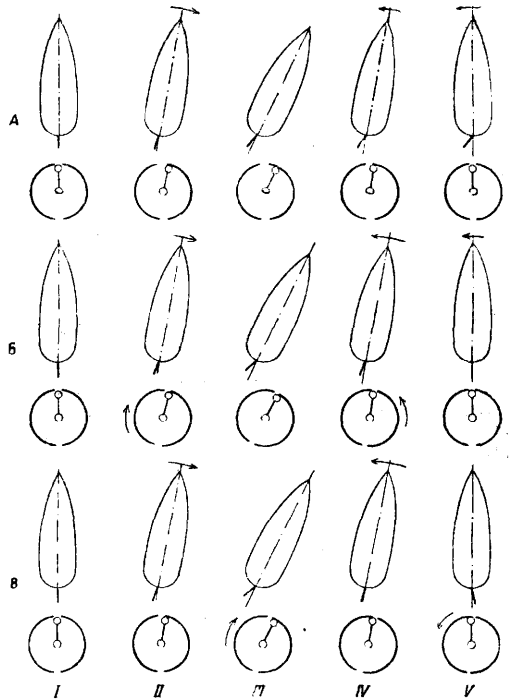
нанесены длины меркаторской мили карты с точностью до 0,001 дм. Пределы установки одографа на масштаб достаточно широки, и он может работать как на планах, так и на генеральных океанских картах. В нижней части одографа имеются два электромагнита, постоянно притягивающие одограф к железной доске, чтобы одограф от толчков и качки не сдвинулся с места. К одографу прикреплен палец с карандашом, острие которого устанавливается на место корабля на карте и к-рый в дальнейшем и производит прокладку. Одограф достаточно точно прокладывает движение корабля;



особенно ценен он при маневрировании и эволюциях; при обычном плавании он ценен гл. обр. как контроль прокладки штурмана, т. к. одограф не учитывает сноса корабля от ветра и течений и работает точно только при вполне исправных гирокомпасе и лаге.

Г и р о у л е в о й—прибор для автоматич. удерживания корабля на назначенном курсе, м. б. установлен на судах, имеющих гирокомпас. Приборы изготавливаются фирмами Сперри и Аншютц нескольких типов для применения с различными рулевыми устройствами. Гирорулевой Сперри имеет следующее устройство. Моторчик *а* (фиг. 11), электрически связанный с гирокомпасом, через дифференциал *б* и вал *в* передвигает контактный ролик *з* по двум контактным полукольцам *д*₁ и *д*₂ с изолированным промежутком между ними, соединенным с реле *е* реверсивного электродвигателя рулевой машины *жс*. Пока корабль лежит на курсе, ролик находится на изоляторе. Как только корабль отклонится от назначенного курса, ролик накатывается на одно из полуколец, отчего реверсивный электродвигатель начнет переключать руль т. о., чтобы вернуть корабль на курс. Для ограничения угла кладки руля контактные полукольца сделаны следящими за контактным роликом при помощи механич. передачи через зубчатые колеса *з*, *и*, вал *к* и сменную передачу *л* от баллера руля

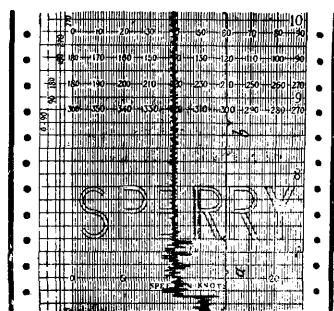
или штурвала на зубчатый венец *м*, связанный с кольцами *д*₁ и *д*₂. Переключка руля прекращается, как только изолятор между полукольцами догонит ролик. Для достижения необходимой величины начальной кладки руля система полуколец следует за роликом с некоторым запозданием, в течение к-рого руль будет переложен на больший или меньший угол. Запоздание достигается введением муфты мертвого хода *н* в передачу движения полуколец; величина мертвого хода регулируется штурвальчиком *о*. Необходимость устройства следящих (а не неподвижных) полуколец *д*₁ и *д*₂ и муфты мертвого хода ясна из следующего. При неподвижных полукольцах (фиг. 12, А) ролик был бы все время в контакте с одним из полуколец, пока корабль был бы отклонен от курса в данную сторону. Следствием этого было бы то, что к моменту прихода корабля на требуемый курс руль оказался отклоненным на максимальный угол, и скорость вращения корабля вокруг вертикальной оси (скорость рыскания) была максимальной, так что корабль, продолжая дальше свое рыскание, увалится на противоположный курс и т. д., таким образом движение его представляло бы собой зигзагообразную линию. При следящих кольцах (фиг. 12, Б), наоборот, переключка руля останавливается, как только корабль остано-



Фиг. 12.

вился в своем рыскании (положение III) и при возвращении корабля на курс (V). Однако и в этом случае инерция корабля при возвращении на правильный курс заставляет его перейти последний. Наиболее желательными являются переключка руля в прямое положение несколько ранее прихода корабля на курс и одерживание его в момент прихода переключкой руля немного на другую сторону. Для этого вводится в проводку валов, вращающую полукольца, муфта мертвого хода, вызывающая некое запаздывание перемещения колец срав-

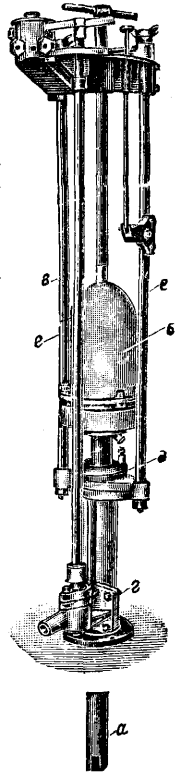
нительно с движениями руля. При этом при выходе корабля из курса (фиг. 12, В, I, II) немедленно начинает свою работу рулевая машина, переключившая руль, кольца же пока остаются в покое; следствием этого является более быстрая переключка руля, вызывающая скорую остановку рыскания (положение III). Как только корабль начинает возвращаться на курс, ролик накатывается на другое полукольцо и рулевая машина начинает переключивать руль в обратную сторону, полукольца стоят на месте, пока не будет выбрана вся игра в муфте мертвого хода (положение IV). Т. о. к моменту прихода судна на курс руль окажется слегка переложеным на противоположный борт, а полукольца—совершающими движение в сторону привода (положение V), так что в следующую мгновение рулевая машина начнет переключивать руль в обратную сторону и т. о. поставит его прямо. Величина мертвого хода зависит от мореходных качеств судна в данных условиях. Помимо величины мертвого хода на скорость движения следования полукольца влияет величина передачи от сектора руля на полукольца, зависящая от положения штурвального n (фиг. 11), управляющего коробкой передач $л$. Т. о. совместным действием штурвальных n и $о$ можно отрегулировать передачу т. о., что гирорулевой будет держать курс постоянным с небольшими отклонениями в ту или иную сторону на $1-1,5^\circ$. Сравнение диаграмм курсографа при ручном управлении (фиг. 13) a и при работе гирорулевого b показывает преимущества последнего; постоянство курса выгодно в том отношении, что, увеличивая скорость корабля при той же мощности двигателя, сокращает время перехода и уменьшает расход топлива; кроме того он значительно облегчает напряженную и тяжелую работу штурвальных и штурманов. Для управления судном на большом волнении бывает желательно, чтобы гирорулевой не реагировал на отклонения судна от курса, обусловленные волной, т. к. эти рыскания взаимно компенсируются и их направление вызвало бы лишь ненужную работу рулей. Это достигается введением второй муфты мертвого хода p (фиг. 11), регулируемой штурвальчиком $с$, в линию вала $в$. Изменение курса производится штурвалом $т$, вращающим клетку сателлитов дифференциала $б$. Перемещением двойного конического колеса y в положение, указанное пунктиром, дифференциал освобождается, и штурвал сцепляется с зубчатым колесом $ф$, насаженным на вал $в$, что дает возможность управлять рулевой машиной вручную. Гирорулевой получил значительное распространение на коммерческих судах и является в настоящее время необходимым звеном гирокомпасной установки.



Фиг. 13.

Электромеханические лаги, приборы для измерения скорости корабля и пройденных им расстояний, применяются на современных судах взамен ручного лага и ла-

га Уокера (см. Лаг), в отличие от к-рых электромеханич. лаги могут применяться при любых скоростях, не стесняют движения корабля и м. б. установлены на подводных лодках. Наиболее распространенными электромеханич. лагами являются лаги Форбса, Сал и Черникева. Лаг Форбса (Forbes, фирма Elliott, Лондон) состоит из трубки a (фиг. 14), опускаемой вертикально в воду под днище корабля. В нижней части трубки находится отверстие, обращенное в нос корабля, верху погруженной части трубки—отверстие в корму. Внутри трубки расположен винт, сидящий на вертикальной оси, которая соединена с передатчиком, находящимся в верхней части трубки $б$ лага внутри корабля. При движении корабля вода, протекающая в трубе, приводит в движение винт, который вращает якорь магнитомшины передатчика. Напряжение, развиваемое на щетках машины, зависит от скорости вращения винта, т. е. от скорости корабля, поэтому вольтметры (до 10 шт.), присоединенные к машине, м. б. градуированы на узлы и явятся указателями скорости корабля. Кроме якоря машины винт вращает замыкатель, периодически замыкающий на короткое время ток в цепи электромагнитов счетчиков пройденного расстояния. Число замыканий электромагнитов зависит от количества оборотов, сделанных винтом, т. е. от пройденного кораблем расстояния. Для опускания и поднятия труб и передатчика в междудонном пространстве корабля устанавливается станок $в$



Фиг. 14.

лага с запорным клапаном $г$, сальником $д$ и направляющими штоками $е$, по которым ходит передатчик лага. В днище корабля проделывается отверстие. В поднятом положении лаг удерживается стопором, и запорный клапан м. б. закрыт. В опущенном положении лаг выступает на $38,2$ см (15 дм.) под днище. При закрытом клапане лага трубка и передатчик м. б. вынуты из станка. Для уничтожения поправки счетчиков расстояний в передатчике имеются сменные шестеренки, а для регулировки указателей скорости в цепи вольтметров имеется реостат. Лаг Форбса имеет следующие недостатки: увеличивает осадку корабля на $38,2$ см (15 дм.) и не сохраняет постоянной поправки, последняя изменяется с изменением скорости корабля; на малых ходах лаг мало чувствителен, а при скоростях 2—3 узла не работает вовсе. Шведский лаг Сал (Svenska Actiebolaget Log) основан на разности статич. и динамич. давлений воды (см. Лаг) при движении корабля.

Лаг Черникева (The Submerged Electric Log Co., Лондон) состоит из стержня-суппорта a (фиг. 15), выставляемого на $38,2$ см (15 дм.) в воду за днище или борт корабля. Для установки лага на корабле в междудонном пространстве находится станок $б$ с запорным клапаном $в$ и сальником $д$. В нижней части суппорта находится четырехлопастный винт, обращен-

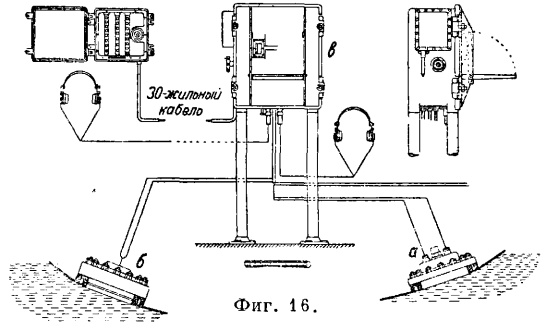
ный к носу корабля. Ось винта укреплена в водонепроницаемой камере, внутри которой находятся контакты, замыкаемые при вращении винта. Для полной изоляции контактов от воды камера заполняется маслом. Вращение винта происходит с ничтожным трением, почему лаг чрезвычайно чувствителен. Замыкания контактов лага заставляют работать счетчики пройденного расстояния подобно лагу Форбса. Для указания скорости корабля применен хронометрич. тахометр, учитывающий пройденное им в определенный (18 сек.) промежуток времени расстояние и отсюда выводящий скорость. Основной указатель заключает в себе часовой механизм и дает скорость корабля 3 раза в мин. с точностью $\frac{1}{2}$ узла. Электрич. указатели скорости повторяют показания основного указателя. Лаг Черникова работает с постоянной поправкой при скоростях 1÷40

узлов; недостатком его является сложность указателя скорости. Лаг Черникова для торговых судов не имеет указателей скорости, а только счетчики пройденного расстояния.

Э х о л о т — прибор для звукового измерения глубин. Зная скорость звука в воде (см. Звук, Подводная акустика) и определив промежуток времени между моментами отдачи подводного звукового сигнала и приема эхо этого сигнала, отраженного от грунта, легко найти длину пути звука в воде и определить т. о. глубину. Скорость звука принимается в различных эхо-лотах 1440÷1490 м/сек. Эхо-лоты позволяют измерять глубины, не уменьшая хода и не стопоря машины, при любой погоде; измерение глубины требует малого промежутка времени. Этим эхо-лоты выгодно отличаются от ручных и механич. лотов. Некоторые эхо-лоты производят измерения глубин автоматически или полуавтоматически, имеют регистрирующие приборы и позволяют измерять любые глубины до наибольших океанских; другие требуют для измерения глубины выслушивания сигнала и измеряют лишь прибрежные глубины до 200—500 м. Среди многочисленных эхо-лотов более распространенными являются: эхо-лот bathometer, эхо-лот Depth Finder (США), ультразвуковой эхо-лот Langevin-Floisson, эхо-лот Marti (Франция), Behmlot, Atlaslot, Signallot (Германия) и эхо-лот Британского адмиралтейства для океанских и для малых глубин. Последний пользуется наибольшим распространением. Эхо-лоты имеют электродинамич. и электромагнитные звуковые вибраторы; в эхо-лотах сист. Langevin имеется пьезоэлектрич. кварцевый конденсатор—излучатель; применяются также пружинные и пневматич. ударные передатчики, взрывы патронов, удары пули о воду и т. д. Автоматические эхо-лоты имеют усилительные устройства и ряд реле для указания глубин. Однако во всех эхо-лотах измерение глубин сводится к измерению угла поворота диска, вращающегося с постоянной скоростью. Для поддержания постоянства скорости наряду с центробежными

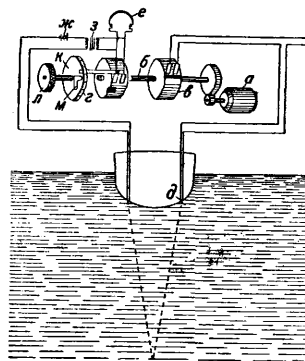
электрич. регуляторами применяются фониш. моторы, в к-рых скорость поддерживается постоянной посредством камертона.

Э х о л о т Британского адмиралтейства для малых глубин (до 235 м), принятый на судах СССР, состоит из следующих частей (фиг. 16): трансмиттера—отправителя сигналов,—гидрофона—приемника их—и приемно-отправительной станции. Трансм и т т е р а представляет собой круглую коробку, в нижней части которой имеется плоская стальная мембрана. Внутри трансмиттера находится ударник, посылаемый пружиной на мембрану; в поднятом положении ударник удерживается электромагнитом. При размыкании тока в цепи последнего ударник падает на мембрану, и трансмиттер посылает сигнал. Г и д р о ф о н б представляет собой коробку, подобную трансмиттеру, мембрана гидрофона механически соединена с обычным аперидич. угольным микрофоном. Микрофон, заключенный в гидрофоне, изолирован рядом резиновых прокладок. Трансм и т т е р и гидрофон устанавливаются в



Фиг. 16.

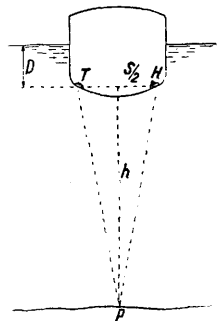
междудонном пространстве корабля, и их мембраны либо непосредственно соприкасаются с забортной водой либо, при установке приборов в заполненных водой ящиках (танках), звук передается в воду через обшивку корабля. Трансм и т т е р и гидрофон устанавливаются с различных бортов корабля так, чтобы корпус корабля являлся экраном для непосредственного прихода звука от трансмиттера к гидрофону. Приемно-отправительная станция в, схематически изображенная на фиг. 17, заклю-



Фиг. 17.

чает в себе небольшой электродвигатель а, работающий с постоянной скоростью, для чего имеется особый центробежный регулятор. Этот двигатель вращает вал б со скоростью 3 об/сек. На валу укреплены два металлических диска-выключателя в и г, на поверхности которых имеются узкие полоски из изолирующего материала. К выключателю в трансмиттера прилегают 2 щетки, через к-рые подается ток в обмотки электромагнитов трансмиттера д; при подходе полоски изолятора под щетки трансмиттер посылает сигнал. К выключателю г телефона прилегают щетки, замыкающие нормально телефон е накоротко.

Последний через трансформатор з соединен с линией гидрофона, питаемой батареей *жс*. Очевидно звук в телефоне может быть услышан лишь 3 раза в сек., когда под одну из щеток подходит изолятор. Телефонные щетки соединены с шкалой глубин *к* и вместе с шкалой могут поворачиваться с помощью рукоятки *л*. Шкала имеет неподвижный индекс *м*. Пусть в некоторый момент под щетками трансмиттера и телефона одновременно находятся полочки изолятора выключателей, шкала глубин при этом стоит на нуле. В этот момент трансмиттер подает сигнал, звук идет к грунту, отражается от него и достигает гидрофона. За время движения звука в воде вал с выключателями успеет повернуться на нек-рый угол, являющийся функцией только глубины, т. к. скорость вращения вала постоянна. Измерив угол поворота изолятора вала, легко определить путь звука в воде и глубину. Если щетки к моменту прихода эхо сигнала находятся в нулевом положении, звук в телефоне услышан не будет, т. к. они замкнуты накоротко. Для измерения угла сдвига изолятора, а следовательно и глубины, наблюдатель должен слушать в телефон и медленно поворачивать рукояткой телефонные щетки в сторону вращения выключателя. В тот момент, когда одновременно с приходом звука к гидрофону под щеткой будет оказываться изолятор, сигнал в телефоне будет слышен, а щетки будут сдвинуты от нулевого положения на угол, измеряющий глубину, к-рую и укажет отсчет шкалы у индекса. Для измерения глубины достаточно пустить эхо-лот в ход, одеть головной телефон и медленно поворачивать рукоятку до тех пор, пока не будут слышны удары трансмиттера. Вся операция требует нескольких секунд. Глубины, измеренные эхо-лотом, д. б. исправлены (фиг. 18): 1) на углубление трансмиттера и гидрофона *D*, т. к. глубину надо получить до ватерлинии корабля, а не до линии приборов, как дает эхо-лот; эта поправка исключается сдвигом индекса; 2) на запаздывание удара трансмиттера от момента размыкания его цепи. Запаздывание регулируется до постоянной величины, и поправка исключается сдвигом вперед выключателя трансмиттера, благодаря чему размыкание происходит ранее нулевого момента на величину запаздывания; 3) на расстояние между трансмиттером и гидрофоном, т. к. эхо-лот измеряет сторону тр-ка трансмиттер—грунт—гидрофон (*ТРН*), а не высоту его. Эта поправка



Фиг. 18.

операция требует нескольких секунд. Глубины, измеренные эхо-лотом, д. б. исправлены (фиг. 18): 1) на углубление трансмиттера и гидрофона *D*, т. к. глубину надо получить до ватерлинии корабля, а не до линии приборов, как дает эхо-лот; эта поправка исключается сдвигом индекса; 2) на запаздывание удара трансмиттера от момента размыкания его цепи. Запаздывание регулируется до постоянной величины, и поправка исключается сдвигом вперед выключателя трансмиттера, благодаря чему размыкание происходит ранее нулевого момента на величину запаздывания; 3) на расстояние между трансмиттером и гидрофоном, т. к. эхо-лот измеряет сторону тр-ка трансмиттер—грунт—гидрофон (*ТРН*), а не высоту его. Эта поправка

$$\Delta h = \sqrt{h^2 + \left(\frac{S}{2}\right)^2} - h$$

(где *h*—глубина, *S*—расстояние между трансмиттером и гидрофоном) зависит от глубины. Поправка исключается при помощи дифференциального сцепления телефонных щеток с шкалой глубин, к-рое сдвигает вперед щетки на величину поправки относительно шкалы, отсчет к-рой дает всегда действительную глубину до ватерлинии. В эхо-лоте Брит. адмиралтейства скорость звука принята 1 440 м/сек.

Лит.: Крылов А. и Крутков Ю., Общая теория гироскопов и нек-рых технич. их применений, Л.,

1932; Кудревич Б., Элементарная теория и практика гироскопич. компаса, ч. 1, Элементарная теория, 2 изд., Л., 1928, ч. 2, Практика гироскопич. компаса, 2 изд., Л., 1931; Михайлов Д., Иконников Д., Гироскопич. компас, «марка VI» и «марка VII», 2 изд., Л., 1931; Кудревич Б., Новый Аншютт, Л., 1931; Сборка, балансировка и выверка гироскопич. компаса, «марка V», Л., 1927; е го же, Гироскопич. и управление огнем, Л., 1928; Страхов Б., Гироскопич. компас Sperry, Л., 1916; Минорский Н., Гироскопич. компас, Л., 1916; Палецкий П., Одограф Вилье, Л., 1928; Аранов Н., Автоматич. рулевой фирмы Сперри, «марка III», Л., 1930; Палецкий П., Лаг Форбса, описание и инструкция по установке и уходу, Л., 1925; Иконников Д., Лаг Черникова, Л., 1930; Ухов И. Эхо-лот образца британского адмиралтейства для малых глубин, Л., 1929; е го же, О применении гироскопич. компаса на коммерческом флоте и миноносцах, «Морской сборник», Л., 1923, 1, 2; е го же, Что такое гироскопич. компас, «Красный флот», Л., 1922, 9; е го же, Гироскопич. компас в торговом флоте, «Торговый флот», Л., 1923, 3; е го же, Новый гироскопич. компас, «Записки по гидрографии», Ленинград, 1923, т. 47; е го же, О гироскопич. Брунона в связи с конструкциями приборов Аншютта и Сперри, там же, Ленинград, 1923, т. 46; е го же, Подводная звуковая сигнализация и ее современное применение, «Военно-морская научная мысль», Ленинград, 1926, 1; е го же, Новейшие электронавигационные приборы, там же, Ленинград, 1926, 1; Швед Е., Звуковые лоты, «Записки по гидрографии», Ленинград, 1924, т. 48; Палецкий П., Ультразвуковой лот, там же, Ленинград, 1926, т. 51. Д. Михайлов и Л. Павлушьяк.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА, электронная трубка, катодная лампа, вентиль,—устройство, состоящее из нескольких электродов, заключенных в сосуд, в к-ром газ разрежен до малого давления. Электроды в Э. л. размещаются в определенном порядке, в зависимости от назначения лампы, изолированы или присоединены друг к другу. Они имеют выходы во внешнее пространство для присоединения их к схеме. В Э. л. имеются следующие типы электродов: 1) катод, излучающий электроны, обычно накалываемый извне до определенной *t*⁰ в зависимости от его устройства; 2) анод, находящийся обычно под потенциалом, более высоким или низким, чем катод; 3) весьма часто встречается еще сетка. В современных Э. л. их бывает 1—6, одна (или две) из них, к к-рой подводится напряжение для последующего усиления, называется контрольной, или управляющей. По количеству электродов современные Э. л. разделяются на: 1) диоды—с двумя электродами: катодом и анодом, 2) триоды—с 3 электродами: катодом, сеткой и анодом, 3) тетроды, 4) пентоды, 5) гексоды, 6) гептоды и 7) октоды. В последних четырех категориях Э. л. кроме катода и анода остальные электроды—сетки различного устройства. Кроме этих типов Э. л. существуют так называемые многократные Э. л., в к-рых в одном баллоне заключены две или более электрически самостоятельные Э. л., работающие обычно от двух или более катодов.

Первоначальным видом Э. л. был диод, предложенный впервые для целей детектирования в радиоприеме Флемингом в 1904 г. Значительным усовершенствованием диода, расширяющим рамки использования Э. л., было введение в него (Лиде-Форест, 1905) между катодом и диодом сетки, т. е. возникновение триода. В этом виде Э. л., развиваясь и усовершенствуясь, просуществовала до 1927 г. С 1927 г. наступила третья стадия в развитии Э. л.—создание многоэлектродных и многократных Э. л., причем диод и триод как самостоятельные Э. л. значение свое постепенно теряют все больше и больше, оставаясь составной частью почти каждой современной многоэлектродной и многократной Э. л. Триоды как самостоятельные Э. л. остались гл. обр. в качестве передаю-

щих генераторных ламп. Физич. основания устройства диодов и триодов см. *Лампа электронная, Катод электронной лампы, Сетка, Анод электронной лампы.*

Э. л. в зависимости от тех функций, которые они предназначены выполнять, делятся на: приемные, передающие, выпрямительные (кентроны), измерительные. Приемные Э. л. подразделяются на следующие основные виды в зависимости от их функций: 1) электронная лампа для усиления высокой частоты, 2) для усиления низкой частоты, 3) детекторные, 4) для усиления мощности на низкой частоте—оконечные Э. л. Наконец в общую группу м. б. отнесены специальные Э. л. для приема ультракоротких волн. Качество Э. л., выпускаемых отдельными фирмами, хотя бы и предназначенных для одних и тех же функций, различно. Критерием для оценки качества Э. л., претендующим на универсальность и одинаковое применение для ламп, выполняющих различные функции, является так называемый ф а к т о р д о б р о т н о с т и Э. л. G (немецкое Güte-Röhre), представляющий собой произведение двух параметров лампы: крутизны характеристики S и коэффициента усиления μ (см. *Лампа электронная*), т. е.

$$G = S\mu = \frac{\mu^2}{R_i} = S^2 R_i.$$

Величина G каждой Э. л. зависит: 1) от устройства электродов, их геометрия, размеров и числа и 2) от физико-химич. свойств катода, а также его геометрия, размеров и энергии, затрачиваемой на его нагрев. Т. к. G как правило получается тем больше, чем больше энергии затрачивается в анодной цепи Э. л. от источника тока и чем более мощный катод в ней использован, то более точная и дающая более законченное представление о качестве оценка Э. л. дается т. н. ф а к т о р о м у д е л ь н о й д о б р о т н о с т и лампы G_0 . G_0 —добротность лампы G , получающаяся на каждый W энергии, затрачиваемой в цепях данной Э. л. для обеспечения этого G , т. е.

$$G_0 = \frac{S\mu}{W_f + W_a},$$

где W_f —энергия, расходуемая на нагрев катода, а W_a —в анодной цепи. Достигнутая в современных Э. л. величина G_0 зависит от назначения лампы. Наибольшая величина G_0 получена в Э. л., предназначенных для усиления высоких частот,—до 8 000; в детекторных и усилительных (низкой частоты) Э. л. достигнуто G_0 порядка 200. В мощных лампах G_0 зависит от мощности и вида Э. л. В триодах малой мощности G_0 достигает величины 40, в мощных—10, в пентодах—30. Помимо фактора G_0 достоинство Э. л. определяется также и другими факторами, различными в зависимости от назначения лампы. В Э. л. усиления высокой частоты таким фактором является емкость между контрольной сеткой и анодом, определяющая собою то допустимое максимальное устойчивое усиление $\mu_{max} = \sqrt{\frac{zS}{f \cdot C_{ga}}}$, к-рое можно получить

от лампы. В детекторных лампах решающую роль играет степень изгиба характеристики той цепи, в которой происходит детектирование, в диодах $\frac{\partial S}{\partial E_a}$, в триодах $\frac{\partial S_a}{\partial E_g}$ —при анодном детектировании и $\frac{\partial S_g}{\partial E_g}$ —при сеточном детектировании. В мощных Э. л. кпд лампы—отношение

$\frac{P}{I_a E_a}$, где P —мощность переменного тока на выходе, а E_a и I_a —напряжение и ток в анодной цепи. Чувствительность Э. л. к входящему напряжению сигнала

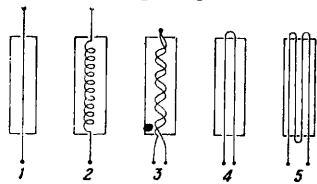
$$P_0 = \frac{P}{E_g^2},$$

где E_g —действующее напряжение сигнала на контрольной сетке. Величина суммарного тока гармоник по отношению к току основной частоты, характеризуемая $\sqrt{\frac{E_2^2 + E_3^2 + E_4^2}{E_1^2}}$, опреде-

ляет частотное искажение: здесь E_1, E_2 и т. д.—амплитуда напряжения основной частоты и гармоник на выходе. В Э. л. усиления низкой частоты, работающих по схеме с сопротивлением, решающую роль играет величина μ .

Все приемные Э. л., независимо от их назначения, делятся на две различные группы, в зависимости от условий работы катода: 1) Э. л. батарейные с катодами в виде нити, т. н. с непосредственным накалом, и 2) Э. л. подогревные с независимыми эквипотенциальными катодами, приводимыми в действие путем подогрева их специальной подогревной нитью, с т. н. косвенным накалом. В свою очередь батарейные Э. л. различаются по напряжению накала. В Англии и Америке изготавливаются серии 2-V батарейных ламп и мощные лампы 4-V. В СССР и Германии батарейные Э. л. изготавливаются на напряжение накала 4 V, но в ближайшее время в СССР предполагается перейти на 2-V серию ламп, вместо 4-V, как наиболее рациональную. Установившимися стандартами питания для подогревных Э. л. являются напряжения: в Америке—1) 2,5 V—серия Э. л. питаемых переменным током, 2) 6,3 V—серия автомобильных и авиационных Э. л. уменьшенного габарита с большой тепловой инерцией катода (безболезненно допускают колебания напряжения 5–8,5 V); в Европе—1) 4 V—для Э. л., питаемых переменным током, и 2) напряжения 20 V в Германии, 20 и 200 V в Англии—для Э. л., питаемых от сети постоянного тока. В СССР подогревные Э. л. изготавливаются только на напряжении подогрева 4 V. Нитяные катоды в современных Э. л. обычно бариевые или бариевоокисидные. В качестве стержня в этих катодах берется вольфрамовая проволока, покрываемая тонким слоем платины, а затем слоем меди (или никеля), к-рую путем нагрева переводят в окись меди. На этот слой осаждают в процессе откочки барий. Удельная эмиссия этих катодов при $t^{\circ} 800^{\circ}$ К достигает 120 и более mA/W энергии, затраченной на нагрев нити. Подогревные катоды устраиваются след. обр. На внешнюю поверхность специального цилиндрич. стерженька, сделанного из фарфора (вигрозил), одевается никелевый цилиндр с поверхностным активным оксидным слоем. Внутри стерженька имеются каналы, в к-рых помещается накаливаемая переменным током вольфрамовая проволока (нагреватель), прогревающая фарфоровый стержень до t° , достаточной для излучения электронов оксидным слоем. Крепление и расположение нагревателя различны в зависимости от характера подогревающего тока. На фиг. 1 показаны виды нагревателей, применяемых в современных подогревных лампах. Нагреватели 1 и 2 применяются в Э. л., подогреваемых постоянным током, 3, 4 и 5—при подогреве переменным током. При подогреве переменным

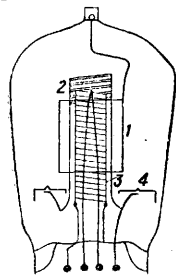
током наилучшие результаты в смысле отсутствия фона переменного тока при приеме дают нагреватели, устройства по способу 5, т. е. в виде «двойной шпильки», принятые в Америке, или нагреватели 3 с бифилярной спиралью, устраиваемые в новейших



Фиг. 1.

герм. Э. л. (Bi-Röhre) и в американских автомобильных Э. л., одинаково применяемых для работы от постоянного и переменного тока.

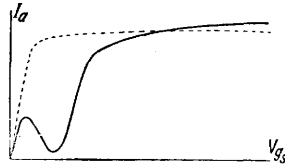
Э. л. для усиления высокой частоты. Для усиления высокой частоты в настоящее время применяют т. н. экранированные Э. л. с пятью электродами, или пентоды высокой частоты. Они являются развитием существовавших до них тетродных экранированных Э. л. В экранированных тетродных лампах кроме обычных для триода электродов: катода, контрольной сетки и анода, между анодом и контрольной сеткой помещалась густая, т. н. экранирующая сетка, назначение которой — экранирование анода от контрольной сетки или, что то же, уменьшение емкости между анодом и контрольной сеткой. С улучшением экранирования ослабляется электростатическое воздействие анода как на контрольную сетку, так и на катод. Ослабление воздействия



Фиг. 2.

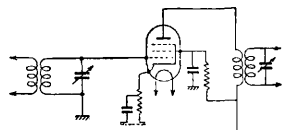
анодного напряжения по сравнению с воздействием потенциала контрольной сетки соответствует увеличению коэф-та усиления, который в экранированных лампах получается очень большим. В современных Э. л. принята конструкция электродов, показанная на фиг. 2 (1—анод, 2—экранирующая сетка, 3—контрольная сетка, 4—тарелка); анод в европейских Э. л. имеет ввод в верхней части баллона, в американских же лампах через верхнюю часть баллона сделан ввод контрольной сетки, и вся конструкция электродов, показанная на фиг. 2, как бы опрокинута. В пентодах высокой частоты в отличие от тетродов введена еще одна сетка между анодом и экранной сеткой. Введение этой сетки позволяет полностью устранить в такой Э. л. вторичное излучение от анода к экранной сетке при режимах, когда анод оказывается под напряжением, сравнимым или меньшим напряжения на экранирующей сетке, на к-рую обычно для увеличения тока в анодной цепи прикладывают в экранированных

Э. л. нек-рое положительное напряжение. Эта дополнительная сетка, называемая противодинамической сеткой, устраняет седло в анодных характеристиках, имеющее место у тетродов на участках с анодным напряжением ниже напряжения экранирующей сетки (фиг. 3, сплошная кривая для тетрода, пунктирная — для пентода). По сравнению с тетродом пентоды дают следующие преимущества. 1) Они обеспечивают лучшие параметры, а следовательно и лучшие G_0 ламп при всех прочих равных условиях. При этом емкость между анодом и контрольной сеткой становится еще более низкой. 2) Возможность более полного использования лампы как в отношении усиления больших напряжений, так и использования колебательных контуров с весьма малым затуханием. 3) Отсутствие критичности в подборе напряжения на экранирующей сетке для получения оптимальных условий усиления при упрощении схемы включения Э. л. (На фиг. 4 показана схема каскада высокой частоты при использовании пентода). 4) Параметры лампы могут изменяться в широких пределах изменением напряжения на противодинамической сетке (от 0 до 30—40 В). В настоящее время радиопрмышленность Америки во всех сериях приемных ламп перешла на пентоды, в Европе, Англии и Германии во всех сериях также перешла на пентоды в самое последнее время. При этом фирмы почти полностью отказываются от выпуска тетродов. В табл. 1 приведены данные лучших современных пентодов высокой частоты.



Фиг. 3.

Э. л. высокой частоты с переменным коэф-том усиления. Пентоды высокой частоты используют в современной радиоаппаратуре не только в качестве усилительных Э. л., но и в качестве детекторов. Такие Э. л. с хорошим детекторным действием при использовании их в схемах усиления при нек-рой перегрузке лампы напряжением от сигнала дают значительные искажения сигнала. Еще большие искажения эти лампы могут давать при автоматич. регулировании степени их усиления путем изменения смешанного напряжения на контрольной сетке. Это заставило искать выход из положения в разработке



Фиг. 4.

выс. напряж.

Табл. 1.—Характеристики современных пентодов высокой частоты.

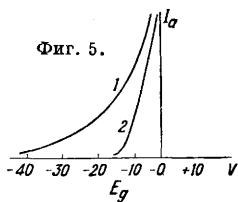
Страна	Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим начала		Параметры		C_{ga}^{*1}	G_0	E_a^{*2}
				E	I	μ	S			
Америка	RCA	234	Непосредств. нагрев	2	0,06	620	0,62	0,02	650	180
»	»	234	То же	—	—	234	0,56	—	450	68
»	»	257	Подогревные	2,5	1	1 500	2,225	0,01	610	250
Германия	Телефунген	REN S1284	»	4	1,1	5 000	3,5	0,002	3 500	200
Англия	Cossor	MS Ren A	»	4	1	6 000	4	0,0015	5 000	200
»	Mazda	AC/S2 Ren	»	4	1	8 200	5,5	0,0015	8 000	250

*1 Емкость анод—сетка (μF).

*2 Напряжение на аноде (V).

специальных Э. л., не имеющих резкого перегиба в нижних участках характеристик I_a, E_g , а следовательно не боящихся перегрузок. В этих Э. л., называемых лампами с переменным μ (в иностранной терминологии лампа *variable- μ*), характеристики анодного тока в зависимости от E_g , плавно уменьшая свою крутизну, продолжают в сторону значительных отрицательных напряжений на контрольной сетке. Даже при напряжениях на сетке 40—50 V S этих характеристик имеют значения порядка

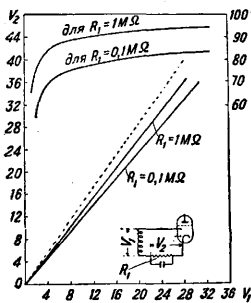
0,01÷0,001 $\frac{mA}{V}$ (фиг. 5, где 1—кривая для пентода с переменным μ , 2—для обыкновенного пентода высокой частоты). В настоящее время все европ. и америк. фирмы выпускают в связи с этими установившимися требованиями 2 типа пентодов высокой частоты: 1) детекторные пентоды, которые м. б. использованы и как усилительные для слабых сигналов, и 2) специально усилительные с переменным μ . Э. л. с переменным μ выпущены в сериях подогревных и батарейных ламп. В конструктивном отношении Э. л. с переменным μ отличаются от обычных ламп устройством контрольной сетки, которая устраивается в них с изменяющимся расстоянием между спиралями провололочной сетки или в виде конуса. Э. л. с переменным μ кроме тех же критериев оценки их качества, которые применимы к обычным лампам, характеризуются также величиной S при большом отрицательном напряжении на контрольной сетке. В табл. 2 приведены характеристики современных пентодов с переменным μ .



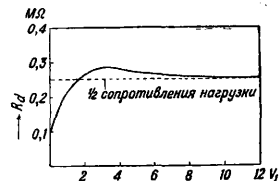
Фиг. 5.

последних выпусков как батарейных, так и подогревных серий.

Наилучшие результаты с этими Э. л. достигнуты в Англии, где в свою очередь рекордные результаты получены фирмой Standard Telephones and Cables в серии Э. л., названных микро-ромеш. В этих Э. л. значительно изменена и усовершенствована конструкция электродов. Для получения большого S контрольная сетка



Фиг. 6.



Фиг. 7.

в лампах микроромеш находится в непосредственной близости от катода (ближе 0,5 мм); при этом для охлаждения сетки, которая, находясь в такой близости от раскаленного катода, может сама накаляться, в последней сделаны большие по сравнению с поверхностью самой сетки охлаждающие крылья. Для того чтобы представить стремительность прогресса этих Э. л. за последние годы, в табл. 4 приведены сведения о наилучших электронных лампах выпусков 1923 и 1930 гг.

Детекторные лампы. Помимо прекрасных триодных и пентодных детекторов (см. выше) в настоящее время разработан целый ряд специальных детекторных Э. л., отвечающих современным требованиям в этом вопросе. Все современные детекторы предста-

Табл. 2.—Характеристики современных пентодов с переменным μ .

Страна	Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим накала		E_a	S	μ	C_{ga}	G_0
				E	I					
Германия . . .	Telefunken	RENS-1294	Подогревные	4	1,1	200	3,5	2 000	0,002	1 300
Америка	RCA	258	»	2,5	1	250	1,6	1 280	0,01	456
»	»	239	»	6,3	0,3	180	1	750	0,007	280
Англия	Micromesh	9A1	»	4	1	250	4,25	2 550	—	2 060

Э. л. для усиления низкой частоты, иногда их называют универсальными и часто используют в качестве детекторов. Эти лампы представляют собой обычные триоды, доведенные целым рядом усовершенствований в течение очень долгого времени почти до предела возможной добротности. В табл. 3 приведены характеристики наилучших из них

включают собой сложные Э. л., имеющие значительное количество электродов (5÷8). Все эти детекторные Э. л. могут быть разбиты на 2 группы: 1) многократные и 2) многоэлектродные детекторные Э. л. В многократных детекторных Э. л. детектирование происходит обычно диодом, а затем выпрямленный сигнал передается к усилительной

Табл. 3.—Характеристики современных Э. л. для усиления низкой частоты.

Страна	Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим накала		S	μ	G_0
				E	I			
Англия	Mullard	PM1A	Непосредств. накал	2	0,1	2	28	112
»	»	PM1HL	То же	2	0,1	1,2	50	170
»	Stand. Teleph. a. Cables	Micromesh HLAI	Подогрев.	4	1	8	80	105
»	Mullard	904 V	»	4	1	6,5	85	103
»	Philips	B 2038	»	20	0,13	3	38	24,7
Германия	Telefunken	REN-914	»	4	1,2	4	100	80

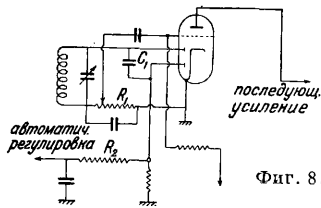
части лампы, представляющей собою триод, тетрод или пентод, где выпрямленный сигнал усиливается, причем усиление происходит в оптимальных условиях, тогда как в обычных детекторных Э. л., триодных или пентодных, обычно находится компромиссный рабочий режим для ламп, удовлетворяющий одновременно и детектированию и усилению. Диод

Табл. 4. — Характеристики универсальных Э. л.

Год выпуска	Страна	Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим накала		S	μ	G ₀
					E	I			
1929	Англия	Cosmos	AC/6	Подогревн.	4	1	2	35	14,8
1930	»	Mullard	354/V	»	4	1	3	35	21,9
1930	»	Mullard	PM/A	Непосредств. накал	2	0,1	0,7	36	60

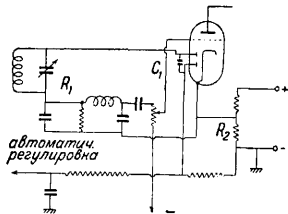
представляет собою наиболее идеальный детектор: 1) обеспечивающий наиболее исчерпывающим образом линейное мощное детектирование (фиг. 6, где V_1 —входящее напряжение сигнала, V_2 —напряжение на сопротивлении нагрузки R_1 , верхние кривые выражают полезное действие выпрямления), 2) не боящийся перегрузки при сильных сигналах и 3) вносящий незначительное сопротивление в колебательный контур, от которого он работает (фиг. 7, где V_1 —входящее напряжение сигнала, а R_d —входящее сопротивление диода). Кривые, приведенные на фиг. 6 и 7, даны для одного из диодов, а именно дуплекс-диод-триода фирмы Osram типа МНО-4. В большинстве этих Э. л. имеется еще один дополнительный диод, дающий выпрямление сигнала для автоматич. регулирования. В настоящее время в Америке и Европе появился целый ряд таких Э. л. во всех сериях подогревных Э. л. В Англии и Америке такие электронные лампы выпущены всеми фирмами и в батарейных сериях. Существуют следующие типы этих Э. л.: 1) комбинация из двух диодов и триода в одном баллоне—дуплекс-диод-триод; 2) комбинация из двух диодов и пентода обычно с переменным μ —дуплекс-диод-пентод; 3) диод и тетрод или два диода и тетрод—Э. л., называемая фирмами, ее выпускающими, бинодом, и наконец 4) комбинация триода и пентода—триод-пентод. Во всех этих Э. л. отдельные части лампы действуют независимо от одного общего катода. Это достигается обычно экранами, помещенными между этими частями и электрически их разделяющими. Независимость работы отдельных частей этих Э. л. дает необычайную гибкость в составлении схемы. Все цепи применяемой схемы как в детекторе, так и в автоматич. регуляторе и усилителе м. б. поставлены в оптимальные условия. Эти Э. л. имеют цоколь с 7 ножками и отдельные выводы для всех электродов. Для каждого типа этих Э. л. можно составить целый ряд различных схем.

Дуплекс-диод-триод используется в следующих схемах. 1) В супергетеродинных схемах—в качестве 2-го детектора или в схемах прямого усиления—в детекторе без обратной связи. В этом случае схема м. б. выполнена в след. вариантах: а) 1-й диод выпрямляет сигнал для последующего его усиления на низкой частоте в триодной части лампы, 2-й диод



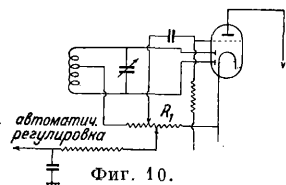
используется для выпрямления сигналов для регулирования степени усиления в усилительных Э. л. высокой или промежуточной частоты. Триод лампы получает независимое смещение или автоматическое—помощью сопротивления в катодной цепи—или непосредственно на контрольную сетку (фиг. 8). б) Та же схема, но с

противлением R_2 (фиг. 9, где дана схема, осуществляющая это регулирование). Напряжение на сопротивлении R_2 задает отрицательное напряжение на анод диода, используемого для регулирования. В этой схеме так же, как и в предыдущей, напряжение сигнала на анод диода для регулирования передается через конденсатор C_1 . В схеме фиг. 9 кроме того показан фильтр, не пропускающий высокие частоты сигнала и включаемый между выпрямляющим диодом и контрольной сеткой усилительной Э. л. в) Выпрямление сигнала, а также регулирование осуществляется одновременно обоими диодами по схеме *пуш-пулл* (см.), т. е. волновое детектирование, в отличие от полуволнового, осуществляемого в



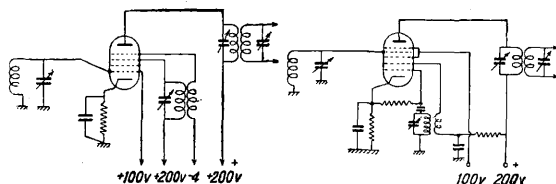
схемах фиг. 8 и 9. Сопротивление нагрузки R_1 в этом случае включается (фиг. 10) в общий участок цепи для обоих диодов. 2) В схеме гетеродинов, откуда в последнее время этот тип Э. л. вытесняет триод, до сих пор еще не имевший здесь конкурентов. Дуплекс-диод-триод используется в схемах гетеродинов, обеспечивающих постоянство волны. Существует большое разнообразие этих схем, во всех них с помощью вспомогательных цепей диодов, работающих в режиме выпрямления, осуществляется постоянство режима в сеточной цепи триода, работающего в схеме генератора.

Дуплекс-диод-пентод используется обычно в схеме 2-го детектора супергетеродина, причем диоды работают в этом случае так же, как и в дуплекс-диод-триоде. Пентодная же часть используется для целей усиления, причем существует несколько вариантов использования пентода. а) Сначала сигнал усиливается пентодом на промежуточной частоте, а затем передается на диод для выпрямления, причем пентод автоматически регулируется другим диодом. б) Сигнал сначала выпрямляется, а затем уже передается на пентод и усиливается на низкой частоте, причем пентод автоматически регулируется одновременно и однозначно с регулированием усилительной Э. л. высокой или промежуточной частоты. Благодаря осуществлению регулирования до и после детектора регулирование при применении дуплекс-диод-пентода получается очень хорошим. В самом деле, при изменении напряжения на входе в 280 000 раз напряжение на выходе изменяется меньше чем на 10%, при регулировании же только промежуточной и высокой частоты при том же изменении напряжения на входе



напряжение на выходе удается удержать в отношении 7,5 : 1. Б и н о д ы, если они имеют 2 диода, могут найти использование в тех же схемах, что и дуплекс-диод-пентоды, с некоторыми ограничениями. Т р и о д - п е н т о д (амер. лампа, тип 6F7) используется в качестве 1-го детектора в супергетеродине, дающем преобразование частоты. Триодная часть используется в схеме отдельного гетеродина, пентодная — с переменным μ — как автоматически регулируемый детектор-преобразователь. Т. к. катод у этой Э. л. общий и для триода и для пентода, то катодная цепь отводится обычно к земле через небольшую часть гетеродинного контура, чтобы обеспечить подачу на пентод напряжения от гетеродина. Параметры триодных и пентодных частей этих многоэлектродных Э. л. несколько ниже параметров таких же самостоятельных Э. л., т. к. для них используется лишь одна часть общего катода.

Многоэлектродные детекторные Э. л. в настоящее время выпускаются трех видов: гексоды с 4 сетками, гептоды с 5 сетками и октоды с 6 сетками. Иногда гептоды, особенно в Америке, называют пентагридами, по количеству сеток. Эти лампы первоначально предназначались для применения в качестве 1-го детектора в супергетеродине с одновременным выполнением функций гетеродина и детектора, причем связь гетеродина с детекторными цепями в этих лампах осуществляется в самой электронной лампе, почему их также иначе называют детекторами-гетеродинами с электронной связью. Гексоды выпущены в Германии, гептоды — в Америке, октоды — в Англии. На фиг. 11 дана схема использования герм. гексода фирмы Телефункен типа RENS-1224. Сигнал для детектирования подводится к 1-й сетке от катода, 2-я сетка является экранирующей; пространственный заряд, образующийся около нее, служит фиктивным катодом для триода, образуемого двумя следующими сетками — 3-й и 4-й. Этот триод выполняет роль гетеродина. Частота сигнала и гетеродина усиливается и передается на анод, где и образуется промежуточная частота; 1-я, контрольная, сетка выведена через верхнюю часть баллона, остальные



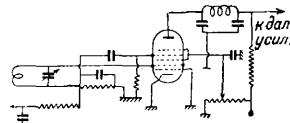
Фиг. 11.

Фиг. 12.

электроды выведены на цоколь с 7 ножками. Этот гексод выпущен в обеих подогревных сериях с обычными для подогревных Э. л. катодами (4 и 20 V). В америк. гептоде (схема фиг. 12) две первые сетки от катода образуют триод, работающий в качестве гетеродина, затем четвертая сетка — это контрольная сетка, 3-я и 5-я сетки — экранирующие сетки, полностью окружающие контрольную сетку, чем достигается полное устранение паразитной связи между настроенными контурами гетеродина и входным контуром. Для тетрода, образуемого тремя последними сетками и анодом, фиктивным катодом является пространственный заряд, образуемый у второй сетки. У октода эта часть представляет пентод.

В Америке гептоды выпущены во всех сериях приемных Э. л., в том числе и батарейный гептод типа 1A6 с нитью, работающей при режиме $V=2V, I=0,06A$. В Англии гептоды и октоды выпущены во всех сериях ламп. Гептоды могут находить применение и в качестве 2-го детектора в супергетеродине, причем здесь имеются две возможности: а) гептод работает по схеме, дающей сначала полуволновое детектирование диодом, для чего используется одна из первых двух сеток, а затем выпрямленный сигнал передается к остальной части Э. л. — тетроду, — усиливающей сигнал на промежуточной частоте; б) по схеме, обеспечивающей сначала усиление промежуточной частоты тетродом (3 верхние сетки и анод), а затем полуволновое детектирование одной из двух первых (от катода) сеток. В одних этих схемах м. б. осуществлено и автоматич. регулирование при одновременном использовании одного и того же диода. В качестве диода в общем лучшие результаты дает 2-я сетка, не развивающая напряжений, вызывающих смещение рабочей точки детектирования в отсутствии сигнала.

1-я сетка в этом случае присоединяется к земле. На фиг. 13 дана схема, работающая по варианту (а). В Германии выпущен также т. н. феддингексод типа RENS-1234. Последний представляет собой электронную лампу для усиления высокой частоты с отдельной сеткой для регулирующего напряжения, окруженной с обеих сторон двумя экранирующими сетками и обеспечивающей отчетливое регулирование при небольших (2—3 V) входящих напряжениях.



Фиг. 13.

Пуш-пулльные детекторы. В Америке выпущены также пуш-пулльные детекторы с двумя коопланарными коаксиальными сетками, намотанными так, что спирали одной находятся между спиралями другой сетки, т. н. «Wunderlich-детектор». Выпущено два типа этих детекторов: тип А — обычный, тип В — с дополнительным диодом для автоматич. регулирования. Преимущества этих детекторов: а) волновое детектирование, т. е. детектирование обоих полупериодов тока, б) отсутствие тока высокой частоты в аноде, благодаря чему отпадает необходимость в фильтрующих устройствах в анодной цепи. Область применения этого детектора — второй детектор в супергетеродинах.

Мощное усиление развивается в настоящее время по трем путям, из к-рых каждый дает преимущество перед другими лишь в определенных условиях работы, не давая исчерпывающего решения вопроса для всех случаев. Для усиления мощности в настоящее время применяют: пентоды, двоянные лампы В-усиления (см. ниже) и триоды или двоянные триоды в одном баллоне. Пентоды используются: а) в дешевых батарейных приемниках с выходной мощностью, не превышающей 0,5—1 W, б) в дешевых приемниках с питанием от сети с выходной мощностью до 5 W, в) в дорогих приемниках с питанием от сети в пуш-пулльной схеме. Пентод, повышающий тональность сигналов, оказывается прекрасной мощной Э. л. при применении его в супергетеродинах с высокой избирательностью, где пентод обеспечивает коррекцию тона воспроизведения без дополнитель-

ных приборов, и при работе на динамич. репродуктор, плохо воспроизводящий высокие частоты. Пентоды как правило в виду двойной кривизны динамич. характеристики дают преувеличенную 3-ю гармонику, к-рая м. б. сведена к минимуму лишь при правильно выбранном сопротивлении выхода, которое в пентоде для обеспечения минимума искажений очень критично. Пентоды были выпущены в значительном количестве во всех сериях приемных Э. л. как европейскими, так и америк. фирмами. В табл. 5 приведены наиболее характерные современные пентоды как батарейные, так и подогревные.

Табл. 5.—Характеристики современных пентодов для мощного усиления.

Страна	Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим накала		Параметры		Мощность на выходе в mW		Кпд η в %
				E	I	S	μ	P неискаженная	$P_0 = \frac{P}{E_g^2}$	
Англия	Mazda	Pen 220	Непосредствен. нагрев	2	0,2	2,5	—	500	50	37
»	Cossor	220 НРТ	То же	2	0,2	2,5	—	500	50	41
»	Mazda	Pen 220 A	» »	2	0,2	2,5	—	1 000	25	37
»	Mullard	Pen 4 V	Подогревные	4	1	3	—	2 000	40	25
»	Mazda	AC-2 Pen	»	4	1	8	—	3 500	500	до 45
Америка	RCA	2A5	»	2,5	1,75	2,2	220	3 000	19	35

Рекордного качества в пентодах достигла англ. фирма Mazda, выпустившая осенью 1933 г. пентод типа AC-2 Pen. Батарейные пентоды дают значительные экономич. преимущества при использовании их в приемниках. В самом деле, пентод в Англии стоит в 1,5 раза дороже мощного триода, работающего от такой же нити. Но зато он дает выходную мощность, а также η и P_0 в среднем в 2 раза больше, чем триод. В последнее время целым рядом фирм стали выпускаться мощные пентоды. Английские фирмы Marconi и Mullard выпустили 10-ваттные пентоды, Marconi—10-ваттный пентод (тип PT-25). Эти пентоды дают резкие преимущества над триодами тех же мощностей. В табл. 6 приведены данные 10-ваттного пентода по сравнению с соответственными триодами фирмы Marconi.

Табл. 6.—Сравнительные данные 10-ваттного пентода и триода фирмы Marconi.

Название и тип лампы	Режим накала		S	E_a	$I_{a,cp}$	P*1	η	P_0	η *2
	E	I							
Пентод PT-25	4	2	4	400	62,5	10 000	37	44,5	28,6
Триод DA-60	6	4	3	500	125	10 000	16	1,1	11,5

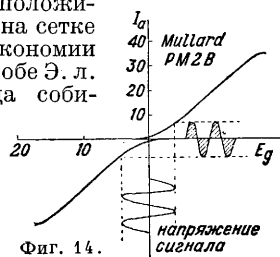
*1 Неискаженная в mW. *2 Полная, с учетом накала.

К данным, приведенным в табл. 6, следует добавить, что габариты 10-ваттных пентодов не выходят за пределы обычных для приемных Э. л., тогда как триоды тех же мощностей по габаритам значительно превосходят пентоды.

Усиление класса В (см. Усилитель). В отличие от принятого до самого последнего времени А-усиления, при котором рабочая точка находится в отрицательной области характеристики электронной лампы и сама работа протекает в области прямолинейной части характеристики, в усилителях класса В рабочая точка смещена в нижний перегиб характеристики, где значение анодного тока близко к 0. При действии сигнала анодный ток проходит через Э. л. только лишь за время положитель-

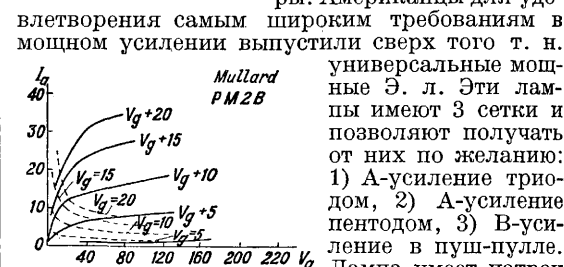
ного полупериода колебаний напряжения на сетке. Для получения неискаженного усиления от усилителя класса В и для того чтобы усиливались оба полупериода колебательного тока, применяется обязательно push-пуллная схема (фиг. 14). Усилители класса В дают более высокие кпд и большую мощность, чем усилители А при всех прочих равных условиях, но при этом Э. л. работает и на участках характеристик с током в цепи сетки. Это требует применения предварительного «задающего» мощного каскада. В целях ликвидации смещающих напряжений на сетки Э. л., работающих по методу В-усиления, изготавливаются специаль-

ные Э. л. с большим μ , имеющие обычно две контрольные сетки, характеристики к-рых сдвинуты вправо в область положительных потенциалов на сетке (фиг. 15). В целях экономии габаритов аппаратуры обе Э. л. push-пуллного каскада собираются в одном баллоне (фиг. 16). Подобные Э. л. выпущены в Америке как в батарейных, так и в подогревных сериях, в Европе—только в батарейных сериях. В табл. 7 приведены данные наиболее типичных англ. батарейных ламп В-усиления. Однако существенный недостаток этих Э. л.—значительные искажения, сопровождающие усиление и зависящие от глубины модуляции. Это задержало их развитие в Европе в подогревных сериях. Другой недостаток их, вытекающий из необходимости применения задающего мощного каскада,—громоздкость аппаратуры. Американцы для удо-



Фиг. 14.

влетворения самым широким требованиям в мощном усилении выпустили сверх того т. н. универсальные мощные Э. л. Эти лампы имеют 3 сетки и позволяют получать от них по желанию: 1) А-усиление триодом, 2) А-усиление пентодом, 3) В-усиление в push-пулле. Лампа имеет патрон с 6 ножками, куда выведены подогревная цепь, катод, анод и две сетки; 3-я сетка, ближайшая к катоду, выведена через баллон сверху. Для А-усиления две верх-



Фиг. 15.

Для А-усиления две верх-

Табл. 7.— Характеристики англ. батарейных Э. л. для В-усиления.

Тип лампы и Фирма	Режим накала		E_a	E_g	Сопротивление нагрузки в Ω	Мощность в W	Ср. анод. ток	
	E	I					при работе	без сигнала
Cossor 24 OB . .	2	0,4	120	0	8 000	2,2	8,5	4
Mazda PD-220 . .	2	0,2	150	-0,5	12 500	2,35	8,5	2
Marconi B-21 . .	2	0,2	150	-4,5	8 000	2	—	4

ние сетки присоединяются к аноду; для В-усиления верхняя сетка присоединяется к аноду, две другие соединяются вместе и служат контрольной сеткой. Для усиления по схеме пентода сетки присоединяются, как обычно в пентоде. В табл. 8 приведены данные одной

Табл. 8.— Характеристики американской универсальной мощной Э. л. RCA-59.

Метод усиления	Режим накала		E_a	I_a	E_g	μ	S	P_a	P_0	η
	E	I								
Триод	2,5	2	250	30	-28	6	1,2	1,25	3,2	6,7
Пентод	—	—	250	35	-18	125	2,22	3	18,2	34
2 лампы пуш-пул	—	—	400	15	0	—	—	20	—	54

из этих электронных ламп. Для приемников, работающих от батарей, при необходимости иметь анодную батарею с низким напряжением сдвоенные электронные лампы для В-усиления представляют совершенно исключительный интерес, давая возможность иметь значительные мощности на выходе, достаточные для раскатки динамических репродукторов от батарейных приемников при коэффициенте полного действия до 54%. Здесь В-усиление по своим возможностям конкурентов не имеет.

Мощные триоды и их развитие. Параллельно с развитием пентодов за последние годы развивались и триоды, конкурируя с пентодами. Мощный триод как Э. л., обеспечивающая усиление мощности с минимальными искажениями, остается наиболее желательной лампой в дорогих приемниках и мощных трансляционных усилителях. Наибольших успехов в этих электронных лампах, как в батарейных, так и подогревных сериях, достигли английские фирмы Cossor и Standard Telephones and Cables. Данные о мощных триодах приведены в табл. 9.

Табл. 9.— Характеристики английских мощных пентодов.

Фирма	Тип лампы	Род катода	Режим накала		S	μ	P_{max}	P_0	η
			E	I					
Mullard	PM-202	Непосредств. накал	2	0,2	3,5	7	350	4,1	16,7
Cossor	220 PA	То же	2	0,2	4	16	300	18	13,3
Stand. Telephon. a. Cables	Micromesh PAI	Подогревный	4	1	12,6	12	1 500	24,5	17,8
Cossor	41 MP	»	4	1	7,5	19	1 250	51	22
»	41 MXP	»	4	1	7,5	11,25	2 000	28	21

По сравнению с пентодами основными недостатками мощных триодов является малый кдл и меньшая чувствительность к входящему сигналу (исключение составляет триод 41 MP Cossor, не имеющий себе равных среди триодов). Вся работа в области конструкции мощных триодов сосредоточена в настоящее время в преодолении этих недостатков. В этом вопросе наметилось несколько тенденций. Одна из них—это разработка триодов с многократной

нитью, однако усложненная структура таких катодов значительно усложняет и удорожает их производство. Другой, более заманчивый путь: создание специальных многократных триодных ламп в одном баллоне. В Америке в самое последнее

время вышли две электронные лампы этого типа, названные «Triple-triode»—«сдвоенные триоды». В этих лампах в одном баллоне помещено два триода: предварительного усиления и мощный со схемой перехода между ними, изображенной на фиг. 17. Эта схема в СССР впервые была предложена в 1926 г. Куксенко. Особенностью этой схемы является: а) присоединение сетки мощной лампы к катоду предварительной, что требует применения катодов с независимым питанием для обеих ламп, б) оконечная лампа работает без искажений при использовании всей характеристики лампы как при отрицательных, так и при положительных потенциалах на сетке, что значительно повышает коэффициент использования лампы.

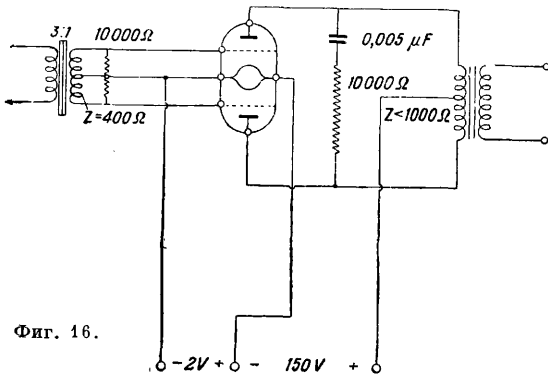
В выпущенной осенью 1933 г. американской фирмой RCA лампе типа 2B-6 имеется общая подогревная цепь, подогревающая два электрически-отдельных катода предварительного и мощного каскадов. Устройство этой электронной лампы и схема ее включения показаны на фиг. 18. Обычно сетка мощной оконечной электронной лампы при отсутствии сигнала находится при положительном потенциале, рабочая точка при этом потенциале находится приблизительно в средней точке характеристики I_g, E_g лампы. Лампа при анодном напряжении 275 V рассчитана на выходную мощность 4 W. Чрезвычайно интересным свойством лампы является наличие минимума искажений при оптимальном сопротивлении нагрузки. Это хорошо видно на фиг. 18а, где даны зависимость выходной мощности от сопротивления нагрузки, а также искажение полное, 2-й, 3-й, 4-й и 5-й гармоник H также в зависимости от сопротивления нагрузки. В другой аналогичной Э. л., выпущенной фирмой Arkturus, тип 291, предварительный каскад работает от подогревного катода; подогревающая его нить служит катодом мощной лампы. Подогревный катод соединен с сеткой мощного триода. Эта Э. л. рассчитана на выходную мощность 1,5 W. В табл. 10

приведены сравнительные данные работы этой Э. л. и других мощных америк. ламп при анодном напряжении 120 V. Э. л. для ультракоротких волн (УКВ). В этом вопросе до последнего времени определения технич. установок не было. Обычно для приема УКВ использовали обычные триодные или тетродные Э. л., приспособлявая к ним специальные схемы. При волнах ниже 1—2 м Э. л. работает обычно в динактрон-

Табл. 10. — Характеристики некоторых мощных американских электронных ламп.

Тип лампы	Напряжение сигнала E_g	Мощность на выходе P	Чувствительность к сигналу $s = P/E_g^2$
Триод 171 . . .	13	150	0,9
Пентод 238 подогревный . .	7,5	210	3,75
Пентод 233 батарейный . .	7,5	350	6,3
Триоды двойные 291 (Tripletwine) . . .	6	1 250	38

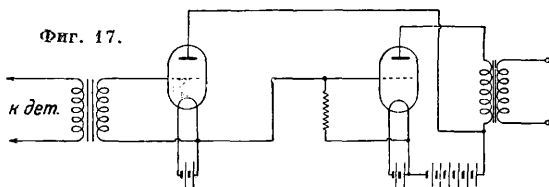
ном режиме, т. е. при высоком напряжении на сетке и отрицательном—на аноде. В самое последнее время в Америке сделан значительный шаг вперед. Фирма RCA Radiotron Co. изготовила пока лабораторные образцы миниатюрных ламп, геометрич. размеры к-рых примерно



Фиг. 16.

в 10 раз меньше обычных ламп. Это не изменило характеристик ламп, но значительно уменьшило междуэлектродные емкости. Эти лампы прекрасно генерируют в обычных генераторных схемах на волне 100 см, несколько хуже—на 40 см. На волнах 100 см при наличии экранной сетки они дают усиление порядка 4.

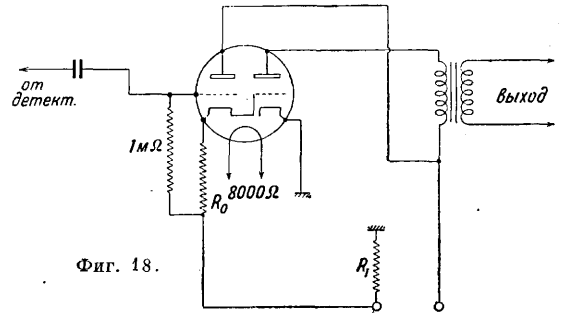
Английские лампы «Кеткин». Значительный прогресс в конструктивном оформлении приемных Э. л. сделан англ. компанией Marconi-Osram. В самое последнее время упомянутая компания выпустила в продажу подогревные Э. л. без стеклянного баллона, к-рый заменен металлич. цилиндром, являющимся одновременно анодом. Серия этих ламп (с медным цилиндром) названа фирмой серией «Кеткин-валвь» (лампы-кошечки). Происхождение этого термина таково: первые буквы англ. слов, обозначающих передающие лампы с водяным охлаждением (Cooled anode transmitter), «Cat»,



Фиг. 17.

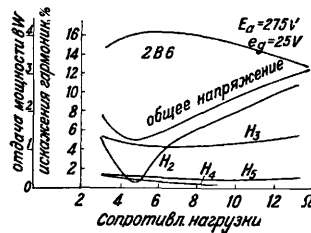
на англ. языке обозначают кошка. На лабораторном жаргоне фирма Marconi-Osram эти Э. л. обычно так и называет «Cat», в соответствии с чем приемные Э. л. с той же идеей конструкции названы уменьшительным словом Catkin. Помимо отказа от стеклянного баллона в Э. л. этой се-

рии оказалось возможным сделать еще целый ряд значительных усовершенствований в устройстве электродов и их креплений. Прежде всего вся система электродов помещается очень точно внутри анода благодаря применению специальных слюдяных пластин, точно определяющих расстояния между электродами. Отводы от электродов в виде прямолинейных проводов прежде всего проходят через слюдяной изолятор, прочно охватываемый специальной стальной обжимкой. Далее вводы проходят во внешнее пространство через стеклянное кольцо, помещающееся в нижней части новых Э. л., располагаясь по окружности. Благодаря такому устройству емкость между вводами весьма мала.



Фиг. 18.

Жесткость электродов и точность расстояний между ними в этих Э. л. несоизмеримо больше, чем это возможно достигнуть в обычных Э. л. Электрич. поле внутри анода этих ламп совершенно не испытывает влияния от каких-либо окружающих зарядов. Усиленная диссипация тепла в этих Э. л. обеспечивает охлаждение не только анода, но и сеток, тогда как в обычных Э. л. со стеклянным баллоном отвод тепла является довольно трудной проблемой. Далее эти Э. л. почти совершенно свободны от микрофонного эффекта, что достигнуто отчасти полной жесткостью электродов, а также тем, что укрепление Э. л. на металлическом цоколе осуществлено с помощью резиновой прокладки. Анод в лампах-кошечках в нижней своей части спаян со стеклом, что тоже способствует отсутствию микрофонного эффекта. Сверханод для изоляции покрыт черной эмалью. Наэкранированную же электронную лампу на-дет металлический экранирующий чехол восьмиугольной формы. Этот чехол соединен с катодом. Для того чтобы в лампе хорошо поддерживался вакуум, рекомендуется не подвергать эти Э. л. действию чрезмерных t^o в течение продолжительного времени. В описании этих ламп указывается, что они практически не боятся падения с высоты нескольких фт. на твердый пол. На рынок поступили наиболее распространенные типы ламп в этом оформлении, а именно MS-4B—экранированная лампа с $\mu = 1 200$, VMS-4—с переменной крутизной, MH-4 — универсальная лампа с $S = 4,5$ и MPT-4—3-W пентод с $S = 3,5$. Все эти Э. л.—подогревные с новым усовершенствованным катодом, допускающим колебания напряжения в



Фиг. 18а.

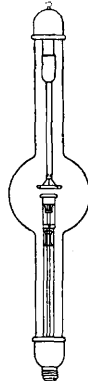
дет металлический экранирующий чехол восьмиугольной формы. Этот чехол соединен с катодом. Для того чтобы в лампе хорошо поддерживался вакуум, рекомендуется не подвергать эти Э. л. действию чрезмерных t^o в течение продолжительного времени. В описании этих ламп указывается, что они практически не боятся падения с высоты нескольких фт. на твердый пол. На рынок поступили наиболее распространенные типы ламп в этом оформлении, а именно MS-4B—экранированная лампа с $\mu = 1 200$, VMS-4—с переменной крутизой, MH-4 — универсальная лампа с $S = 4,5$ и MPT-4—3-W пентод с $S = 3,5$. Все эти Э. л.—подогревные с новым усовершенствованным катодом, допускающим колебания напряжения в

сети до 10% без ущерба для их действия. Эти лампы открывают совершенно новые возможности в конструировании приемных Э. л.

Лит.: В л а с о в В., Электронные лампы, М., 1932; Р у к с е н к о П., Современные приемные лампы, «Радиофронт», М., 1933, 1, 2, 3, 4 и 5; Лампы и усилители, Сборник «Новости зарубежной радиотехники», М., 1933, 2; New Multiple Purpose Tubes for 1933 Radio Receivers, «Radio-Engineering», New York, 1933, v. 13, 4; W h e e l e r H., The Hexode Vacuum Tubes, *ibid.*, 1933, v. 13, 3; N e l s o n J., Detector Tube Performance Curves, *ibid.*, 1933, v. 13, 2; P r o g r e s s i n T u b e s f o r R a d i o, *ibid.*, 1933, v. 13, 2, 3; C l a u l e r S. a. C a m p b e l l A., A Study of Hum Generation in Vacuum Tubes, *ibidem*, 1933, v. 13, 6; S c h m o l l K., Die Binode, eine neuartige Audionröhre. «Funk», B., 1933, H. 21; Eine weitere Röhrenneuerung: die Hochfrequenz-Penthode, *ibid.*, 1933; H a s e n b e r g W., Ein neue Röhrenart; die Hexode, *ibid.*, 1933; P a g e W., New Valves, «Wireless World», L., 1933, v. 32, 23; New Class «B» output Valve, *ibid.*, 1933, v. 33, 9; S m y t h C., S t e w a r t J., The Double-Diode, *ibid.*, 1933, v. 32, 20; The Catkin Valves, *ibid.*, 1933, v. 32, Corrected Arc, How to Use the New Double-Diode Pentode, *ibid.*, 1933, v. 32, 22; «Rundfunkröhren», 1933/34, «Funk», B., 1933, H. 34; S t r o m e y e r C., Audio System with the 2B6 Tube, «Radio-Engineering», N. Y., 1933, v. 13, 8; S c r o g g i e M., Pentode or Triode?, «Wireless World», L., 1933, v. 33, 7; P e a r s o n S., The Pentode output Valve, *ibid.*, 1933, v. 32, 18.

П. Куисенко.

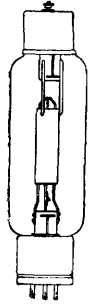
Кенотроны. Технич. двухэлектродные Э. л. носят название *кенотронов* (см.) и применяются преимущественно в схемах выпрямления переменного тока. Фиг. 19 изображает кенотрон, обычно применяемый в небольших высоковольтных установках, питающих рентгеновские трубки, пылеуловители Котреля и т. п. Анод в подобных кенотронах обычно делается в виде небольшой вольфрамовой или молибденовой тарелочки, укрепленной на длинной металлич. трубке, насаженной на гильзу, охватывающую стеклянный палец с вводным проводником. Катод, выполняемый в виде нескольких петель из вольфрамовой проволоки, защищается поллой металлич. оболочкой, препятствующей зарядке стекла, что может повлечь за собой как неустойчивость работы кенотрона, так и пробой стекла.



Фиг. 19.

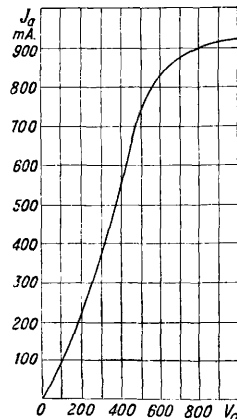
Кенотроны подобных конструкций применяются для выпрямления напряжений до 250 кV при токах до 0,2 А. Существенным их недостатком является различие в их вольт-амперных характеристиках, получающееся вследствие невозможности совершенно точно воспроизвести взаимное геометрич. расположение катода и анода в различных экземплярах. Кроме того внешние электростатич. поля, создаваемые наружными проводниками, находящимися под высокими потенциалами, иногда весьма существенно влияют на работу подобных кенотронов. В связи с этим за последнее время кенотронам стремятся придавать такую конструкцию, в к-рой катод находится внутри полого металлич. анода. Примером такого расположения электродов может служить кенотрон типа В-27 завода «Светлана» (фиг. 20). Петлеобразный катод его поддерживается внутри полого цилиндрического анода легким

проволочным каркасом. Благодаря незначительности ошибки в расстояниях вольт-амперные характеристики их получаются достаточно идентичными. На фиг. 21 воспроизведена типовая его характеристика при нормальном накале катода, потребляющего 8,5 А при 16,0 V. При достаточно полном удалении газа из ке-

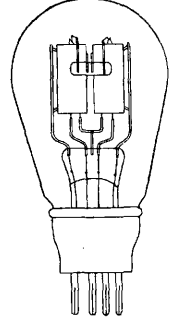


Фиг. 20.

лотрона зависимость тока от напряжения на нем хорошо совпадает с теоретич. ф-лой Лангмюира $I_a = c V_a^{3/2}$, где коэф. c определяется из геометрич. размеров электродов. Для целей выпрямления двух полупериодов переменного тока при наличии одной Э. л. применяются



Фиг. 21.

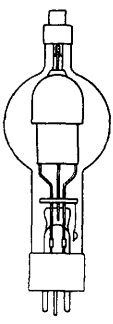


Фиг. 22.

конструкции сдвоенных кенотронов подобно данной на фиг. 22. Сдвоенные кенотроны нашли широкое применение в радиоприемных устройствах, питаемых от осветительных проводов.

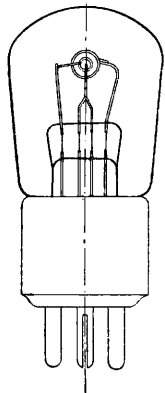
Газотроны. Применение кенотронов для выпрямления токов в несколько А за последнее время сильно сократилось как вследствие сравнительно низкого кид подобных установок, так и вследствие развития применения Э. л. с парами ртути—т. н. газотронов. Последние представляют собой кенотроны с сильно развитой поверхностью катода (обычно катодом служит никель, покрытый окисью бария). Внутри колбы вводится небольшое количество жидкой ртути, пары которой ионизируются проходящим электронным током. Тяжелые положительные ионы ртути, находясь в разрядном пространстве, уничтожают отрицательный объемный заряд, создаваемый электронами, вследствие чего уже при напряжениях порядка 10—15 V в приборе может идти ток, равный

току насыщения катода. Однако работа с газотронами на токе насыщения не м. б. допущена, т. к. в этих условиях катод прибора быстро разрушается, а разряд легко может перейти вдугу. Поэтому нагрузка внешней цепи всегда д. б. рассчитана т. о., чтобы мгновенные значения силы тока, проходящей через газотрон, не достигали его тока насыщения. Для правильной работы газотронов существенно, чтобы ртуть, помещающаяся в них, имела определенную t° , т. к. от этого зависит упругость паров ее в разрядном пространстве. Обычные пределы лежат от 15 до 45°; понижение t° приводит к недостатку положительных ионов, вследствие чего повышается падение напряжения на газотроне и ускоряется разрушение его катода; при перегреве падает электрич. прочность газотрона, вследствие чего он может дать дуговой разряд при обратной полуволне напряжения. На фиг. 23 изображен газотрон, допускающий максимальное значение тока в 20 А и максимальное обратное напряжение в 50 кV. В СССР газотроны изготавливаются з-дом «Светлана» на токи 1,5; 4; 10 и 40 А для напряжений до 20 кV.

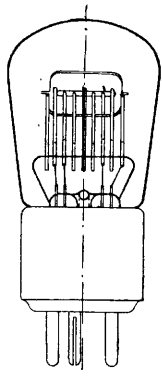


Фиг. 23.

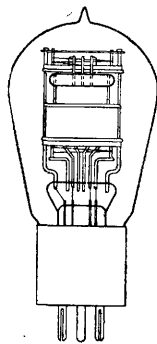
Триоды. Введение в пространство между накаленным катодом и анодом третьего электрода, напр. сетки, дает возможность осуществить управление величиной тока, текущего в цепи анода, путем изменения потенциала на этом вспомогательном электроде. Э. л. с управляющим электродом представляют наиболее многочисленную группу, известную под именем трехэлектродных Э. л. или триодов. В зависимости от назначения и областей применения различают Э. л. приемные, усилительные, генераторные, модуляторные. Приемные и усилительные Э. л. в свою очередь



Фиг. 24.

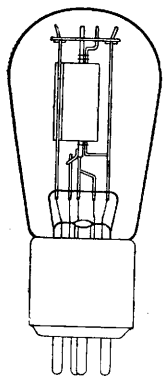


Фиг. 25.



Фиг. 26.

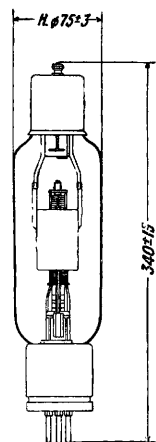
делятся на два класса: лампы, питаемые от батарей, и лампы, приспособленные специально для работы от сети электрич. освещения. Лампы батарейного питания имеют катоды из тонких проволок или лент, причем ради экономии энергии, идущей на накаливание катодов, поверхность их делается из веществ, обладающих большим электронным излучением при возможно более низких t° . Практически для этой цели до настоящего времени удалось применить только окиси щелочноземельных металлов (барий, стронций, кальций) и торий. Катоды ламп, питаемых от сети, выполняются в виде узких никелевых трубок, покрытых окисями щелочноземельных металлов, внутрь которых вставляется отдельный нагреватель из вольфрамовой или молибденовой проволоки. Нагреватели обычно изолируются от никелевой трубки слоем окиси магния или окиси алюминия. Подобное устройство катодов обеспечивает лампам постоянство потенциала во всех точках поверхности катода и независимость его от электрического режима нагревателя. В технике



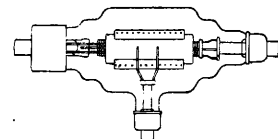
Фиг. 27.

катоде такого устройства известны под названием эквипотенциальных, или подогревных. Конструктивное выполнение различных типов приемных и усилительных электронных ламп, кроме того, что оно должно удовлетворять расчетным заданиям по тому или иному типу, весьма сильно зависит от ряда особенностей производственной технологии. На фиг. 24, 25, 26 и 27 изображены конструкции усилительных электронных ламп, наиболее часто встречающихся в практике.

Генераторные лампы. Триоды, применяемые в качестве генераторов высокой частоты, имеют много конструктивных особенностей в зависимости от мощности, на которую они рассчитаны, от условий эксплуатации и техники их изготовления. Примером генераторной лампы средней мощности может служить изображенная на фиг. 28 лампа типа Г-49. Петлеобразный вольфрамовый катод ее поддерживается в натянутом положении с помощью небольшой пружинки, закрепленной на изоляторе, сидящем в крышке, закрывающей верхний торец сетки. Сетка и катод собраны на

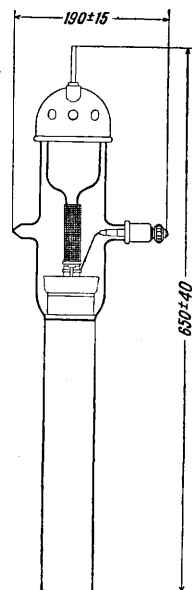


Фиг. 28.

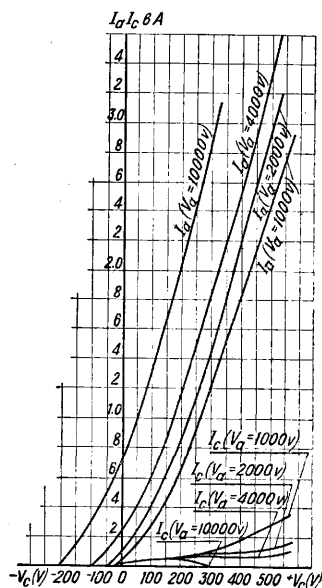


Фиг. 29.

общей стеклянной ножке, впаянной в баллон, анод же укреплен на отдельной ножке, впаянной в противоположное горло баллона. Вся внутренняя рабочая арматура лампы изготовляется из молибдена, допускающего высокую рабочую t° этих деталей. Применение Э. л., подобных лампе Г-49, ограничивается мощностями не свыше 3 kW, и частота генерируемых ими колебаний не м. б. поднята выше 1 500 kHz без риска вызвать повреждение в местах ввода тока. На фиг. 29 показана конструкция Э. л., специально предназначенной для генерирования колебаний с частотой до 100 000 kHz.



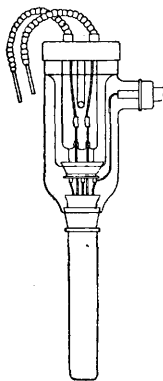
Фиг. 30.



Фиг. 31.

Особенность ее конструкции, помимо применения стекла с очень низкими диэлектрич. потерями, заключается в том, что сетка и анод снабжены полыми медными выводами, способными выдерживать токи порядка 50 А при указанной выше частоте. Для получения колебаний в десятки и сотни kW применяются Э. л., аноды ко-

торых одновременно служат частью баллона лампы и м. б. интенсивно охлаждаемы проточной водой. Э. л. с водяным охлаждением строятся на полезную мощность в 5, 10, 20, 50 и 100 kW. На фиг. 30 изображена 20-kW Э. л. типа Г-61 в-да «Светлана» вместе с семейством характеристик (фиг. 31). При необходимости получения весьма высоких частот при больших мощностях конструкции Э. л. с водяным охлаждением дополняются рядом деталей, устраняющих разогрев стекла баллона и уменьшающих вредные междуэлектродные емкости. На фиг. 32 показана Э. л. в 10 kW, допускающая работу на частотах порядка 60 000 kHz. Э. л. в 250—300 kW полезной мощности пока являются промышленно неустановившимися типами и по видимому уступят место разборным моделям, работающим на непрерывно действующих насосах, составляющих одно целое с самой лампой. Помимо перечисленных здесь типов Э. л. в последние годы начинают широко



Фиг. 32.

распространяться Э. л. с двумя, тремя и более управляющими электродами. Кроме того нашли применение комбинированные электронные лампы, заключающие в себе несколько комплектов рабочих электродов, одновременно выполняющих несколько функций в сложных электрических цепях: гексоды, гептоды, октоды (данные об этих электронных лампах и литература см. выше).

С. Векшинский.

ЭЛЕКТРООПТИКА, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРООСМОС, явление перемещения дисперсионной среды (жидкости) через капилляр или капиллярные поры в пористой перегородке или в плотном осадке дисперсных частиц под влиянием разности потенциалов, приложенной по обе стороны перегородки или к обоим концам капилляра. Э. изучается в лабораторных приборах, схема которых представлена на фигуре. Здесь D —пористая перегородка, система капиллярных трубок или тампон из дисперсного осадка (порошка), M —манометрическая трубка. При перетекании жидкости слева направо при поддержании между электродами постоянной разности потенциалов E , т. е. при пропускании между ними электрич. тока i , жидкость поднимается в трубке M до установления вполне определенного противодавления P , при котором процесс прекращается—устанавливается равновесие. Для более чувствительного определения P и его изменений, особенно при малых значениях P , вместо вертикальной применяется наклонная манометрич. трубка M' . Э. может изучаться не только равновесно (по противодавлению P), но и динамически: трубка M делается для этого горизонтальной с оттянутым вниз капиллярным кончиком, причем измеряется объем жидкости, вытекающей в единицу времени в результате стационарного электроосмотич. переноса.

Теория Э., как и других *электрокинетических явлений* (см.), была разработана Гельмгольцем, а затем несколько развита Смолухов-

ским, Лембом и Перреном. Междофазная граница, участвующая в явлении Э., покрыта двойным электрич. слоем, лежащим в жидкой фазе. Обкладка его, обращенная к жидкости подвижна, другая же обкладка лежит в пограничном жидком слое, прочно связанном с твердой стенкой капилляра или поверхностью дисперсных частиц. В стационарном состоянии E уравнивает внутреннее трение η при постоянной относительной скорости u перемещения внутренней обкладки относительно стенки. Условие стационарности:

$$e_s \cdot \frac{E}{l} = \eta \cdot u \tag{1}$$

Здесь e_s —поверхностная плотность заряда, $\frac{E}{l} = E_1$ —падение потенциала между электродами (l —расстояние между ними). Рассматривая двойной слой как конденсатор в среде с диэлектрич. постоянной D и с потенциалом ξ , имеем

$$\xi = \frac{4\pi d e_s}{D} \tag{2}$$

из (1) и (2):

$$u = \frac{\xi E_1 D}{4\pi \eta l} \tag{3}$$

и скорость стационарного переноса жидкости в см²/сек

$$V = \pi r^2 u = \frac{r^2 \xi E D}{4 \eta l} \tag{4}$$

или в более общей форме для пористой перегородки или порошка с общим сечением пор q

$$V = \frac{q \xi E D}{4 \pi \eta l} \tag{5}$$

(основное ур-ие Э.). Выражая E через i и сопротивление R или удельную электропроводность λ , находим

$$R = \frac{l}{\lambda} \cdot \frac{1}{q}; \quad E = iR = \frac{i \cdot l}{\lambda q};$$

подставляя найденное выражение E в ур-ие (5), получаем

$$V = \frac{\xi i \cdot D}{4 \pi \eta \lambda} \tag{6}$$

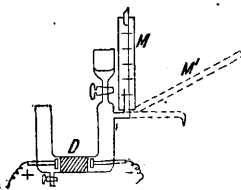
При данном i V не зависит ни от q ни от l . При уравнивании переноса жидкости при Э. гидростатич. противодавлением P последнее действие само по себе должно было бы вызвать такой же поток жидкости в обратном направлении. По закону Пуазейля

$$V = \frac{\pi P r^4}{8 \eta l}; \tag{7}$$

приравнивая (4) и (7), получаем

$$P = \frac{2 \xi \cdot E \cdot D}{\pi r^2} \tag{8}$$

Законы Э. были проверены экспериментально Квинке и Терешиним. Смолуховский показал, что Э. изменяет электропроводность жидкости, внутри которой имеются поверхности раздела, благодаря «поверхностной проводимости», создаваемой Э. и налагающейся на обычную объемную. Этот эффект практически заметен (Шток) для плохо проводящих органич. жидкостей, в к-рых междуэлектродное пространство целиком заполнено порошком (напр. кварца). ξ —э л е к т р о к и н е т и ч е с к и й п о т е н ц и а л—имеет основное значение в учении об Э., электрофорезе и в физико-химии дисперсных систем и коллоидов вообще. Э. имеет большое значение для техники, например для ускорения диализа, т. е. для очистки коллоидных растворов от электролитов (напр. для очистки фотографич. желатины, воды).



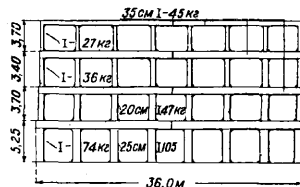
Лит.: Песков Н., Физико-химические основы коллоидной науки, М.—Л., 1932; Наумов В., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Липатов С., Учение о коллоидах, М., 1933; Думанский А., Дисперсность и коллоидное состояние вещества, Харьков—Киев, 1932; Freundlich H., Kapillarchemie, 4 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1930—32; Helmholtz H., «Wied. Ann. d. Phys.», Lpz., 1879, B. 7, p. 337; Smoluchowski, в книге Graetz L., Handb. d. Elektrizität u. d. Magnetismus, B. 2, p. 366, Lpz., 1914; Perrin, «Journal de chimie et phys.», P., 1904, t. 2, p. 601; Illig K. u. Schönfeldt N., «Wiss. veröffentl. aus d. Siemens-Konzern», 1928, B. 7, p. 294. П. Ребиндер.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, см. *Электрический ток*.

ЭЛЕКТРОСВАРКА, см. *Сварка*.

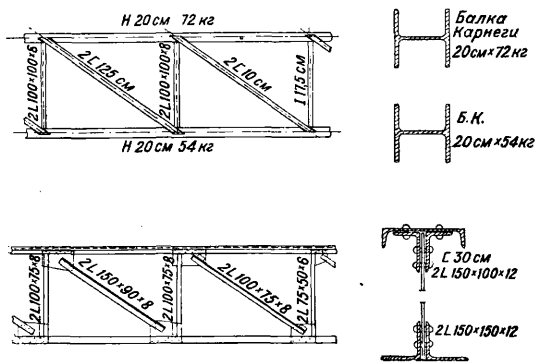
ЭЛЕКТРОСВАРНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. Преимуществом электрич. сварки узловых и стыковых соединений металлических строительных конструкций по сравнению с клепаными соединениями во многих случаях являются чрезвычайно эффективными. Выгодность сварных конструкций сказывается в наибольшей мере в растянутых элементах решетчатых ферм, т. к. поперечные сечения не ослабляются отверстиями для заклепок. Применение сварки для усиления существующих мостов устраняет ручное сверление, которое обходится дорого

мощью косынок. Из сравнения этих двух вариантов явствует, что нижний растянутый пояс, равно как и растянутые раскосы в клепаной ферме вследствие ослабления заклепочными дырами требуют перерасхода металла против



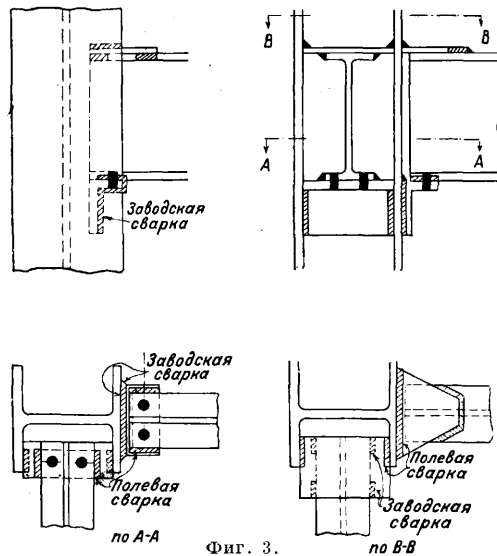
Фиг. 2.

расчетных площадей поперечных сечений, в то время как для тех же элементов сварной фермы этого не нужно. Кроме того в сварной ферме отсутствуют косынки, так как высота пояса достаточно для размещения в ее пределах сварного стыка. Размещение же заклепок в пределах этой высоты очевидно неосуществимо. Полный вес сварной фермы при длине ее в 17,5 м составляет 2 270 кг, а вес клепаной фермы—3 090 кг, т. е. экономия от применения электросварки выразилась в 27% веса металла. В некоторых случаях электросварка дает возможность изменить конструкцию т. о., чтобы расположение материала оказалось наиболее удобным в статич. отношении. Так например, на фиг. 2 изображен схематич. продольный разрез 4-этажного здания, построенного в 1929 г. в Кливленде (США). Особенностью этой конструкции является применение неразрезных прогонов длиной 18 м, сваренных посредине здания стыком X-образным соединением. Все колонны были составлены из элементов высотой в один этаж и приварены к балкам. Благодаря этому в пределах каждого этажа сечение



Фиг. 1.

при производстве работ на месте постройки. В гражданском строительстве большая экономия достигается при сварке конструкций невысоких, по преимуществу одноэтажных зданий, тогда как в многоэтажных зданиях с металлич. каркасом узловые соединения колонн и прогонов оказываются достаточно сложными и ответственными и потому требуют применения дорогих машин на заводе, что повышает стоимость работ. Наконец преимущества сварки сказываются и в том случае, когда приходится вести пристройку или надстройку существующего эксплуатируемого или обитаемого здания, т. к. при этом способе устраняется шум, производимый клепкой. На фиг. 1 представлены две трельяжные решетчатые фермы, рассчитанные для совершенно одинаковых условий нагрузок и пролетов, причем в первой спроектированы сварные узловые соединения, а во второй—клепанные. Оба пояса сварной конструкции состоят из H-образных профилей, раскосы—из парных швеллеров, обхватывающих пояса, и к ним приваренных в пределах высоты сечения поясов, а стойки—частью из парных уголков, частью из двутавров, пропущенных внутрь поясов. В клепаной ферме пояса образованы из составных тавровых сечений, причем для придания большей жесткости верхнему сжатому поясу сечение его перекрыто горизонтальным швеллером. Узловые соединения осуществлены обычным путем, с по-



Фиг. 3.

колонны точно соответствовало расчетной нагрузке, между тем как в клепаных конструкциях, где колонны пропускаются через несколько этажей, их сечения неизбежно содержат нек-рый запас. Неразрезность балок также обуславливает снижение расхода металла, общая экономия к-рого по сравнению с клепаной конструкцией выразилась в 13%. На фиг. 3 представлены детали узлового соединения колонны с двумя взаимно перпендикулярными балками многоэтажного каркасного здания.

Из чертежа видно, что соединение выполнено с помощью обрезка углового железа, на к-ром укреплен двутавровый балка. Уголок приварен к колонне на з-де, а остальные соединения осуществляются на месте с помощью передвижных умформеров.

Расход рабочей силы при производстве работ с металлич. строительными конструкциями в случае применения электросварки в значительной мере зависит от опытности сварщиков. Ниже следующие опытные данные освещают этот вопрос. В 1921 г. в Питтсбурге (США) электрической компанией Вестингауз была произведена опытная постройка двух совершенно одинаковых трехэтажных складских зданий с металлич. каркасом длиной 75 м и шириной 25 м. В первых двух этажах здание по ширине разбито на 4 пролета, верхний этаж перекрыт одним пролетом. Одно здание было сооружено обычным способом, т. е. склепано, а в другом все соединения сварены электрич. дугой. Работы на обеих постройках начались одновременно и производились в одинаковых условиях. Здание с клепаными конструкциями было выстроено в 97 дней, а со сваренными—в 64 дня. Суммарный расход рабочей силы во втором здании оказался на $\frac{1}{3}$ менее, нежели в первом. Равным образом стоимость электроэнергии и прочих расходов по сварке оказалась ниже, чем соответствующие затраты по механич. оборудованию при постройке клепаного здания. Из наиболее крупных построек, где применена электрич. сварка, в США известны следующие:

Наименование сооружения	Ширина в м	Длина в м	Число этажей	Вес металлич. конструкции в т
Заводское здание с кранами в Филадельфии	42	168	2	900
Гостиница в Хатсрингсе	22	41	6	500
Силовая станция в Атлантике	17	17	12	
Стеллажи для книгохранилища в Нью Хевене	22	24	6	320
Больница в С.-Франциско	45	66	18	730
	30	88	—	800

Препятствием к развитию метода электросварки в строительстве в СССР вначале являлось недоверие к прочности электросварных стыковых соединений, аналогичное тому, которое наблюдалось в эпоху появления клепаных конструкций, и усугубляемое затруднительностью проверки прочности сварных соединений. Однако в последние годы был дан толчок к решительному переходу на электросварку. Так, по плану строительства 1932 г. в СССР предполагалось из общего количества 580 000 т металла перевести на электросварку 200 000 т.

Во всех странах, применяющих электросварку для соединения металлич. конструкций, выработаны особые требования, предъявляемые к электросварщикам. Эти требования между прочим заключаются в том, что допускаемый к работе сварщик должен предварительно выполнить определенное количество пробных сварок, которые обязательно подвергаются испытанию на разрыв, причем напр. в США средняя величина временного сопротивления каждой пары этих испытаний не д. б.

менее 3 150 кг/см², а наименьшая величина временного сопротивления любого отдельного образца не д. б. менее 2 800 кг/см². Наиболее употребительные виды соединений для электрич. сварки показаны в таблице.

Встык	Бесскосное	
	Односкосное	
	Двухскосное	
	И-образное	
	Х-образное	
Стыковое с наплывами	Двухскосное	
	Открытое	
	Бесскосное	
	Двухскосное	
	Открытое	
Т-образное	Бесскосное	
	Односкосное	
	Двухскосное	

Основным материалом, подлежащим сварке в металлич. строительных конструкциях, м. б. торговое железо, сталь марки 3 и другие сорта стали, употребляющиеся в строительстве, за исключением специальной стали. Наплавленный металл, из к-рого состоит сварочный шов, и электрод должны удовлетворять особым условиям, в особенности в отношении содержания углерода, к-рое по америк. нормам ограничивается величиной 0,18%. Каждое сварное соединение д. б. рассчитано и проверено на прочность по следующей основной ф-ле:

$$P = F \cdot n = m \cdot \lambda \cdot n,$$

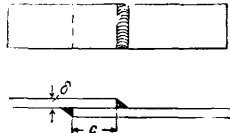
где P —сила, к-рая воспринимается данным сварным швом, F —расчетное сечение шва, m —высота рабочего сечения, равная наименьшей расчетной толщине сварного шва, λ —длина шва, n —допускаемое напряжение для сварочного шва, регулируемое инструкцией по применению дуговой электросварки в строительстве, составленной Ин-том сооружений в 1931 г. По этой инструкции при действии статич. нагрузок допускаются следующие напряжения для материала шва в кг/см² (I—при действии

основных нагрузок, II—при совместном действии всех нагрузок):

	I	II
Сжатие	1 000	1 200
Растяжение	900	1 100
Срезывание	720	870

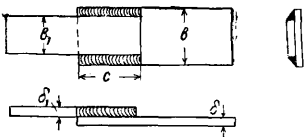
При действии на сооружение регулярной вибрационной нагрузки, вызывающей перемену знака, допускаемые напряжения для материала сварных швов снижаются на $\frac{1}{3}$.

При соединении частей внахлестку (фиг. 4) наименьший размер нахлестки $c = 5\delta$, где δ —толщина соединяемых частей. Швы, изображенные на фиг. 4, называются лобовыми и рассчитываются на растяжение или сжатие, а на фиг. 5—фланговыми и рассчитываются на срезывание. Фланговые и лобовые швы предпочтительнее соединений встык. При проектировании сварных конструкций необходимо центрировать усилия, передаваемые сварными соединениями во избежание появления дополнительных напряжений. При действии динамической нагрузки надлежит развивать гл.



Фиг. 4.

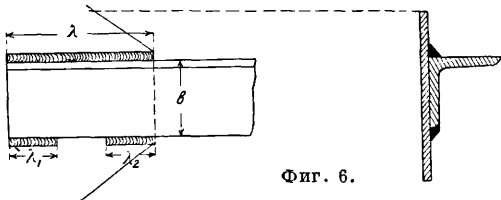
обр. фланговые швы. При соединении внахлестку не разрешается сваривать соединение одним лобовым швом, а назначать два шва с обеих сторон нахлестки.



Фиг. 5.

Экономически более выгодным является соединение, имеющее небольшую высоту шва при большой длине, нежели шов с обратной характеристикой. Однако наибольшая длина флангового шва, которую разрешается вводить в расчет, не должна превышать 25 высот шва. При расчете швов для приварки равнобоких уголков можно принимать (фиг. 6), что $\lambda_1 + \lambda_2 = 0,3L$ и $\lambda = 0,7L$, где $L = \lambda + \lambda_1 + \lambda_2$ —длина всех швов, соответствующая полному действующему усилию. По германским нормам допускаются напряжения на растяжение 850 кг/см^2 , на сжатие— $1\ 100 \text{ кг/см}^2$, изгиб— 850 кг/см^2 и срез— 750 кг/см^2 .

Метод сварки узловых и стыковых соединений металлич. строительных конструкций стимулирует переход к новым усовершенствованным видам профилей в отличие от применяющегося для обычных клепаных систем прокатного сортамента. По условиям процесса



Фиг. 6.

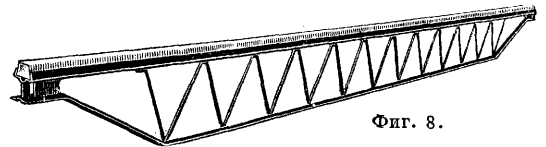
горячей прокатки наименьшая толщина полок профильного железа определяется в 4 мм. Кроме того дальнейшему уменьшению этой толщины соответствовала бы необходимость уменьшения диам. заклепок, что в свою очередь недопустимо, т. к. при нагреве произошло бы сгорание заклепок. Метод электросварки дает возможность конструировать решетчатые металлич. фермы из тонкого парсового

железа толщиной 1,5—2,5 мм, подвергаемого предварительно холодной прокатке с целью придания ему любой, требуемой по проекту и наимыгоднейшей в статич. отношении формы, и

Типовые сечения штампованной сваренной стропильной фермы			
Верхн. пояс	Нижн. пояс	Раскос	Стойка

Фиг. 7.

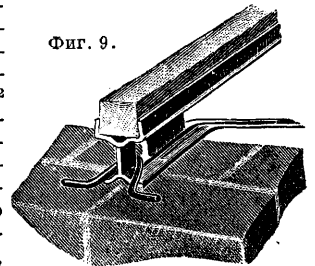
т. е. такой формы, в к-рой путем перераспределения масс металла получается профиль, обладающий большей устойчивостью при работе на сжатие и большей прочностью при работе на изгиб. Простота процесса холодной прокатки столь тонких профилей, какие применяются для указанной цели, дает возможность образования профиля любых необходимых размеров и любого начертания, благодаря чему конструктор не является связанным определенным сортаментом, как это имеет место при пользовании прокатными профилями.



Фиг. 8.

В виду незначительной толщины стенок этого рода конструкций требуется принятие особых мер для предотвращения ржавления. С этой целью в США прокатываемые описанным способом профили подвергаются предварительно процессу гальванизации. На фиг. 7 представлены примеры образования такого рода профилей, спроектированных для поясов металлич. стропильной фермы пролетом 15 м.

При расстоянии между фермами в 4 м и нагрузке на нее 230 кг/м^2 полный вес фермы составляет 440 кг. Такая же ферма, спроектированная из прокатных профилей со сварными соединениями, весит 600 кг, а такая же клепаная ферма весит 810 кг. На фиг. 8 и 9 показан другой вид применения описанных конструкций, а именно решетчатые сварные фермы—балки, применяемые для образования междуэтажных перекрытий, не несущих больших временных нагрузок, как например в жилых домах, гостиницах, административных и т. п. зданиях. Эти фермы дают 30—40% экономии по сравнению с металлич. балками сплошных профилей.



Фиг. 9.

Лит.: Сварные металлические конструкции. Инструкция по применению дуговой электросварки в строительстве (Иннорс), М., 1931; Ш т а м м Е., Современное промышленное строительство в Америке, М., 1930; S e l y e E., Assuming Responsibility for Structural Welding, «Engineering News Record», N. Y., 1932, May 26; K n a p i k E., Hospital Addition Introduces Welding in San-Francisco, ibid., 1933, Febr. 16.

Е. Штамм.
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ, см. *Электрический ток*.
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, см. *Электрич. станции*.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА, см. *Электричество* (дополнительный том).

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, поле покоящихся электрич. зарядов. Так как Э. п. является частным случаем электромагнитного поля, можно вывести законы Э. п., пользуясь ур-ниями Максвелла (см. *Максвелла уравнение*, *Электромагнитное поле*). Проще однако исходить из основного опытного закона электростатики—закона Кулона. Наконец возможен еще третий путь, принятый проф. Френкелем,—рассмотрение не отдельных зарядов, а диполей. Принимая в качестве постулата, что Э. п. консервативно, можно вывести все законы Э. п., рассматривая элементарные диполи. Использование закона Кулона является все же наиболее простым методом, вследствие чего этот способ и будет в дальнейшем применен.

Согласно закону Кулона два точечных заряда действуют друг на друга с силой

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi K_0 \epsilon R^2}, \quad (1)$$

т. е. силой, пропорциональной их зарядам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Сила направлена по линии, их соединяющей, и в случае одинакового знака зарядов отталкивает один заряд от другого, при противоположных знаках—притягивает. Поэтому закон Кулона м. б. выражен так:

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi K_0 \epsilon R_{12}^3} \mathbf{R}_{12},$$

где \mathbf{R}_{12} —радиус-вектор, проведенный из точки, где находится первый заряд, в точку, где находится второй, \mathbf{F}_{12} —сила, действующая на второй заряд вследствие присутствия первого, ϵ —диэлектрич. коэф. среды, показывающий, во сколько раз сила в данной среде будет меньше, чем в вакууме, K_0 —диэлектрич. постоянная вакуума, равная $0,884 \cdot 10^{13}$ г/см. Удобство введения этой величины и коэф. 4π будет видно из дальнейшего. Т. к. сила, действующая на заряд, пропорциональна его величине, то величиной, характеризующей поле, является отношение силы к заряду, на к-рый она действует. Эта величина называется напряженностью Э. п. Напряженность Э. п. одного заряда q согласно закону Кулона равна

$$\mathbf{E} = \frac{q}{4\pi K_0 \epsilon R^3} \mathbf{R}. \quad (2)$$

Она направлена по радиусу-вектору. В этом ур-ии благодаря выбору коэф-тов q выражено в кулонах, \mathbf{E} —в вольтах на см. Если в пространстве несколько зарядов, напряженность поля равна геометрич. сумме напряженностей, происходящих от каждого заряда в отдельности. Так как такое суммирование производить затруднительно в целом ряде случаев, удобно ввести понятие о потоке вектора \mathbf{E} через поверхность S

$$N = \int_S E_n dS,$$

где E_n —проекция напряженности поля \mathbf{E} на нормаль к бесконечно малой поверхности dS . Согласно теореме Гаусса поток вектора напряженности поля через любую замкнутую поверхность равен заряду, находящемуся внутри этой замкнутой поверхности, деленному на K_0 и ϵ :

$$\oint_S E_n dS = \frac{q}{K_0 \epsilon}. \quad (3)$$

Если заряд распределен по объему, ограниченному замкнутой поверхностью, и объемная

плотность его равна ρ , то, разделив на объем и переходя к пределу при уменьшении объема до нуля, находим согласно второй теореме Гаусса

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \frac{\rho}{K_0 \epsilon}. \quad (4)$$

Это дифференциальное ур-ие является одним из основных законов не только электростатического, но и всякого электрического поля (см. *Электромагнитное поле*). В вакууме, когда $\epsilon = 1$, удобно пользоваться величиной напряженности электрического поля. В диэлектриках удобнее перейти к вектору

$$\mathbf{D} = K_0 \epsilon \mathbf{E}, \quad (5)$$

т. к. при этом ур-ие (4) принимает наиболее простой вид:

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = \rho. \quad (6)$$

В изотропной среде ϵ —величина скалярная, и поэтому введение величины \mathbf{D} , к-рая носит название электрической индукции, не встречает затруднений. Э. п. является полем консервативным. Работа, совершаемая силами поля, при перемещении единичного положительного заряда не зависит от пути, а лишь от начального и конечного пунктов. Это доказывается легко для поля одного заряда, а затем для поля многих зарядов. Для одного заряда

$$\int_L \mathbf{E} dS = \left(\frac{q}{R_1} - \frac{q}{R_2} \right) \frac{1}{4\pi K_0 \epsilon}, \quad (7)$$

где R_1 и R_2 —расстояния начальной и конечной точки. Каждая точка т. о. определяется величиной, носящей название потенциала,

$$\varphi = \frac{q}{4\pi K_0 \epsilon R} + \text{Const.}$$

Предполагая, что в бесконечно удаленной точке потенциал равен нулю, необходимо произвольную постоянную приравнять нулю. Таким образом потенциал любой точки в поле одного заряда равен

$$\varphi = \frac{q}{4\pi K_0 \epsilon R}. \quad (8)$$

Потенциал поля нескольких зарядов очевидно равен сумме потенциалов полей каждого из зарядов в отдельности. Соотношение между потенциалом и напряженностью поля определяется ур-ием

$$d\varphi = -\mathbf{E} dS$$

или

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad} \varphi. \quad (9)$$

Соединяя это ур-ие с ур-ием (4), получают основное ур-ие Э. п.—ур-ие Пуассона

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} \varphi \nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{K_0 \epsilon}. \quad (10)$$

Обычно задачи, к-рые ставятся в электростатике, заключаются в том, что даны заряды на проводниках и необходимо найти потенциал Э. п. или дан потенциал проводника определенной формы и необходимо найти распределение зарядов. Вместе с тем находится величина емкости проводника или система проводов. Лишь в некоторых случаях решение задачи очень просто. Таковы напр. поля шара, шарового конденсатора, цилиндрич. конденсатора, плоского конденсатора. В ряде случаев помогает метод *конформных отображений* (см.), но в большинстве случаев точное решение невозможно. Уменьшение напряженности Э. п. в диэлектрике м. б. объяснено тем, что под влиянием Э. п. происходит сдвиг связанных зарядов в молекулах диэлектрика. Эти заряды создают поле, противоположное основному и пропор-

циональное ему. Если суммарный электрический момент в единицах объема равен P , причем

$$P = \alpha K_0 E,$$

то для одного заряда напряженность поля оказывается равной

$$E = \frac{q}{4\pi K_0 R^2} - \frac{P}{K_0},$$

или

$$E(1 + \alpha) = \frac{q}{4\pi K_0 R^2}.$$

Т. о. диэлектрич. коэф.

$$\epsilon = 1 + \alpha.$$

Энергия Э. п. может быть выражена двояко. Приписывая каждому проводнику заряд и потенциал, можно получить энергию электростатического поля таким образом:

$$W = \sum \frac{q_i \varphi_i}{2}.$$

Для распределенных по объему зарядов

$$W = \int \frac{e\rho}{2} dV. \quad (11)$$

Приписывая же энергию полю, находят

$$W = \int \frac{ED}{2} dV. \quad (12)$$

Можно показать, что оба эти выражения дают одно и то же значение энергии. Правильно считать эти формулировки двумя сторонами одного и того же явления.

И. Кляцкин.

ЭЛЕКТРОСТРИКЦИЯ, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОТЕРМИЯ, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, см.

Электрические измерения.

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ УГЛИ, большая группа твердых электропроводящих неметаллических материалов, отличающихся от всех прочих проводников электричеством отрицательным t^2 -ным коэф-том электросопротивления (т. е. в этих материалах наблюдается обратная зависимость между колебанием t^0 и изменением сопротивления).

Состав Э. у. в него входят: основное сырье, связующие вещества и примеси. В качестве основного сырья для Э. у. используются всевозможные углеродистые вещества, главнейшими из к-рых являются следующие: 1) сажа—один из лучших сырьевых материалов, по химич. составу почти чистый углерод. Для технических целей получается путем сжигания креозотового масла при недостатке кислорода. Хорошая сажа не должна содержать в заметном количестве летучих веществ и золы; применяется для высококачественных изделий, а также в качестве примеси в изоляционных резиновых смесях. 2) Древесный уголь—содержит мало золы и приближается по своим свойствам и назначению к саже. 3) Графит естественный; лучший сорт цейлонский. Сорта с содержанием свыше 10% золы подвергаются предварительно обеззоливанию, сущность

к-рого заключается в прокаливании графита с едким натром с последующим выщелачиванием водой и нагреванием с хлористым калием и серной к-той. 4) Графит искусственный (ретортный уголь)—продукт сухой перегонки каменного угля. Различают три сорта: белый, серый и черный. Графит искусственный не отличается высокими качествами и идет для изготовления неответственных изделий. 5) Каменноугольный кокс—содержит мало летучих веществ, но много золы. Для уменьшения содержания последней каменный уголь подвергается предварительной очистке до коксования. 6) Нефтяной кокс—получается при перегонке нефти в ретортах. Содержит мало золы. 7) Антрацит—широко применяется для электродов электрич. печей, для к-рых вопрос о чистоте материала не имеет решающего значения. Для сопоставления в табл. 1 приведены сведения о составе и некоторых характеристиках сырья для Э. у.

Связующие вещества [12]. Назначение их заключается в том, чтобы соединить между собою измельченные частицы основных материалов при изготовлении изделий. Связующие вещества бывают: 1) Жидкие, главнейшими представителями которых являются смолы: а) каменноугольная—черного цвета с большим содержанием углеводородов, б) ретортная—газовая, получается в производстве светильного газа, содержит меньше легких углеводородов (состав изменяется в зависимости от характера перегонки и сорта угля), в) смола водного газа, применяемого для освещения; отличается от каменноугольной гл. обр. отсутствием содержания смоляных к-т. Уд. в. упомянутых смол при 20° 1,19/1,2. В состав их входит зола—0,06—0,09% и летучие вещества—ок. 6%. Перед применением смолы необходимо обезвожить и освободить от летучих веществ. 2) Твердые—основной представитель их каменноугольный пек, получаемый при перегонке каменноугольного дегтя. Содержит золы не свыше 0,05%. Помимо упомянутых в качестве связующих материалов применяют также сахарный раствор, патоку и пр. При меси применяются или в качестве шлакующих веществ или с целью придания изделию специфич. свойств (напр. окраски пламени в вольтовой дуге).

Табл. 1.—Состав и важнейшие свойства основного сырья для Э. у.

Наименование материала	Влажность, %	Летучие вещества, %	Углерод, %	Зола, %	Уд. вес
Антрацит	2,4—14,0	1,5—8,5	65,0—85,0	6,0—18,0	1,5
Кокс	0,5—1,5	0,3—3,0	80,0—95,0	4,0—21,0	1,9
Нефтяной кокс	0,4—2,0	4,0—18,0	82,0—97,0	0,5—2,0	1,8
Ретортный уголь	0,5—2,0	4,0—13,0	88,0—97,0	3,0—10,0	—
Естеств. графит	0,5—2,0	1,0—7,3	78,0—92,0	7,9—19,7	2,0—2,5
Древесный уголь	1,0—10,0	1,0—10,0	84,0—97,0	1,0—4,0	—
Сажа	0,6—3,0	3,0—7,0	90,0—96,0	0,6—10,0	2,0—2,05
Сажа московская	5—7	12,3—1	—	0,21	—
Сажа вологодская	12	0,93	—	2,1	—
Сажа заграничная лучшая	1,90	0,55	—	0,05	—

в процессе изготовления [12, 13] угольных изделий примерно одинаков и разбивается в порядке последовательности на следующие операции. 1) Прокаливание, или кальцинация в атмосфере углеродистых сырьевых материалов до t^2 , необходимой для получения в конечном итоге продуктов с содержанием ле-

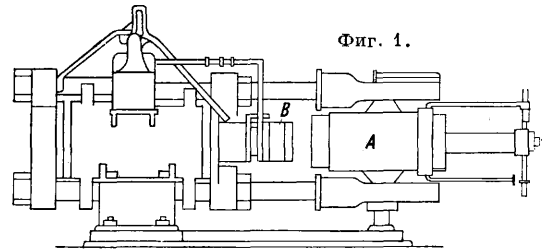
гучих веществ и золы; применяется для высококачественных изделий, а также в качестве примеси в изоляционных резиновых смесях. 2) Древесный уголь—содержит мало золы и приближается по своим свойствам и назначению к саже. 3) Графит естественный; лучший сорт цейлонский. Сорта с содержанием свыше 10% золы подвергаются предварительно обеззоливанию, сущность

тухих веществ не свыше 0,5% и влаги не более 0,3%. Необходимость предварительного прокаливания вытекает гл. обр. из того обстоятельства, что сырые материалы с трудом поддаются прессовке и обладают значительно большим электросопротивлением. Прокаливание происходит в электрич. и газовых печах различных систем. В местах с дешевой электроэнергией предпочитают первый тип печей. 2) И з м е л ь ч е н и е кальцинированного сырья в порошок с различными размерами отдельных частиц. Последнее обстоятельство необходимо для придания большей плотности готовому изделию, так как мелкий порошок заполняет поры между частицами более крупного. Примеси железа удаляются из порошка при помощи электромагнитных сепараторов. 3) С м е ш и в а н и е предназначенных для производства материалов происходит после предварительного их размешивания в специальных аппаратах, представляющих собою барабан с вращающимся внутри него валом с лопатками. В период смешивания барабан подогревается. Основная задача смешивания заключается в получении однородной пластичной массы при минимальной затрате связующих веществ. 4) Прессовка изделий из получаемой при смешивании массы производится в стальных формах под большим давлением (порядка 500 кг/см^2 и выше) или путем выдавливания смеси в гидравлических прессах через отверстие или мундштук надлежащей формы. Первый способ дает более плотные изделия, второй — большую производительность. 5) О б ж и г — имеет своей целью повышение механич. прочности изделия, уменьшение его уд. сопротивления и придание материалу способности сохранять присущие ему свойства при колебании t° в определенном интервале. Желаемые результаты достигаются благодаря разложению или дистилляции связующих веществ, которые, теряя содержащиеся в них летучие составные части, превращаются в кокс, цементирующий отдельные частицы изделия в одно монолитное целое. При ударе необожженное изделие издает глухой звук, после же обжига — ясный и звонкий. Для обжига применяются газовые и электрич. печи. 6) О ч и с т к а изделий от возможных дефектов на их поверхности, образовавшихся в процессе обжига. Для этой цели применяют очистку металлч. щетками, карборундовыми резцами и наждачными кругами в зависимости от формы изделия. 7) И с п ы т а н и е продукции заключается в выявлении механич. и электрич. свойств применительно к технич. условиям, предъявляемым к данному изделию и материалу.

Уход за углями. 1) Угли надлежит хранить в герметических футлярах и предохранять от сырости, способствующей разрушению электродов; 2) заменяя отрицательный электрод, нужно сменить и положительный; 3) для облегчения образования нормальной дуги следует отрицательный электрод заострить, а в положительном сделать небольшое углубление для кратера.

Главнейшие применения Э. у. Осветительные искусственные угли и готовятся из указанного выше сырья. Необходимые размеры и форму осветительные угли приобретают на горизонтальном гидравлич. прессе, изображенном на фиг. 1. Пресс состоит из гидравлич. цилиндра с шипом В и цилиндра А. В последний загружается подле-

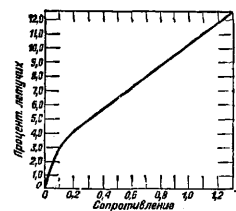
жащая прессовке угольная масса. Давлением шипа В масса выпрессовывается через отверстие цилиндра А с мундштуком, имеющим форму и размер электрода. Величина давления колеблется в пределах 300—500 atm. При прессовке необходимо также учитывать усадку изделия, к-рая может достигать 12%. Для образования канала внутри электрода мундштук снабжается особой насадкой в виде иглы. Цементирующим



Фиг. 1.

связующим веществом обычно служит жидкое стекло состава $\text{SiO}_2\text{K}_2\text{O}$. В качестве шлакирующих веществ, предохраняющих угли от всплыва в процессе горения, добавляют борную к-ту B(OH)_3 , буру $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ или борнокислый цинк $\text{Zn}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Окраска пламени достигается добавлением различных солей фтора, напр. фтористого бария BaF_2 — придает зеленоватый оттенок, фтористого стронция SrF_2 — дает красно-бурый тон и фтористого кальция CaF_2 , придающего яркочелту окраску.

Обжиг отпрессованных аморфных электродов в нормальных печах в среднем продолжается 37—43 дня, из к-рых от 2 до 4 дней идет на нагрузку печи. действие 12—20 дней, охлаждение 20 дней и разгрузку 3—5 дней; t° обжига порядка 1100° . Для уменьшения уд. сопротивления аморфного угля его подвергают графитированию в печах при t° около 2000° . Общая продолжительность всего цикла в пределах 25—40 дней. Сущность образования графита заключается в том, что в результате реакции между аморфным углеродом и окислами металлов и кремния, содержащихся в виде примесей в материалах, образуются карбиды, которые при повышенной t° в печи разлагаются; графит остается в итоге этого разложения, а примеси, связанные с ним, испаряются. При надлежащем графитировании удельное

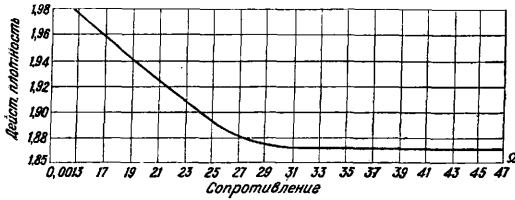


Фиг. 2.

сопротивление электрода понижается примерно в четыре раза по сравнению с обыкновенным аморфным. Омическое (удельное) сопротивление угольных электродов находится в прямой зависимости с содержанием золы и летучих веществ и в обратном соотношении с наличием углерода, кажущейся и действительной плотностью электрода. Кажущаяся плотность служит характеристикой механической структуры изделия и представляет собою плотность электрода, включая поры и пустоты. Математически указанная величина м. б. выражена следующей ф-лой: $K = \frac{Q}{V}$, где Q — вес электрода в г, V — объем его в см^3 , K — кажущаяся плотность. Истинная плотность — это плотность материала без пор и пустот. Она характеризует материал с химич. стороны и уменьшается с повышением содержания уг-

ледородов в электроде. Зависимость электропроводности от наличия летучих веществ представлена на фиг. 2. Соотношение между той же величиной и истинной плотностью электрода изображено на фиг. 3.

Испытания электродов после обжига и очистки в основном заключают в себе след. операции. 1) Внешний осмотр для выявления трещин, шероховатостей и одинаковой толщины по всему электроду. 2) Определение прямизны угля; для этой



Фиг. 3.

цели угли катают по наклонной плоскости, на конце которой расположена линейка с прорезом, соответствующим диам. электрода. Угли с большой кривизной не в состоянии катиться по наклонной плоскости, с незначительной же кривизной не могут пройти через упомянутый прорез в линейке. 3) Измерение электропроводности. Угли с большим сопротивлением и с нормальной (в пределах $1,4 \div 1,6$) кажущейся плотностью считаются недостаточно отожженными и подвергаются вторичному обжигу. Чрезмерно пористые с низкой кажущейся плотностью бракуются и поступают в лом для вторичной переработки. 4) Исследование однородности состава и структуры, признаком чего является постоянство напряжения при горении, фиксируемое самопишущим вольтметром. Об этих качествах возможно также судить и по анализу проекции на экран вольтовой дуги и ее кратера и характеру излома угля. Доброкачественные угли обладают металлич. звуком при ударе друг о друга, не пачкают рук и не оставляют следа на бумаге, что служит признаком большой твердости, при горении сохраняют правильную форму конуса, не выделяют золы и не образуют у кратера шариков и белых кантов.

Классификация осветительных углей. По структуре различают: 1) угли однородные, или без фитиля, иначе называемые гомогенными, и 2) неоднородные, или с фитилем. В качестве материала для фитилей применяют порошкообразные смеси или металлич. проволоку, обычно медную, которыми заполняют цилиндрич. канал по середине угля. Заполнение канала фитильной массой происходит на ручных прессах с последующей сушкой при t° около $60-80^\circ$ примерно в течение суток. В некоторых случаях, в зависимости от характера смеси, t° повышается до $500-600^\circ$. Роль фитиля заключается: 1) в облегчении нормального развития кратера, 2) придании окраски пламени в зависимости от характера содержащихся в нем примесей, 3) уменьшения уд. сопротивления угля при наличии металлических фитилей, 4) повышении отдачи света. По роду тока различают: угли для постоянного и переменного токов. Положительный электрод Э. у. для постоянного тока обычно применяется с фитилем и по диам. бывает больше отрицательного в $1\frac{1}{2}-2$ раза, причем плотность тока

на положительный уголь составляет 1А на 28 мм², а на отрицательный без фитиля—1А на 11 мм². Угли для переменного тока имеют одинаковый диаметр при плотности тока 1А на 9—11 мм². При горении оба электрода разрушаются одинаково. Пламенные угли для ламп интенсивного горения—в них фитильная масса смешивается с солями фтора, вследствие чего повышается световая отдача лампы и придается окраска ее пламени. Аморфные и графитированные угли—однородные. Сопоставление их основных характеристик приведено в табл. 2.

Табл. 2.—Основные свойства графитированных и аморфных углей.

Характеристика углей	Графитиров. угли	Аморфные, обожженные в электропечах	Аморфные, обожженные в газовых печах
Уд. сопротивление в 2-см	0,00083	0,00325	0,004
Сравнит. площадь сечения для равных падений напряжения	1	3,8	4,4
Кажущаяся плотность	1,585	1,558	1,55
Сопротивление на растяжение в кг/см ²			
а) вдоль	50—62	62—94	62—94
б) поперек	31—37	37—56	37—56
Темп-ра окисления в воздухе	640°	500°	500°

Марки и свойства наиболее распространенных осветительных углей, применяемых в СССР, приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Марки и свойства важнейших сортов углей, применяемых в СССР.

Марки	Применение	Краткая характеристика
♀ ♀	Для дуговых ламп пост. тока	Отличаются длинной. При горении выделяют много золы
Экстра	Для ламп постоянного и переменного тока	Горят спокойно, не оставляют золы, с наибольшей световой отдачей
Экстра ЕМ	Для ламп продолжительного горения, малой силы тока	Горят сильным, ярким белым светом
Экстра Е	Для постоянного и переменного тока	Горят при любом включении ровным светом без золы
Экстра эффект	Для пламенных дуговых ламп	Дают большую силу света при одинаковом расходе энергии с обыкновенными углями. Выпускаются золотисто-желтого, молочно-белого, красного и других цветов
Экстра металл ±	Для пламенных дуговых ламп постоянного тока	Длина углей достигает 700 мм. Для уменьшения уд. сопротивления фитиля изготовляются из металлич. проволоки. Свет золотисто-желтый, молочно-белый, красный
Экстра металл	Для пламенных дуговых ламп переменного тока	Применяются исключительно для ламп интенсивного горения: «Аксис», «Альфа», «Триплекс». Свет интенсивно белый. Выпускаются с фитилем
Альфа 50 и альфа 43	Для пламенных дуговых ламп постоянного тока	

По исследованиям Schreihage сила света обратно пропорциональна диам. угля, что указывает на выгоду применения углей с малым диам., но большей плотностью тока. На практике же это оказывается фактически невыполнимым в

виду трудности эксплуатации углей подобного рода. Электросопротивление однородных—гомогенных углей—колеблется в пределах $3,3 \cdot 10^{-3} \Omega\text{-см}$ ÷ $6,5 \cdot 10^{-3} \Omega\text{-см}$. Для углей с фитилем от $15,6 \cdot 10^{-3} \Omega\text{-см}$ до $17,5 \cdot 10^{-3} \Omega\text{-см}$. Для уменьшения электросопротивления поверхность углей в некоторых случаях покрывается тонким слоем меди электролитическим способом. При заказе на осветительные угли необходимо указывать: марку, размер их, исполнение, т. е. с фитилем или без фитиля, постоянный или переменный ток, освещение: окраску пламени. Сведения о размерах осветительных углей, допустимой силе тока и продолжительности их горения приведены в табл. 4, 5 и 6.

Табл. 4.—Шунтовые и дифференциальные лампы постоянного тока.

Сила тока, А	Анод, мм	Катод, мм	Напряжение, В	Продолж. горения, часы
Шунтовая лампа				
6	14	9	38	10
8	16	10	40	16
10	18	12	41	16
12	20	13	42	16
15	20	13	42	18
Дифференциальная лампа				
6	14	9	39	10
8	16	10	40	16
10	18	12	42	16
12	20	14	43	16
15	20	14	43	18

Угли для прожекторов с дугой высокой интенсивности (обыкновенного горения) [6]. Среди них лучшими являются угли марки «Ка», выпускаемые фирмой Сименс-Шукерт. Для изготовления их служит чистый кокс высшего качества. Фитильная масса содержит в себе небольшое количество жидкого стекла. Для повышения световой отдачи в фитиль до-

бавляют окись тория ThO_2 и окись церия Ce_2O_3 . Колебание напряжения при горении углей высокого качества не должно превышать $\pm 5\%$. Скорость сгорания не более 50 мм/ч. Цифровые данные, характеризующие угли марки «Ка», приведены в табл. 7.

Табл. 7.—Угли для прожекторов марки «Ка».

Сила тока, А	Напряжение, В	Длина дуги, мм	Диам. положит. электр., мм	Диам. отрицат. электр., мм
100	68	29—31	27,5	12
120	71	33—35	30	12
150	75	38—40	36,5	11
200	80	43—48	38	16

Сведения об углях прожекторов AEG указаны в табл. 8.

Табл. 8.—Угли для прожекторов AEG.

Диам. отражателя, см	Сила тока, А	Длина углей, мм		Диаметр углей, мм	
		l+	l-	d+	d-
35	30	195	175	21	15
60	60	200	190	23	15
90	120	250	250	33	22,8
110	150	330	350	38	26
110	180	410	410	45	32

Угли для прожекторов с дугой высокой интенсивности [6]. Для изготовления оболочки угля применялся в различном соотношении материалы, указанные в табл. 9.

Темп-ра обжига углей около 1450° . В фитильную массу входит 51% фтористого церия CeF_3 , 23,5% смолы и 17% сажи. Электросопротивление фитиля значительно ниже, чем оболочки,

Табл. 5.—Лампы «Триплекс» постоянного тока.*

Сила тока, А	Обыкновенная лампа				Пламенная лампа				Интенсивная лампа с параллельными углями			
	Анод, мм	Катод, мм	Напряжение, В	Прод. горения, часы	Анод, мм	Катод, мм	Напряжение, В	Прод. горения, часы	Анод, мм	Катод, мм	Напряжение, В	Прод. горения, часы
6	13	8	36	8—10	14	12	28	11	9	8	37	5—6
8	15	9	36	8—10	16	14	30	14	10	9	37	8—10
10	16	10	38—40	14—16	17	15	31	15	—	—	—	—
12	18	12	38—40	14—16	18	16	32	15	—	—	—	—
15	18	12	38—40	16—18	30	18	33	20	—	—	—	—

* Для включения по три последовательно в цепь 110 В.

Табл. 6.—Лампы переменного тока.

Сила тока	Дифференциальные лампы				Интенсивного горения				Триплекс интенсивного горения					Пламенные продолжительного горения				
	Угли		Напряжение, В	Продолжит. горения, часы	Угли		Напряжение, В	Продолжит. горения, часы	Угли		Напряжение, В	Продолжит. горения, часы	Угли			Напряжение, В	Продолжит. горения, часы	
	Диам., мм	Длина, мм			Диам., мм	Длина, мм			Диам. верх., мм	Диам. ниж., мм			Длина, мм	Диам. верх., мм	Диам. ниж., мм			Длина, мм
6	—	—	—	—	7	300	42	6—7	—	—	—	—	—	—	—	—		
8	—	—	—	—	7	400	44	8—9	13	14	200	26	10—11	16	15	—		
10	12	200	29—31	8	8	500	45	10—12	13	15	250	27	14—15	17	16	—		
12	13	290	29—31	13	9	625	45	—	14	16	250	29	14—15	18	17	—		
15	14	260	29—31	13	—	—	—	—	16	18	325	23	19—20	19	18	—		
20	16	325	31—33	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> } Верхний 280 Нижний 250 } 80—100 </div>																		

Табл. 9.—Материалы для прожекторов с дугой высокой интенсивности.

Материал	Сила света, св.	Скорость сгорания, мм/ч	Глубина кратера, мм
Алиберовский графит	77 000	202	5,3
Ачесоновский »	90 000	220	3
Курейский »	71 000	208	5
Нефтяной кокс	78 500	203	9,7
Сажа	105 000	555	8

что влечет за собою повышение плотности тока в центре кратера и в результате более быстрого его сгорания—разрушение. Данные, характеризующие угли высокой интенсивности, приведены в табл. 10.

Табл. 10.—Угли высокой интенсивности.

Диам. отражателя, см	Сила тока, А	Напряжение, В	Наружн. диам., мм		Максим. длина, мм	
			Положит. углы	Отриц. углы	Положит. углы	Отриц. углы
150	150	80	16,0	11,0	560	300
90	150	78	16,0	11,0	560	300
75	120	68	13,5	11,0	560	265
60	75	55	11,0	11,0	460	172

Угли для киноустановок горят белым сильным ровным светом, не оставляя на экране теневых пятен. Изготавливаются для постоянного тока марки «Экстра-К» и для переменного тока марки «Экстра-Эффект-К». В последнем случае угли всегда снабжаются фитилями.

Угольные электроды для электролиза [4, 12] должны обладать возможно низким электросопротивлением в виду того, что электролитич. процесс происходит при незначительных напряжениях и больших силах тока. Содержание золы, повышающей уд. сопротивление, не д. б. более 2,5%. Данные о размерах и других характеристиках этих углей приведены в табл. 11.

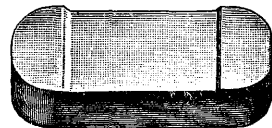
Табл. 11.—Угольные электроды для электролиза и электросварки.

Температура печи	Сопротивление, Ω-см	Теплопроводность	Примечание
20°	0,00181	—	Размеры цилиндрич. углей для сварки от 10 до 60 мм диам. через 1 мм
360°	0,00166	0,95	
751°	0,00159	1,32	
942°	0,00148	1,38	
20°	0,000337	—	Размеры призматич. углей для производства кальцикарбида от 100×100×1 500 мм до 100×400×1 200 мм, а цилиндрич. от 100×1 500 мм до 300×1 500 мм
389,6°	0,000330	3,60	
546,1°	0,000324	3,45	
720,2°	0,000316	3,26	
913,9°	0,000313	3,10	

Угольные электроды для электросварки—сведения о них даны в вышеприведенной табл. 11.

Агломерат [5], или деполяризатор, т. е. поглотитель водорода, выделяющегося на положительных электродах элементов и понижающего их эдс. Агломераты состоят из порошка угля или графита, смешанного с богатым кислородом перекисью марганца MnO_2 . В сред-

нем берут по весу 2 ч. MnO_2 и 1 ч. угольного порошка. Обычно упомянутая масса спрессовывается с приданием размеров и формы, близких к предохраняемому агломератом электроду. В иных случаях смесь помещается в мешки с целью предохранения от рассыпания и в таком виде прикрепляется к электродам. Кислород, выделяясь из перекиси марганца, жадно соединяется с водородом, образуя воду, и тем самым нейтрализует его отрицательное действие. Внешний вид твердого (пластинчатого) агломерата изображен на фиг. 4.



Фиг. 4.

Угольные пластины для элементов Лекланше и Бунзена бывают без зажимов (фиг. 5) и с зажимами—боковыми и верхними (фиг. 6). Угольные палочки для элементов (фиг. 7). Размеры пластин и палочек весьма разнообразны; они выполняются обычно по запросу в каждом отдельном случае, хотя наряду с этим и существуют некоторые стандартные заводские размеры, указываемые в прейскурантах. Угольный порошок для микрофонов [3]. Сырьем для порошка служит антрацит высшего сорта. За последнее время начали применять шунгит. Процесс производства заключается в прокаливании размельченного угля при $t^{\circ} 500-800^{\circ}$ без доступа воздуха с последующей сортировкой порошка по величине зерен. От термич. обработки до некоторой степени зависит электросопротивление порошка. В основном порошок подразделяется на два сорта, указанных в табл. 12.



Фиг. 5.

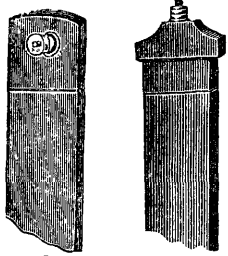
Табл. 12.—Угольный порошок для микрофонов.

Наименование	Краткая характеристика порошка	Примечание
Мелкозернистый	Просеян через сито № 52 (т. е. имеющее 52 отверстия на дм. ²). Электросопротивление ок. 400 Ω-см	Предназначается для телефонных аппаратов системы центральной батареи
Крупнозернистый	Просеян через сито № 45. Электросопротивление порядка 150 Ω-см	Применяется для телефонных аппаратов системы местной батареи

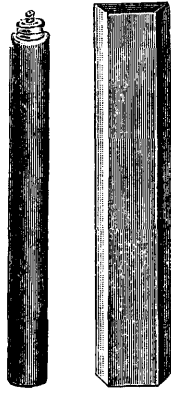
Угольный порошок подвергается испытаниям, которые подразделяются на: физико-механические и электрические. Главнейшие физико-механич. испытания: 1) проверка равномерности зерна, что достигается путем просеивания порошка через соответствующие сита, 2) определение механической прочности. Для этой цели в колбу емкостью до 200 см³ всыпается испытуемый порошок, колба встряхивается 25 раз, после чего определяется количество оставшейся пыли, т. е. частиц, проходящих беспрепятственно через сито № 52. Порошок бракуется при содержании пыли свыше 1%. 3) Определение объемного веса, т. е. веса 1 см³ порошка, насыпанного без встряхивания. Эта величина для порошков советского производства колеблется в пределах 0,8—0,9 г/см³.

Электрич. испытания заключаются в определении сопротивления одного см³ порошка и

осуществляются по схеме, изображенной на фиг. 8. Установка состоит из мраморного основания с прямоугольным в нем углублением N , с двух противоположных сторон последнего помещены угольные электроды k . В углубление, объем u -рога равняется 1 см^3 , всыпается испытуемый порошок. Измерение сопротивления происходит по способу амперметра, mA , и вольтметра, V , при средней телефонной силе тока порядка 15 мА . От-



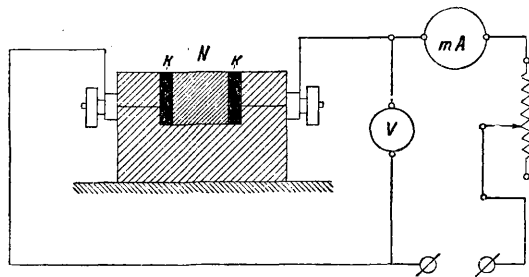
Фиг. 6.



Фиг. 7.

клонения полученных результатов измерений от техн. условий не должны превышать 8% . Указанное испытание является предварительным, окончательное же исследование происходит в готовом микрофоне в реальных условиях на разговор.

Мембраны [13] телефонные изготавливаются из смеси коксового порошка и сажи с соответствующими смолистыми цементирующими



Фиг. 8.

составами, спрессованными под давлением $1\,000 \div 2\,000 \text{ ат(а)}$. Обжиг при $t^\circ \sim 1\,200^\circ$. Поверхность мембран тщательно шлифуется и полируется для уменьшения изнашивания ее при прохождении тока в процессе эксплуатации.

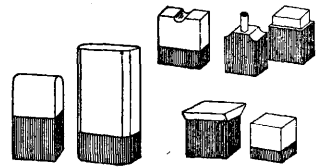
Угли для регулировочных сопротивлений [13]. Применение их для этой цели основано на принципе изменения электросопротивления углей при колебании оказываемого на них давления. По конструкции эти сопротивления представляют пакеты, составленные из пластин или спиралей определенных размеров, сдавливаемых тем или иным способом. Так напр., герм. фирмой Ringsdorf-Werke выпускается сопротивление, состоящее из 25 угольных колец толщиной $0,5 \text{ мм}$, наружный диаметр которых 50 мм и внутренний 43 мм . Зависимость между электросопротивлением и давлением в упомянутой конструкции приведена ниже:

Давление, кг	0,1	0,2	0,5	1,0	5,0	10	15	20
Сопротивление, Ω	23,3	14,3	7,7	4,0	0,96	0,51	0,39	0,33

Угольные нити [7] для ламп накаливания получают из расщепительных волокон, обугленных без доступа воздуха. Вторичное об-

угливание нити происходит после пропитки ее сахаристыми составами. Окончательное выравнивание диаметра по всей длине производится в парах углеводородов при пропускании через нить тока. На более накаленных тонких участках нити оседает углерод из окружающей углеводородной среды, и в результате получается равномерность толщины на всем протяжении нити. Лампы с угольной нитью неэкономичны (световая отдача не выше 6 lm на W) и применяются лишь для реостатов (имеют большое уд. сопротивление), а также иногда, в виду прочности нити, в тех случаях, когда источник света подвергается сотрясению.

Щетки [4,8] являются составной частью электромеханизмов и в основном служат для коммутации тока, т. е. изменения его направления, подведения и снятия с коллекторов динамомашии и электродвигателей. В качестве материала для щеток могут служить ранее указанные углеродистые вещества в чистом виде или с примесями металлич. порошка, напр. меди, бронзы и т. п. В первом случае процесс производства их совершенно аналогичен с однородными осветительными углями. Во втором же случае наблюдается лишь по существу разница в процессе обжига, к-рый происходит в атмосфере водорода, во избежание окисления металла, причем естественно t° обжига не должна превышать $t^\circ_{\text{пл}}$ соответствующей металлической примеси. Применяются также и чисто металлические щетки, но значительно реже, преимущественно для контактных колец двигателей переменного тока. Твердость щеток различна. Более мягкие вызывают меньшее падение напряжения, допускают большую силу тока, но пачкают коллектор. Твердые — наоборот. Щетки д. б. хорошо притерты к поверхности коллекторов и контактных колец. Истирание щеток в течение 24 ч. работы их на коллекторе или кольце без тока при скорости их 10 м/сек не д. б. более $0,25 \text{ мм}$. Щетки д. б. меньшей твердости по сравнению с трущимися поверхностями во избежание быстрого изнашивания и порчи последних. Щетки в нормальном случае изнашиваются равномерно, не нагреваются и сохраняют блестящую поверхность после двухчасовой непрерывной работы. Формы углеродистых щеток весьма разнообразны; некоторые разновидности их приведены на фиг. 9. Для улучшения контакта угольные щетки с верхнего конца иногда омедняются. Слой меди обычно покрывает около $1/2$ щетки и должен плотно прилегать к покрываемой поверхности, быть гладким, блестящим, без пузырей. Толщина слоя не выше $0,05 \text{ мм}$. Действительные размеры щеток не должны отклоняться от предусматриваемых техническими условиями стандартными более чем на $\pm 1 \text{ мм}$ для высоты, ± 0 до $0,15$ для ширины и ± 0 до 1 мм для длины. Толщина омедненных щеток считается вместе со слоем меди. А р м а т у р а щ е т о к служит для создания более надежного контакта между щеткой и токоведущими частями электромеханизма и состоит из специальных проводников и медных пластин — обойм. Проводник (жгутик) состоит из большого числа свитых между собою тонких проволочек, часто покрытых



Фиг. 9.

сверху металлич. плетеной оплеткой. Обоймы готовят из листовой красной меди (толщиной 0,75—1 мм) и укрепляют в верхней омедненной части щетки. Одним концом проводник припаивается к обоим или непосредственно к щетке. Другой конец проводника, снабженный кабельным наконечником или вилкой, зажимается в соответствующем месте щеткодержателя. Без соединительного проводника щетки не должны допускаться в эксплуатацию. Данные о щетках см. ОСТ 1594.

Лит.: 1) Комарков Е., Технология электротехнических материалов, М., 1924; 2) Тихомиров В., Технология электротехнических материалов, М., 1927; 3) Ренне В. и Карандеев К., Электротехнические материалы техники слабого тока, Л., 1933; 4) Окулов П., Технология электроматериалов, М.—Л., 1932; 5) Рябинин П., Электротехнические материалы, Л., 1931; 6) Фролов Р., Электрические прожекторы, М.—Л., 1933; 7) Корольков А., Курс электрического освещения, М.—Л., 1929; 8) Замятин Н., Обслуживание электрических машин, М.—Л., 1933; 9) Кабанов С., Монтаж электрических машин и ремонт их, Л., 1932; 10) Эспер Г., Детали электрических машин, пер. с нем., М.—Л., 1932; ОСТ, вып. 1594; 11) Березовский М., Проекторы высокой интенсивности, «Американская Техника», М., 1926, 10; 12) Мантель Ш., Производство угольных электродов, пер. с англ., Л., 1926; 13) A r n d t K., Die künstlichen Kohlen f. elektrische Oefen, V., 1932. П. Рябинин.

ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЫ, аппараты для удаления из газов при помощи электричества очень мелких частиц твердых тел (пыли), а также жидкостей (в форме тумана). Такого рода частицы вследствие высокой дисперсности проходят через матерчатые и другие *фильтры* (см.) или задерживаются ими только отчасти.

Принцип очистки газов по этому методу заключается в следующем: воздух или газы, содержащие частицы пыли, пропускаются через электрич. поле высокого напряжения, в к-ром последние заряжаются—обычно отрицательным электричеством,—отталкиваются к противоположному пассивному электроду, напр. к хорошо заземленным стенкам аппарата, и осаждаются на нем, отдавая свой заряд, после чего удаляются с электрода при помощи легких ударов или сотрясения в расположенный под ним бункер. Работа Э. может быть разбита на следующие фазы: 1) ионизацию газа, 2) зарядание отдельных пылинки электрич. зарядами, 3) отталкивание заряженных пылинки к противоположному электроду и 4) осаждение пыли на электроде. Для Э. обычно применяют постоянные токи с напряжением от 30 до 250 тыс. В. Такой ток подводят к активному электроду, представляющему в большинстве случаев тонкую проволоку, помещенную в трубку или между плоскими пластинками для получения в пространстве между ними электрич. поля. При этом вокруг активного электрода образуется свечение, происходящее от незначительных по силе, но многочисленных разрядов в виде коротких искр (длиною в несколько мм). Проскакивание электрич. искр между электродами не допускается, поэтому их помещают на определенном расстоянии друг от друга (обычно 10—25 см). При прохождении газа в электрич. поле частицы его ионизируются.

В нек-рых случаях, напр. в случае отходящих газов из металлургич. печей, газы м. б. достаточно сильно ионизированы до вступления в Э.; в таком случае они обладают сравнительно большой электропроводностью, вследствие чего могут, в особенности при высокой t° , легко вызвать образование искры между электродами. Для устранения этого на металлургич. заводах применяют трубчатые Э., при

проходе через которые газы охлаждаются и теряют значительную часть своей электропроводности. Зарядание отдельных пылинок электрич. зарядами происходит при непосредственном столкновении их с электродами активного электрода или с ионами газа, а также благодаря индукции, действию электрич. ветра и т. д. Для активного электрода обычно выбирается отрицательный электрич. заряд, т. к. скорость отрицательных ионов больше, чем положительных, кроме того напряжение поля в этом случае м. б. выбрано более высоким без опасения искрового разряда между электродами. Химический состав и физические свойства пыли также оказывают влияние на скорость ее ионизации, напр. окись цинка трудно ионизируется. В зависимости от этого находится скорость газового потока в электрич. поле и размеры Э. Скорость газа колеблется в пределах от 1 до 4 м в ск., в среднем ок. 2 м. Отталкивание заряженных частиц пыли и газа к пассивному электроду происходит благодаря взаимодействию одноименных зарядов и зависит от напряжения электрич. поля и величины заряда ионизированных частиц. Сила отталкивания F' определяется по формуле: $F' = eH$, где e —величина заряда пылинки, а H —напряжение поля. Благодаря отталкиванию частиц в Э. получается «электрический ветер», который отбрасывает к пассивному электроду как частицы пыли, так и частицы газа. Так как сила отталкивания прямо пропорциональна напряжению поля или разности потенциалов между электродами, желательнее для увеличения производительности Э. повысить напряжение активного электрода как можно больше. Однако вместе со скоростью отбрасывания частиц возрастает также и величина затрачиваемой Э. энергии. Последняя в общем незначительна, например у Э. сист. Котреля она колеблется от 0,15 до 2 kW на 1 м³ очищаемого газа в ск. Осаждение пыли на пассивном (собирательном) электроде происходит до тех пор, пока между электродами существует ток, т. е. совершается перенос зарядов частицами пыли и газа. Последние отдают свои заряды собирающему электроду, и в то время как газ продолжает свое движение вверх, частицы пыли осаждаются на электроде и падают вниз. Пылеосаждение прекращается, когда электрод покрывается слоем пыли, обладающей слабой электропроводностью; поэтому для удаления ее применяют автоматич. обстуживание или сотрясение электрода, после чего пыль попадает в бункер, из которого выгружается посредством шнека или транспортера.

Степень очистки газа зависит: 1) от напряжения электрич. поля, 2) от времени, в течение к-рого газ подвергается воздействию электрич. энергии, т. е. от скорости газового потока и длины пути его в электрич. поле, 3) от химич. состава и физич. свойств частиц пыли. Кроме того небольшое влияние оказывают содержание пыли в 1 м³ газа, t° газа и его влажность. Очистке поддаются как слабо, так и сильно загрязненные газы, напр. с содержанием пыли 65—80 г в 1 м³ газа. Степень очистки непосредственно связана с расходом энергии на выделение пыли. Обычно она больше 90%, во многих случаях достигает 99% и м. б. доведена почти до 100%.

Э. существуют нескольких типов: наиболее часто применяются установки Котреля, затем трубчатые Э., пластинчатые Э. и другие (см.

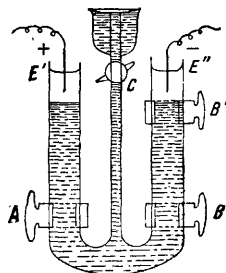
Пылеуловители). Область применения Э. очень обширна. Они употребляются в производстве серной к-ты и других минеральных к-т: азотной, соляной и т. д., а также в производствах, применяющих эти к-ты, напр. при нитровании, сульфировании и т. п. процессах. В серно-кислотном производстве Э. служат для очистки газов из колчеданных печей, для очистки газов от мышьяка и селена при получении серной к-ты по контактному способу, для выделения частиц к-ты из газов во время процесса концентрации и т. д. Аппараты Котреля оказались весьма нечувствительными к высокой t° , например $400-600^\circ$. Применение их для очистки газов колчеданных печей происходит настолько совершенно, что дальнейшая промывка и очистка газов становятся излишними. Также хорошо м. б. очищены газы и от мышьяка, являющегося каталитическим ядом для платины. Мышьяк в виде As_2O_3 при $t^\circ 300-450^\circ$ не м. б. непосредственно выделен Э., т. к. находится в виде газа. Для осаждения его газы осаждают до получения As_2O_3 в форме тумана. Точно так же для выделения из газа хлора предварительно распыляют в нем известь, после чего образовавшуюся хлористую известь осаждают в Э. Для удаления из газов кислых паров в особенности пригодны пластинчатые Э., у к-рых в этом случае все части аппарата д. б. сделаны из кислотоупорного материала. Большое применение Э. находят в металлургии, где при обработке сырья вместе с газами увлекается в виде пыли значительное количество ценного металла, особенно при получении и обработке сурьмы, свинца, меди, олова, цинка и др. Для выделения их в особенности пригодны трубчатые Э., в к-рых вся система труб разделена на две группы: в первой происходят охлаждение горячих газов и выделение более грубых примесей, во второй—выделяется собственно пыль. Э. применяются также для улавливания окиси цинка, напр. при переработке латуни, в производстве цинковых белил и т. д. В производстве цемента, гипса и извести происходит значительная потеря материалов при обжиге, измельчении и других операциях производства. Благодаря применению Э. эти материалы, увлекаемые газами в значительной степени, снова возвращаются в производство. Э. употребляют также для очистки газов из котельных, доменных и других печей. Точные газы (дым) очищаются от угля и других примесей, благодаря чему устраняется загрязнение окружающего воздуха. Колшниковые газы после очистки идут для сжигания в паровых котлах, для газовых двигателей и т. д. Точно так же при помощи Э. может производиться очистка газов коксовых печей от смолы, влаги и механич. примесей. Кроме этого Э. применяются на сульфат-целлюлозных в-дах, при изготовлении брикетов из бурых углей, на табачных ф-ках и во многих других производствах.

Лит. Лукьянов П., Курс технологии минеральных веществ, ч. 1, М., 1931; Климов В., Достижения германской техники в области химической аппаратуры, М., 1929; Фокс Л., Методы и орудия химической техники, ч. 1, Обработка газов, II.—М., 1923; Strong W., Some Theoretical of Electrical Fume Precipitation, «Met. & Chem. Eng.», 1917, p. 648; Вуч, Electrical Precipitation, «Trans. of the Soc. of Chem. Ind.», 1922, p. 22; Silbermann, Elektrische Behandlung von Gasen, Lpz., 1922; Strong, Elektrische Fällung, «Ann. der Phys.», Lpz., 1915, Oct.; Thein, Elektrische Fällung, «Ztschr. f. technische Physik», Lpz., 1921, 7. П. Черенин.

ЭЛЕКТРОФОР, см. Дополнительный том.

ЭЛЕКТРОФОРЕЗ, к а т а ф о р е з, явление переноса взвешенных дисперсных частиц

в дисперсной среде под влиянием приложенной извне постоянной разности потенциалов, т. е. под влиянием электрич. тока, проходящего через данную дисперсную систему. Э. является прямым доказательством наличия поверхностного электрич. заряда у дисперсных частиц (частиц дисперсной фазы) в суспензиях (см.), эмульсиях (см.), дымах и туманах (см.). Для лабораторного исследования Э. применяется аппарат Кена (фигура). При помощи воронки с краном С и кранов А и В прибор заполняется достаточно высокодисперсной суспензией (коллоидным раствором) так, чтобы в верхней части трубок у электродов E' , E'' находился резко отграниченный слой чистой воды или слабого раствора электролита (вообще дисперсионной среды). При наложении между электродами



постоянной разности потенциалов E , т. е. при пропускании тока i , измеряется перемещение границы между дисперсной системой и чистой дисперсионной средой, соответствующее данному времени τ . Помещая еще один кран B' напр. между краном В и электродом, можно определить анализом изменение массы дисперсной фазы в пространстве между обоими кранами BB' , а отсюда точнее измерить подвижность дисперсных частиц по их переносу (аналогично числам переноса ионов в растворах электролитов). Применяется также микроскопическая (ультрамикроскопическая) методика измерения Э. Кен установил правило знака заряда, согласно которому из двух соприкасающихся фаз дисперсной системы положительный заряд приобретает фаза, имеющая наибольшую диэлектрическую постоянную. Поэтому дисперсные частицы в водной среде, например глобулы масла в эмульсиях, обычно заряжены отрицательно, т. к. вода имеет наибольшую диэлектрич. постоянную. Однако правило Кена так же, как и имеющее с ним много общего правило уравнивания полярности (см. Полярность, Поверхностное натяжение, Свободная поверхностная энергия), сохраняет свое значение только в отсутствии адсорбированных слоев ионов, изменяющих условия на поверхности, т. е. в отсутствии электролитов, обычно содержащихся в водной фазе.

Электрофоретическая скорость переноса дисперсных частиц u выражается след. ур-иями:

$$u = \frac{\xi E_1 D}{4\pi\eta}$$

(для палочкообразных—цилиндрич.—частиц) и

$$u = \frac{\xi E_1 D}{6\pi\eta}$$

(для сферических частиц, окруженных диффузным двойным слоем). Пояснение обозначений и вывод см. Электроосмос. $6\pi\eta$ в последнем ур-ии связано с выражением для силы сопротивления вязкой среды движению в ней шарика радиуса (по Стоксу):

$$\frac{r}{\dot{\gamma}} = 6\pi\eta r u.$$

Применение Э. в технике чрезвычайно разнообразно: при очистке газов от взвешенных частиц пыли (дыма), для извлечения ценных пылеобразных отходов (например металлч. пылей)—метод Котреля, для разрушения (оса-

ждения) туманов, для обезвоживания нефти, т. е. для извлечения из сырой нефти эмульгированной в ней воды (см. *Эмульсии*). Э. является удобным технич. методом обезвоживания твердых дисперсных систем, напр. глин (каолина), торфа—метод Шверина. При этом на одном из электродов образуется водный слой сильно обезвоженного осадка из первоначальной водной суспензии. Подобным же образом Э. может быть применен для концентрирования латекса (природной каучуковой эмульсии) осаждением каучука на электроде.

Лит.: Freundlich H., *Kapillarchemie*, B. 1—2, Lpz., 1930—32; Coehn A., *Wied. Ann. d. Phys.*, Lpz., 1898, B. 64, p. 217; *Ztschr. f. Elektrochemie*, Lpz., 1908, B. 15, p. 653; Ellis, *Ztschr. f. phys. Chem.*, Leipzig, 1912, B. 78, p. 321; Powis, *ibid.*, 1915, B. 89, p. 91; Audubert, *Ann. de phys.*, Paris, 1922, série 9, t. 18, p. 34; G y e m a n t A., *Grundzüge d. Kolloidphysik*, Braunschweig, 1925. П. Ребиндер.

ЭЛЕКТРОХИМИЯ, раздел *физической химии* (см.), трактуемый о явлениях, имеющих место при взаимных превращениях химич. и электрич. энергии. Благодаря особой важности как с теоретической, так и с практич. стороны этих явлений, получающих все большее приложение в современной технике, Э. в настоящее время рассматривается как самостоятельная наука. Первая попытка установления количественного соотношения связи между химич. и электрич. энергией при работе гальванического элемента была дана В. Томсоном; по Томсону теплота протекающей в гальванич. элементе реакции целиком превращается в энергию даваемого элементом электрич. тока, в силу чего электродвижущая сила элемента определяется по Томсону следующим равенством:

$$E = \frac{U}{0,24 nF},$$

где E —электродвижущая сила элемента, U —тепловой эффект реакции, F —число Фарадея (см. *Электролиз*), n —число превращающихся при данной реакции грамм-эквивалентов вещества, а 0,24—коэф. для пересчета джоулей в сал. Последующие работы показали целый ряд отклонений, даваемых опытом, от правила Томсона, и правильное решение этого вопроса на основании 2-го принципа термодинамики было дано Гиббсом (1839—1903) и Гельмгольцем (1821—1894) в виде ур-ия, носящего имя обоих этих исследователей,—у р а в н е н и я Г и б б с а - Г е л ь м г о л ь ц а:

$$E = \frac{U}{0,24 nF} + T \frac{dE}{dT},$$

где T —абсолютная темп-ра, а $\frac{dE}{dT}$ —т. н. температурный коэф. электродвижущей силы элемента. Теория механизма возникновения разности потенциалов на границе металл—раствор, содержащий ионы этого металла, объясняющая явления, протекающие внутри гальванич. элементов, была дана в 1889 г. Нернстом путем введения в науку понятия о т. н. э л е к т р о л и т и ч. у п р у г о с т и р а с т в о р е н и я. Подобно тому, как недиссоциирующее на ионы вещество переходит в соответствующий растворитель до тех пор, пока его осмотич. давление не достигает совершенно определенной, зависящей только от t° величины, которую можно назвать у п р у г о с т ь ю р а с т в о р е н и я, и металл по Нернсту имеет определенное стремление посылать свои ионы в раствор, k -рое характеризуется определенной величиной, т. н. э л е к т р о л и т и ч. у п р у г о с т ь ю р а с т в о р е н и я м е т а л л а— P . Несмотря на то что величина электролитич. упругости растворов

для нек-рых металлов м. б. очень велика, при погружении металла в раствор в последний переходит ничтожное количество металла, так как связанное с переходом металла в раствор появление в последнем ионов металла вызывает образование на поверхности раздела металл—раствор т. н. двойного электрич. слоя, препятствующего дальнейшему растворению металла. Подсчитывая величину максимальной работы при этом процессе, Нернст установил основное соотношение, определяющее величину разности потенциалов (или, как иногда говорят, с к а ч о к п о т е н ц и а л а) на границе металл—раствор:

$$E = - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P}{p},$$

где E —скачок потенциала на границе металл—раствор, R —газовая постоянная, T —абсолютная темп-ра, n —валентность иона, F —число Фарадея, P —электролитич. упругость раствора металла и p —осмотич. давление ионов металла в растворе. Это соотношение лежит в основе всех электрометрич. измерений, полученных за последнее время не только теоретическое, но и большое прикладное значение (определение концентрации водородных ионов, растворимость плохо растворимых солей, электролиз, электрометрич. титрование, гальваническая поляризация и пр.).

Современная теория электролитической диссоциации (Лаар, Бьерум, Мильнер, Гош и особенно Дебай и его ученики—Гюккель, Онзагер и др.) исходит из того положения, что растворы сильных электролитов при всех разбавлениях сплошь диссоциированы, поэтому поведение последних в растворе определяется электростатич. силами взаимодействия между противоположно заряженными ионами. В современной химии электрохимич. представления имеют очень важное значение, т. к. они 1) позволяют путем измерения электродвижущих сил гальванич. цепей удобно и точно определять изменение *свободной энергии* (см.) при химич. процессах; 2) дают возможность наглядно представлять химич. процессы с точки зрения современного учения о строении атома; 3) дают правильное истолкование процессов, происходящих в растворах электролитов; 4) дают теоретич. освещение новых методов химич. анализа (кондуктометрич., электрометрич. и электроанализ). Очень важное значение электрохимич. представления имеют в учении о *коррозии* (см.) металлов. Электрохимич. теория коррозии впервые дала правильное объяснение этого явления, приносящего огромнейшие потери народному х-ву, и позволила наметить плодотворные пути борьбы с этим вредным явлением. Учение об электролизе, электродных потенциалах и гальванич. поляризации имеет исключительное значение для широко развившейся за последнее время прикладной Э., охватившей обширные отрасли химич. производства.

П р и к л а д н а я Э. занимается следующими вопросами. а) Промышленная электрометаллургия водных растворов: электролитич. рафинирование металлов и получение металлов из руд т. н. мокрым или гидрометаллургич. путем; к электрометаллургии же относится также гальваностегия—электролитич. покрытие металлич. изделий слоем другого металла в целях повышения их устойчивости против коррозии, против механического износа или в целях декоративных (электролитич. цинкование,

никелирование, лужение, хромирование, серебрение, золочение и т. д.)—и гальванопластика—электролитич. снятие копий с неметаллических изделий (см. *Гальванотехника*).

б) Электролиз водных растворов в химич. пром-сти: электролиз воды в целях получения химически чистого водорода, применяющегося в целом ряде химических производств, электролиз хлоридов щелочных металлов с целью получения хлора, щелочей и ряда других соединений, имеющих промышленное значение.

в) Технич. электролиз расплавленных сред: получение щелочных, щелочноземельных металлов, магния, алюминия, бериллия, цериевого мишметалла и ряда редких элементов.

г) Электротермич. процессы, т. е. химич. процессы, протекающие в электрич. печка при высокой t° , получаемой за счет тепла Джоуля или вольтовой дуги: вопросы промышленного получения электростали, ферросплавов, цинка и ряда других металлов и химич. соединений (карбида кальция, кальция-цианмида, силицидов, силикатов, фосфора, графита и др.).

д) Э. газов, к-рая занимается промышленным использованием тихого электрич. разряда и вольтовой дуги для получения разнообразных химич. продуктов (озон, получение азотной к-ты из воздуха, получение синильной к-ты из углеводородов и азота и т. д.), а также вопросы осаждения газокolloидных систем действием электрич. поля в т. н. аппаратах Котреля (см. *Электрофорез*).

е) Электроосмос и электрофорез, технич. применением к-рых является очистка природных глин и каолина, очистка воды, электрофоретич. пропитка тканей, коагуляция млечного сока каучуковых деревьев (латекса) и т. д.

ж) Электрохимич. источники электрич. энергии: сведения о составлении и условиях работы технически используемых гальванич. элементов, аккумуляторов, электролитич. выпрямителей и пр. Технич. применение Э. с каждым годом все больше развиваются, электрохимич. методы постепенно вытесняют другие в ряде химич. производств, т. к. оказываются более рентабельными и дающими почти всегда более чистые окончательные продукты. Рост мирового потребления электрич. энергии на нужды главнейших объектов электрохимич. пром-сти виден из таблицы (в кВт).

Мощность установок по электролизу.

Процессы	1914	1930
Электролиз водных растворов:		
Рафинировка меди	45 000	50 000
Непосредственное получение меди из руд	—	100 000 *
Электролиз цинка	1 000	100 000
Электролиз хлоридов (хлор, едкие щелочи, гипохлорит, хлорат, перхлорат)	250 000	380 000
Электролиз воды	10 000	250 000
Итого	306 000	890 000
Электролиз расплавлен. сред:		
Получение алюминия	240 000	600 000
» натрия	20 000	50 000
» магния, кальция и т. д.	5 000	10 000
Итого	265 000	650 000
Всего	571 000	1 530 000

* В 1929 г. всего 45 000 кВт.

В довоенной России электрохимич. пром-сть находилась в зачаточном состоянии и ограничивалась почти исключительно рафинированием меди. За последнее время в СССР наблюдается мощное развитие электрохимич. промышленности, особенно в деле получения металлов (производство алюминия на Волхове и Днепре, предстоящий пуск цинковых электролитных заводов в Орджоникидзе, Челябинске и в скором времени в Кемерово и т. д.).

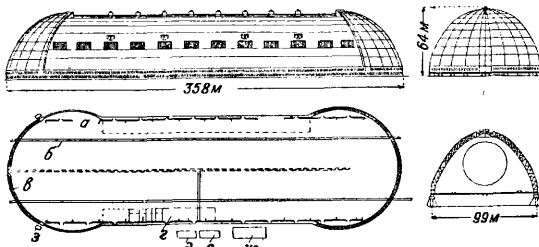
Лит.: Грубе Г., Основы теоретич. и практич. электрохимии, пер. с нем., Л., 1932; Изгарышев Н., Электрохимия и ее технич. применение, 2 изд., Л., 1931; Леблан М., Руководство по электрохимии, пер. с нем., М.—Л., 1930; Гитов П., Руководство к лабораторным работам по электрохимии, М.—Л., 1932; Мюллер Э., Электрохимия, практикум, пер. с нем., М.—Л., 1927; Аллманн А., Основы прикладной электрохимии, пер. с англ., ч. 1, М.—Л., 1925; Бродский А., Физич. химия, ч. 1—2—Курс химия, Харьков, 1932—33; Эггерт Дж., Учебник физич. химии, пер. с нем., М.—Л., 1931; Физико-химия, практикум, М.—Л., 1933; Фаянс К. и Вюст И., Физико-химия, практикум, Л., 1931; Вознесенский С. и Ребиндер П., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Баймаков Ю., Электролитич. осаждение металлов, Л., 1925; Федотьев П., Электрометаллургия, вып. 1, П., 1921, вып. 2, П., 1923, вып. 3, П., 1923; Изгарышев Н., Гальваностегия и гальванопластика, М., 1926; Современные физико-химич. методы химич. анализа, сборник под ред. Чукарева, Л., 1932; Forster F., Elektrochemie wässriger Lösungen, 4 Auflage, Lpz., 1923; Falkenhagen H., Elektrolyte, Lpz., 1932; Tuband C., Leitfähigkeit und Überführungszahlen, hrsg. v. K. Fajans, в книге Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 12, T. 1, Halbband 1, Lpz., 1932; Kramann R. u. Müller R., Elektrolyse und Polarisation, в книге Handb. der allgemeinen Chemie, hrsg. v. W. Ostwald und C. Drucker, B. 8, T. 1—2, Leipzig, 1930—31; Handb. der technischen Elektrochemie, hrsg. von V. Engelhardt, B. 1, T. 1—3, B. 2, T. 1, Leipzig, 1931—33; Creighton H., Principles of Electrochemistry, v. 1, N. Y., 1928; Brockman C., Electrochemistry, N. Y., 1931; Glasstone S., The Electrochemistry of Solutions, L., 1930; Nernst W., Theoretische Chemie, 15 Aufl., Stg., 1926; Eucken A., Lehrbuch der chemischen Physik, 3 Aufl., Lpz., 1930; Billitter J., Technische Elektrochemie, B. 1, 2 Aufl., Halle a/S., 1923, B. 2, 2 Aufl., Halle a/S., 1925, B. 3, 2 Aufl., Halle a/S., 1932; Billitter J., Technische Elektrochemie, B. 5—Die neueren Fortschritte der technischen Elektrolyse, Halle a/S., 1930; Arndt K., Technische Elektrochemie, Stg., 1929; Mantel C., Industrial Electrochemistry, N. Y., 1931; Müller R., Allgemeine und technische Elektrometallurgie, W., 1932; Pfannhauser W., Galvanotechnik, B., 1931; Blum W. a. Hogaboom G., Principles of Electroplating and Electroforming, N. Y., 1930. С. Плетнев.

ЭЛЕМЕНТЫ, см. Периодический закон и Гальванические элементы.

ЭЛИНГИ для дирижаблей, сооружения для постройки, хранения и ремонта дирижаблей, а также вообще воздухоплавательных приборов легче воздуха. С изобретением причальных мачт (см. *Мачты причальные*), а также с развитием серийного производства дирижаблей и усовершенствования их конструкций применение элингов специально для хранения дирижаблей значительно сократилось и является необходимым только для опытных образцов и в некоторых (например северных) районах, где наличие больших осадков и низкой или высокой температуры может вызвать повреждение дирижаблей или затруднить своевременный выход в регулярный рейс. Первые элинги появились в 1900 г. в Германии, которая до окончания войны 1914—18 гг. оставалась передовой страной по проектированию и сооружению Э., дав значительное количество образцов оригинальных конструкций, применяемых до настоящего времени. По Версальскому договору часть этих Э. была уничтожена, часть разобрана и перевезена в счет репарационных платежей в другие страны и только небольшое количество осталось в Германии. В СССР в дореволюционный период выстроено

было 9 небольших деревянных и металлических элингов. В послевоенный период строительство элингов развивалось очень медленно, причем единичные оригинальные сооружения появились в Италии, Франции, Англии и особенно в США, где за последние годы выстроено несколько типов, пользующихся мировой известностью (в Акроне, Лейкхерсте, Санни-веле и т. д.).

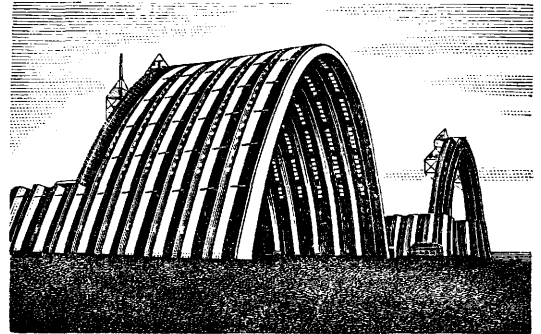
По назначению Э. разделяются на строительные и эксплуатационные, по системе—на неподвижные, вращающиеся, пловучие и раскладные. Одним из основных требований к элингам и их расположению на участке является обеспечение удобной работы в нем и безопасного ввода и вывода дирижаблей в течение возможно большего периода времени года (коэффициент использования Э.); для этого ось направления движения дирижабля при вводе через ворота должна по возможности совпадать с направлением наиболее опасных по скорости ветров. Учитывая современное состояние строительной техники, механизации оборудования ввода и вывода и организации маневров с дирижаблем, по данным на 1933 г. допустимость ввода и вывода в Э. устанавливается при скорости ветра не выше 16 м/сек при совпадении его направления с осью ввода; скорость ветра менее 16 м/сек, как не имеющая серьезного значения, в расчет не принимается, так же как и скорость более 16 м/сек, при которой маневрирование опасно. Затруднения в производстве операций по вводу и выводу дирижаблей зависят кроме того от характера обтекания Э. воздушным потоком; структура этого потока у входа в Э. зависит не только от направления и скорости ветра, но и от целого ряда других факторов, из которых основным являются аэродинамические качества конструкции Э., в особенности ворот в открытом состоянии, взаимное расположение Э. и окружающих построек и рельеф местности. Для удовлетворения условиям хорошей обтекаемости элинги должны иметь минимальное количество выступающих частей. В целях уменьшения объема



Фиг. 1.

элингов при проектировании следует избегать наличия неиспользованных внутренних пространств. Уменьшение объема и веса в целом и отдельных элементах имеет большое значение: первое для отапливаемых Э., а второе для устройства фундаментов постоянных Э., для облегчения передвижения подвижных и перевозки разборных Э. Освещенность как в дневное, так и в ночное время в рабочих зонах д. б. достаточной; кроме того д. б. обеспечены конструктивными мероприятиями: безопасностью от пожара и взрыва, теплоустойчивость и поддержание тепла, в особенности в строительных Э.; быстро действующая вентиляция; возможность быстрого открытия и закрытия ворот при различных условиях погоды без возбу-

ждения значительного движения воздуха внутри Э. при передвижении и завихрении снаружи в открытом состоянии; наличие специальных входных отверстий для прохода служащих, транспорта материалов и сношения с мастерскими и другими вспомогательными сооружениями. При конструировании Э. учитывают необходимость обеспечения Э. приспособлениями для сборки и ремонта, а также возможность легкой и быстрой сборки, в особенности в отношении разборных Э., с наименьшим количеством квалифицированной рабочей силы. Конструкция должна предусматривать устройства для причала дирижаблей, транспорта, снабжения горючим; она д. б. достаточно проста и рациональна, прочна и устойчива. Род



Фиг. 2.

материалов избирается в соответствии с предполагаемым сроком службы и требованиями огнестойкости. Размеры элингов зависят в основном от назначения (ремонт, сооружение и т. д.), размера и количества дирижаблей и их формы, характера конструкции, срока службы и последующего использования; последнее требует обычно увеличения Э. или учета такового впоследствии, что вызывает иногда излишние на первый период капитальные затраты материалов и денежных средств. Поэтому при задании особо детально анализируется экономическая целесообразность того или другого решения, в особенности в отношении поперечного сечения Э., т. к. неправильное разрешение этого вопроса может затруднить использование Э. для будущего развития. В прямоугольных неподвижных Э. наименьшая длина внутри для удобства установки подмостей, передвижения элементов и их сборки и т. д. принимается обычно равной длине дирижабля, увеличенной на его мидель-шпангоут. В поперечном сечении Э. нередко придается в верхней части форма, приближающаяся к очертанию дирижабля, причем встречаются как арочные и сводчатые конструкции с соотношением пролета к высоте ок. 3 : 2, так и с вертикальными стенками и сложным перекрытием.

На фиг. 1 изображены план и разрез Э. в Акроне, где а—площадь, предназначенная для мастерских, б—причалные пути, в—туннель, г—управление и мастерские, д—здание трансформатора, е—насосное здание, ж—хранилище для гелия, з—здание для управления воротами. На фиг. 2 показана установка элингов в Орли. На фиг. 3 изображены план и разрез Э. в Фридрихсгафене.

Размеры в поперечном сечении устанавливаются из расчета обеспечения удобства работы на верхней части дирижабля с установкой подъемников, труб, стремянок и т. д.; для

этого до выступающих частей конструкций элингов (мостики, галереи, краны и т. п.) против габарита дирижабля назначается запас не менее 3 м с каждой стороны и сверху в зависимости от характера работы, считая при этом высоту поручней гондолы в 2 м над землей. Габарит отверстия ворот должен превышать габарит для малых дирижаблей не менее чем на 2 м, а для больших—3 м. Эксплуатационные элинги должны иметь в поперечном сечении несколько большие размеры, чем строительные, в особенности при недостаточной механизации ввода. Для современных Э. ориентировочно считают, что на один объем газа для дирижаблей в 100 000 м³ при параболической форме поперечного сечения приходится около 3,5 объемов внутренней кубатуры Э.; для малых дирижаблей это соотношение резко возрастает и доходит до 8 объемов и более. Характерные размеры некоторых Э. по их наружному очертанию указаны ниже в таблице. По внутреннему очертанию элинга в верхней части следует избегать излишних изломов и выступов. Из имеющихся типов наиболее совершенным по форме является Акронский элинг (фиг. 1).

Наиболее распространенные неподвижные Э., требуя сравнительно небольшой площади участка, являются в то же время наиболее опасными с точки зрения ввода и вывода, т. к.

Характерные размеры больших Э. в различных странах (в м).

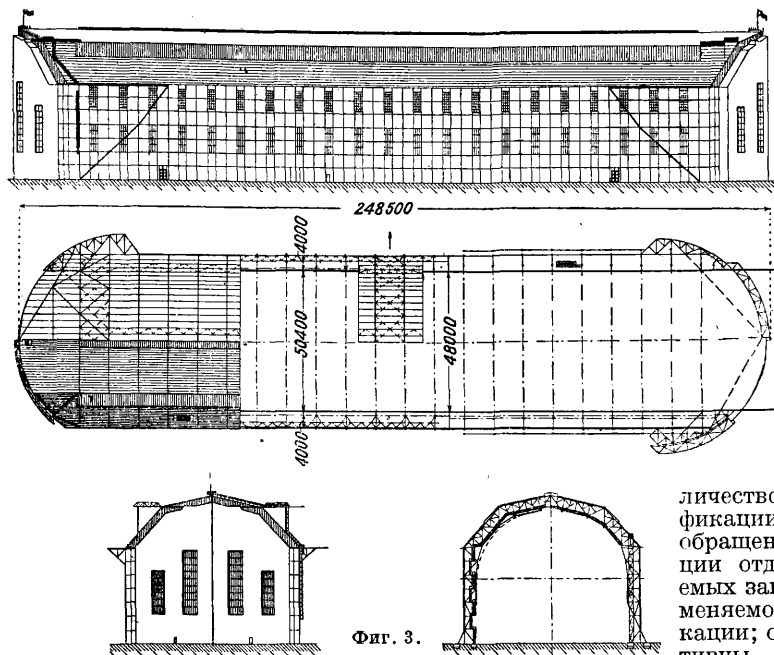
Месторасположение	Длина	Ширина	Высота
США			
Акрон, 1929 г. (фиг. 1)	358	99	60
Белльвиль	247	43	46
Лейкхерст	245	81	53
Саннивелл, 1932 г. (фиг. 10)	340	93	59
Германия			
Альхорн для 2 дирижаблей, 1917 г.	260	81	45
Фридрихсгафен (фиг. 3)	250	58	50
Франция			
Орли, 1923 г. (фиг. 2)	300	91	60
Люссон	220	110	56
Испания			
Севилья	220	122	62
Англия			
Кардингтон, 1923 г.	250	55	54
Карахи, 1925 г.	259	70	61

ной перестановки при этом других дирижаблей требуется значительное количество времени, вследствие чего осложняются ремонтные работы и нарушается целесообразное использование площади. В некоторых типах Э. со стороны входа делаются экраны уширения или раздвигающиеся ворота т. о., чтобы создать воронкообразную часть перед элингом для защиты входящего дирижабля от ветра; однако это в большинстве случаев приносит не пользу, а вред, так как увеличивает завихрение.

Для временного обслуживания дирижаблей (временные линии, экспедиции и т. д.) сооружаются Э. полевого и сборно-разборного типа, отличающиеся простотой конструкции, малым весом, удобством транспортировки и монтируемые ограниченным количеством рабочей силы низкой квалификации. Особое внимание должно быть

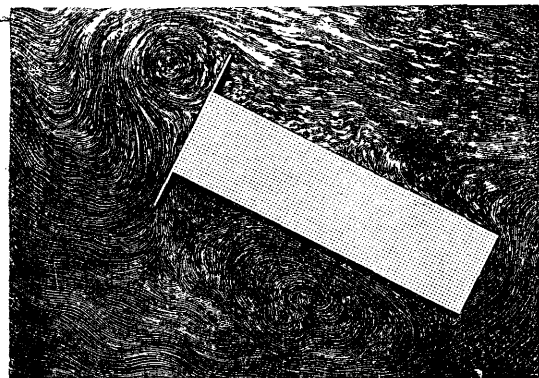
обращено на возможности стандартизации отдельных элементов, изготавливаемых заводским способом, их взаимозаменяемость и ограниченность спецификации; отдельные элементы д. б. портативны, компактны, прочны и хорошо сопротивляться возможному деформациям при транспортировании, сборке и разборке; все соединения д. б. просты и не подвергаться быстрому изнашиванию при работе конструкции и при повторных сборках, разборках и транспортировании. В исключительных случаях элинг применяется в виде отдельно стоящих стен без перекрытий, которые обеспечивают дирижабль от боковых ветров, но вызывают беспокойное его состояние внутри вследствие влияния завихрения от перекачиваемых сверху струй воздуха.

Подвижные возвращающиеся Э., требуя значительно большей площади участка по-



нередко встречается необходимость производить эти операции под ударом боковой струи воздуха или при наличии завихрений (фиг. 4). Для лучшего удовлетворения безопасности ввода, кроме наиболее распространенных форм в плане в виде прямоугольника (фиг. 5, а) с 1—2 воротами с обоих торцов, имеются сложные формы в виде треугольника, звезды, круга (фиг. 5, б, в, г); круглая форма, хотя и обеспечивает ввод и вывод при всех направлениях ветра и может дать снижение стоимости с единицы объема, однако для производства маневров и для соответствующей слож-

сравнению с неподвижными, наилучшим образом разрешают задачу о безопасном вводе и выводе дирижабля во всякое время. Выполненные конструкции в Германии (фиг. 6а и 6б) подтвердили вполне удовлетворительную их работу, несмотря на то что нек-рые из двух ячеистых Э. при размере $182 \times 35 \times 60$ м достигали веса ~ 5000 т; полный оборот такого Э. при моторе в 150—200 Н требовал ок. 30 мин. Однако в виду сложности конструкции и сравнительно большой стоимости в настоящее время этого типа Э. не строятся. Имеются предложения на больших воздушных базах использовать вращающийся Э. в виде поворотного при группе неподвижных Э., к которым можно было бы в нем подавать дирижабль при любом направлении ветра; во избежание влияния завихрения от неподвижных Э. вращающиеся необходимо в этом случае размещать на достаточном от них расстоянии. Вместо подобного Э. имеются проекты устройства подвижных мачт и специальных платформ для причала дирижабля и прочного закрепления на платформе путем расчалок, захватов (сист. Массона) и т. п. с тем, чтобы платформу после этого можно



Фиг. 4.

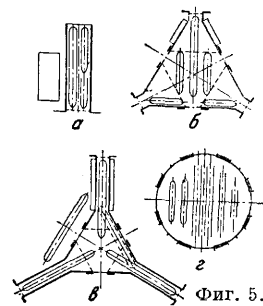
было передвигать к неподвижному Э. при любом направлении ветра. Из других типов подвижных Э. следует указать на пловучие Э. на понтонах, к-рые, будучи установлены на одном тросе на якоре, обеспечивают автоматич. расположение по направлению ветра; однако ввод и вывод дирижабля с воды представляет значительные затруднения. Имеются проекты Э., располагаемых под землей или в горах, но в виду значительности размеров дирижаблей подобные сооружения требуют особого изучения грунтовых условий и детальной проработки системы ворот, креплений и пр., хотя они и являются с точки зрения обороны заслуживающими внимания.

Раскидные системы Э. (фиг. 7) представляют собою сложно-шарнирносвязанную конструкцию, к-рая при помощи системы рычагов, блоков и пр., приводимых в движение моторами, может распахиваться по коньку, компактно складываясь и образуя маневренную площадку для дирижабля, который для постановки прищартовывается к специальным якорям, после чего стены и кровля поднимаются на свое место.

Конструкция остова Э. нормально представляет собой ребра из дерева (фиг. 7), железа (фиг. 1) или железобетона, которые неподвижно или шарнирно соединяются с фундаментом, рассчитываемым на устойчивость и

равномерную передачу давления на грунт; надлежащее конструирование фундамента и обеспечение безопасности его против сдвига и осадки имеет особо серьезное значение, т. к. даже небольшие деформации могут вследствие значительной высоты Э. вызвать их разрушение.

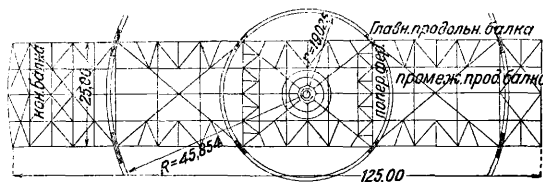
Элнги с деревянным остовом обычно представляют собой ряд ферм из круглого или пиленого лесного материала (фиг. 8), устанавливаемых примерно на расстоянии 5—10 м друг от друга и связываемых системой рас-



Фиг. 5.

спорков и раскосов; ветровые связи, так же как и в других подобного рода конструкциях, устанавливаются преимущественно у торцовых стен через 30—50 м друг от друга; боковые стены делаются или криволинейными или с наклоном и обшиваются досками, фибролитом и т. п. Новейшие типы деревянных Э. из стрельчатых трехшарнирных дощатых ферм дают значительно более легкие и экономичные конструкции, обеспечивая в то же время заводское изготовление, удобство перевозки и срочность сборки. Однако вследствие усушки и других дефектов, присущих сооружениям из дерева, а также небезопасности в пожарном отношении при воздушных нападениях и т. п. они требуют тщательного надзора, охраны и постоянного ремонта. Более усовершенствованным, но мало разработанным типом является Э. с подвесными фермами, к-рые при помощи мачт и тросовых оттяжек допускают значительное облегчение конструкции и дают возможность последующего изменения размеров.

Из Э. с металлическим остовом наиболее распространенными являются рамные двух-, трех- или бесшарнирные конструкции из сортовой стали как с вертикальными (во Франкфурте, Зеддине, Альхорне, Кардингтоне, Карахи, Фридрихсгафене, фиг. 3),

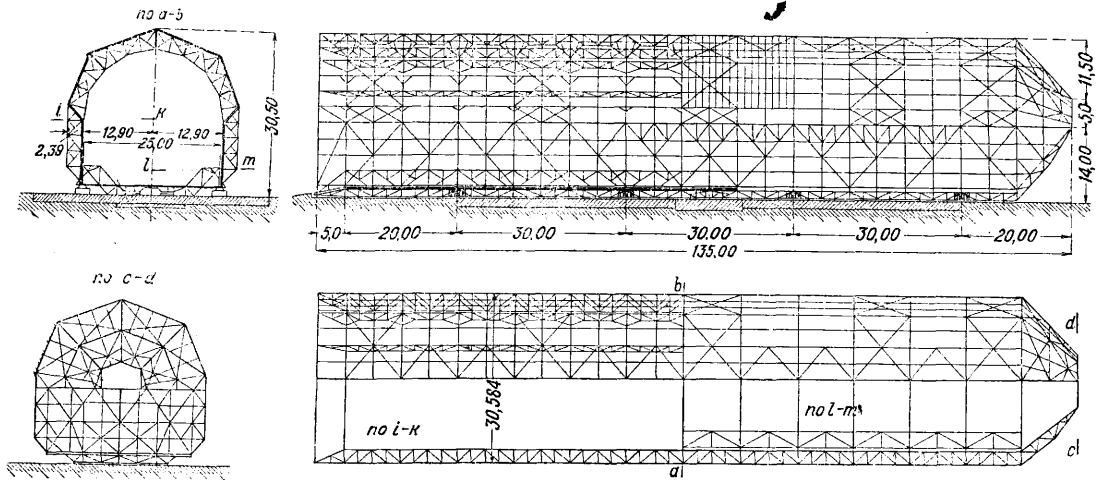


Фиг. 6а.

так и с криволинейными ограничениями (в Акроне—фиг. 1, Саннивелле и др.). Подобные металлич. конструкции дают весьма легкое и экономичное сооружение и в общем м. б. быстро собраны из отдельных, заранее подготовленных элементов. Применение сварки (например в Э. в Scott Field) дает более современное и целесообразное решение в металле. Металлический Э. в Фридрихсгафене, сооруженный в 1929 г. как строительная верфь, имеет в длину 250 м, высоту в свету 46 м и ширину в свету 50 м. Стальной каркасный остов состоит из трехшарнирных арок, расположенных на расстоянии 10 м друг от друга. Опорные боковые шарниры способствуют уменьшению усилий в стальном каркасе и лежат примерно на 4,5 м над уровнем пола. Пояса стропильных ферм изготовле-

ны из стали 48, а промежуточные стержни — из стали 34. Для уменьшения воздействия ветра на торцовые части Э. они выполнены в плане по очертанию круга. Ворота, имеющие

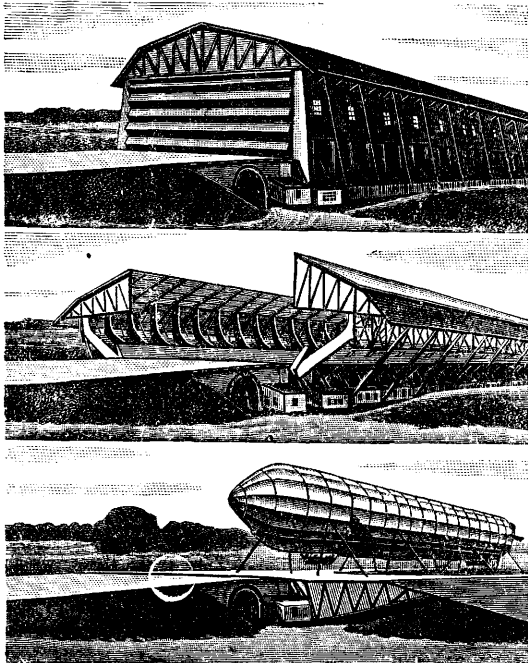
мамы наблюдения и управления вводом дирижабля. Кровля выполнена в виде двойного слоя рубероида по плитам из пемзового бетона толщиной в 8 см, причем особое внимание



Фиг. 66.

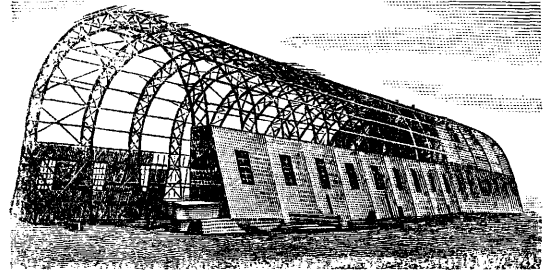
очертание в виде части цилиндра разной высоты, передвигаются по закругленным рельсам и устанавливаются в открытом состоянии около боковых стен Э. Полотнища двухстворчатых ворот двигаются у основания по рельсу с шириной головки в 90 мм; рельс в целях

обращалось на их закрепление непосредственно к порогам. Стены выполнены в виде стального фахверка с заполнением пустотелым кирпичом системы Фревена. Пол выполнен из 5-см шпунтового дощатого настила на поперечинах, которые укреплены на забетонированных лагах. По коньку Э. устроен фонарь, над к-рым расположены вентиляционные клапаны, приводимые в движение одной общей лебедкой. В верхней части внутри Э. имеется восемь рельсов, из к-рых каждая пара является опорой для подвижного крана, предназначенного для обслуживания постройки дирижабля. У конька через весь Э. проходит мостик-галерея, от к-рого ответвляются у каждой второй фермы поперечные мостики-галереи для



Фиг. 7.

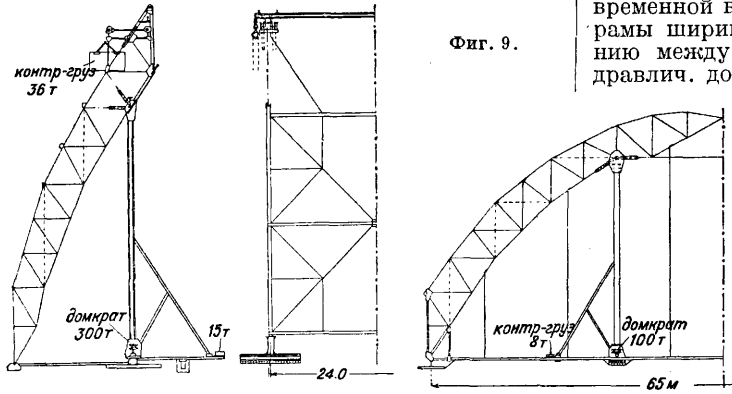
распределения давления прикреплен к двутавровой балке с шириной полки 220 мм, забетонированной в фундамент. В верхней части каждое полотнище ворот опирается на две решетчатые фермы, расположенные на разной высоте, из которых более низко расположенная находится выше поля на 32,4 м. Эти фермы одновременно являются платфор-



Фиг. 8.

обслуживания сборки дирижабля; к галереям подведены две лестницы и один подъемник. У каждого конца Э. имеется самостоятельная лестница к платформам на крыше, которая одновременно служит и запасным выходом с галерей. Общий вес металла элинга, включая и ворота, примерно равен 2 200 т. Металлический элинг в Акроне представляет интерес не только по своим размерам, но и по конструкции ворот и форме, к-рая была принята на основании данных специальных исследований обтекания воздуха. Все давление ветра на обшивку, стропила и поперечины принималось равным 390 кг/м² для верхней части сооружения и 195 кг/м² для нижней, а

на все стойки и арки 185 кг/м^2 . Нагрузка от крана предусмотрена в 6 т . Остов Э. образован из 13 параболич. обычной стали арок, расположенных на расстоянии 21 м центр от центра и соединенных между собой системой горизонтальных и вертикальных ферм; каждая арка связана сверху и снизу затяжками из кремневой стали; по фермам и аркам расположены стропила и обшивка. Ворота Э. распо-



Фиг. 9.

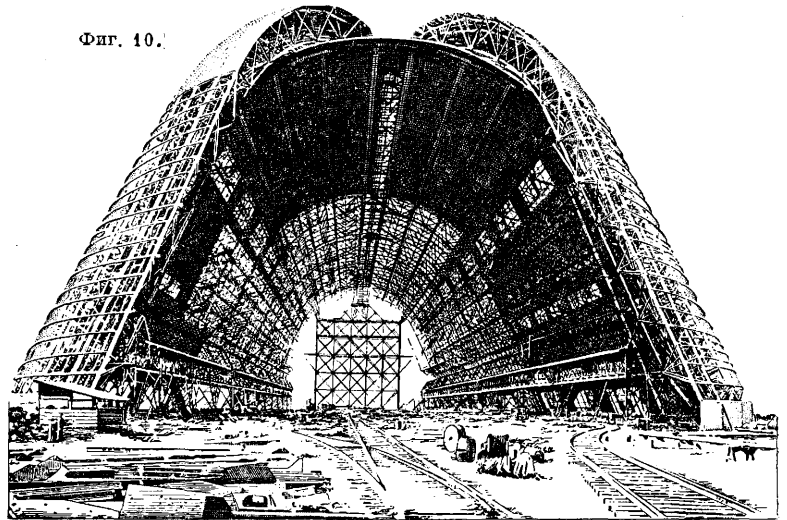
ложены на обоих торцах, причем каждые из них состоят из двух секций-полотнищ, которые имеют очертание одной восьмой части шаровой поверхности, разрезанной по диаметру и по середине. На фиг. 1 в левой части показано положение ворот в закрытом состоянии, а в правой—в открытом. Каждая секция при высоте ок. 61 м и развернутой длине в уровне земли ок. 65 м состоит из металлич. ферм и опирается

в верхней части на пустотелый шарнирный стержень \varnothing ок. 67 см , а в нижней—на 40 двойных колес \varnothing ок. 6 см , передвигающихся по криволинейным рельсам в плоскости земной поверхности. Передвижение ворот производится при помощи моторов по зубчатой рейке, расположенной вдоль внешнего края основания, причем скорость движения принята в пределах $6\text{--}12 \text{ м/мин}$, благодаря чему открытие и закрытие может быть произведено в 5 мин . Внутри Э. по высоте расположен ряд платформ, облегчающих работу при дирижабле, а также мастерские и служебные помещения, к-рые оборудованы паровым отоплением. Для передвижения дирижабля и его центрировки на полу имеются

два туннеля шириною ок. 175 см , в которых вращаются желобчатые шкивы, и рельсовый путь по середине. Туннели и рельсы выводятся за ворота. В общем сооружение этого элинга в $1\,300\,000 \text{ м}^3$ при площади пола $34\,000 \text{ м}^2$ потребовало $1\,300$ шт. свай длиной в среднем $7,6 \text{ м}$, $5\,300 \text{ м}^3$ бетона для фундамента $5\,300 \text{ м}^3$ бетона для пола, 700 т кремневой стали, $5\,500 \text{ т}$ обыкновенной стали для корпуса и мастерских и $\sim 1\,800 \text{ т}$ металла для ворот. Расход металла в металлических элингах на 1 м^3 колеблется в пределах от $3,25 \text{ кг}$ (Фридрихсгафен) до $5,7 \text{ кг}$ (Кардингтон, Акрон и т. д.).

Работы по сборке конструкции Э. в Акроне производились сл. образом: каждая арка, составляющая основной остов сооружения, была подразделена на три отдельно монтируемые части—два симметричных боковых элемента высотой 30 м (фиг. 9) и средний пролетом ок. 65 м . Каждая из боковых частей устанавливалась в проектное положение и удерживалась в состоянии равновесия с помощью временной вспомогательной плоской металлич. рамы шириной в 24 м , т. е. равной расстоянию между арками, регулируемой 300-т гидравлич. домкратами. Установка боковых элементов производилась с помощью 60-т кранов. Укрепленные т. о. боковые элементы представляли надежную опору для подъема средней части весом 360 т , которая была предварительно собрана непосредственно под местом своего назначения. Подъем и установка средней части как по замыслу, так и исполнению представляют собой одно из наиболее блестящих инженерных решений такого рода задач. Для уменьшения подъемной силы механиз-

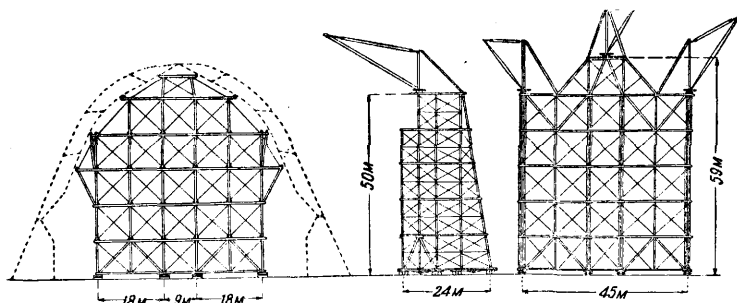
мов были подвешены на металлич. тросах противовесы общим весом 288 т . Т. о. для подъема средней части арки требовалось использовать подъемную силу кранов всего в 72 т , что составляет ок. 20% веса элемента, подъем которого осуществлялся в течение $1/3$ дня. После установки и склепки прогонов и связей, соединявших две смежные арки, временные металлические рамы продвигались к следу-



Фиг. 10.

ющему пролету, где повторялись вышеописанные операции, и т. д. В 1932 г. на Тихоокеанском побережье в 35 милях к югу от С.-Франциско, в Калифорнии в Саннивеле (Sunnyvale), был сооружен элинг для дирижабля Мекон (типа Акрон) по проекту, в основном повторяющему Э. системы Акрон, длиной 340 м , шириной 93 м и высотой 59 м (фиг. 10). Основной поперечный остов состоит из арочных ферм с параллельными полсами, расположенных на взаимном расстоянии 22 м , весом $9\,350 \text{ т}$ каждая. Существенным отличием конструкции Э. в Саннивеле от Э. в Акроне являются жесткие А-образные рамы вы-

сотой 17 м, на которые шарнирно опираются арки (фиг. 11). Другой особенностью нового Э. является меньший запас площади пола между наружной поверхностью дирижабля и внутренней поверхностью Э., что объясняется отсутствием сборочных мастерских. Пространство под А-образными рамами использовано для складов и небольших ремонтных мастерских. Сборка этого элинга была произведена посредством установленного на 8 ж.-д. платформах подвижного деревянного башенного крана весом 500 т, снабженного выносными стрелами. Движущий механизм в виде двигателя и лебедки располагался позади крана. Сборка крана была произведена в 18 дней.



Фиг. 11.

Сборка каждого пролета между арками длиной в 22 м осуществлялась в 3½ дня. Во Франции разработаны проекты оригинальных конструкций подвесных Э. по типу подвесных ангаров.

Ж е л е з о б е т о н н ы е Э. получили наибольшее распространение во Франции, причем конструкции их весьма разнообразны. Первоначально применявшийся рамный осто в настоящее время почти повсеместно вытесняется арочным, конструируемым или в виде ферм наподобие железных или в виде специальных сечений с пустотами волнообразного сечения, сводчатого и т. д. Основным материалом для железобетона служат сталь и нормальный или высокосортный цемент, причем предусматривается применение новых типов легких теплых бетонов. Из железобетонных Э. наиболее интересными являются сводчатый Э. в Орли (фиг. 2), к-рый имеет длину 300 м при высоте в свету 54 м и ширине 80 м (полная высота и ширина понизу соответственно достигают 60 и 91 м). Вся конструкция сооружения состоит из 40 отдельных волн складок, из к-рых каждая имеет 7,5 м полной длины, при толщине наклонных стенок в 0,09 м, а горизонтальных в 0,20 и 0,08 м; общий вид Э. представляет сводчатую поверхность без всяких ребер и промежуточных опор; разрез по ключу свода и параллельно ему дает волнистую линию с высотой волны в 3 м в ключе и 5,40 м в опоре. Арматура в сооружении играет только второстепенную роль, т. к. бетон работает исключительно на сжатие; сечение арматуры принято в 10 и 7 мм. Во избежание деформации свода, которая может резко изменить работу конструкции, наружные волны связаны через ~10 м железобетонными стяжками 14 × 14 см, образующими с основным сводом особую систему пустотелых ребер значительной высоты. Отверстие для ворот имеет форму параболы с вертикальной осью высотой ок. 50 м и базой в уровне земли в 70 м. Постоянное отопление внутри Э. не предусмотрено. Для удобства работы в элинге имеются 5 рабочих

продольных мостиков в 1,2 м, рельсовые пути для подвески грузов, могущие выдержать нагрузку до 10 т у центральных мостиков и до 4 т у боковых, и лестница для сообщения между ними и полом (последний выстлан плитами по песчаному слою). Весь Э. рассчитан на давление ветра в 150 кг/м² с проверкою на 250 кг/м², причем наибольшее напряжение в бетоне в первом случае у опор оказалось 28 кг/см², а во втором 58 кг/см². Внутреннее давление ветра (отсос) принималось в 150 кг/м² при наружном давлении ветра в 250 кг/м². Давление снега в расчет не принималось. Кроме этого типа в последнее время разработаны проекты новых конструкций, дающие более выгодные экономич. показатели, а именно на 1 м³ объема около 0,01 м³ бетона и 0,7 кг металла. В виду значительной длины элингов железобетонные и железные конструкции должны иметь или поперечные швы расширения примерно через 30—40 м или так конструироваться, чтобы влияние этого расширения было обезврежено.

К стенам и кровле Э. в некоторых странах предъявляются специальные требования для защиты соседних сооружений от взрыва и пожара, могущих произойти в одном из Э., в большинстве же случаев стены и кровля делаются из наиболее легких новейших материалов, применяемых в промышленном строительстве. В ближайшие годы можно ожидать применения стенового заполнения в виде легкого армированного бетона, аэрокрета, аделита, силикатных камней, керамиковых, асбестовых и других плит, а для кровли кроме рубероида также волнистой асбофанеры, инсорита, этернита и т. п. За границей до последнего времени наиболее распространенными материалами являются железобетонные стены, а также гофрированный металл, покрытый с обеих сторон по горячему асфальту асбестовыми листами, прокатанными и окрашенными алюминиевой краской. Отопление достигается при помощи прокладки плит (сфагнумовых и т. п.). Полам Э. придается уклон (0,005 и круче) для удаления воды, к-рая появляется при мытье, а также при поливе для понижения t° и создания влажной атмосферы. Наиболее распространенными являются асфальтовые, бетонные, магnezальные и деревянные полы, пропитанные огнестойкими веществами; намечается применение гудронированных полов. Для механизации ввода и вывода дирижаблей в полах укладываются рельсовые пути (обычно по середине и по наружному очертанию наибольшего диаметра дирижабля по сторонам), которые выводятся за ворота Э. на длину не менее длины Э. для возможности постановки дирижабля на рельсы за пределами влияния завихрения. Рельсовые пути должны не только выдерживать нагрузку, но также и работать на отрывающее усилие от подъемной силы дирижабля.

В о р о т а Э. для пропуска дирижаблей устраиваются преимущественно сдвижные, хотя встречаются и другие системы (шторные, самоустойчивые и т. п.); распахивающиеся ворота встречаются преимущественно в типах довоенного строительства. Сдвижные плоские ворота, устанавливающиеся в открытом со-

стоянии на продолжении входного отверстия, требуют удлинения надворной балки и в большинстве случаев состоят из нескольких полотен, передвигающихся по параллельным рельсам. Наиболее совершенными типами сдвижных ворот в настоящее время следует признать цилиндрические (фиг. 3) и сферические (типа Акронских, фиг. 1); и те и другие представляют собой двухстворчатые ворота, к-рые убираются вдоль стены Э. В качестве материала остова применяется преимущественно металл, но не исключена возможность применения и дерева. Ворота приводятся в движение при помощи моторов. Кроме ворот для ввода и вывода дирижаблей Э. должны быть обеспечены воротами для транспортирования элементов дирижаблей, материалов и т. п. на автомобилях и для прохода служебного персонала. Скорость открытия ворот устанавливается в зависимости от назначения Э., причем должна учитываться особая важность срочного открытия ворот при авариях с газовыми баллонами. Световые отверстия в стенах и воротах должны обеспечивать возможную равномерную освещенность при наличии дирижабля как на уровне пола, так и по высоте; кроме того д. б. обеспечено равномерное ночное освещение силой ок. 70 лк, частично переносного типа. Для передвижения рабочих устраиваются в больших Э. не менее трех продольных галлерей шириною в 1 м, из к-рых одна у конька и по одной по бокам дирижабля, примерно на отвесной, касательной к нему линии у кровли или стен; галлерей соединяются между собой мостиками и располагаются около продольных путей для подъемных механизмов, обслуживающих передвижение элементов дирижабля. Кроме того иногда устанавливаются подземники-лифты.

Отопление Э. является сложной проблемой и применяется как воздушное, так и сложных систем, причем в нек-рых (даже больших) Э. ограничиваются установкой только местных отражательных электрич. печей; в некоторых же случаях для строительных Э. следует предусматривать постоянное отопление, допуская нагрев по секциям. Поддержанье внутри определенной t° оказывает большое влияние на устойчивость дирижабля. Вентиляционные установки должны обеспечивать удаление не только выделяющихся легко воспламеняющихся и взрывчатых газов, но и других вредных газов и паров, появляющихся во время производства работ; для последних допускаются установки периодического и местного действия. Вентиляционные установки должны также учитывать при авариях быстрое удаление газа при порче одного из баллонов, причем в расчет вводятся кроме этих установок с автоматич. открытием также проветривание через ворота и оконные проемы, к-рые должны открываться в минимальный срок. В специальных траншеях, полах или на подвесах у стен проводятся трубопроводы для газа, воды, а иногда и горючего, масла и сжатого воздуха. Вся электропроводка в Э. с дирижаблями на водороеде д. б. изолированной по типу, принятому в взрывоопасных помещениях, причем рубильники, щитовые и т. п. выносятся наружу в специальные шкафы во избежание появления искр внутри Э. Для обеспечения пожарной безопасности предусматривается специальный внутренний и наружный водопровод с соответствующим количеством пожарных колонок и люков; кроме того водопровод и кана-

лизация должны обеспечивать нужды производства и обслуживающего персонала. Внутри Э. разрешается размещение только тех мастерских, к-рые, не требуя открытого огня, являются необходимыми в соответствии с назначением Э. для постоянного обслуживания работы при дирижабле; исключение допускается только в строительных Э. при сооружении металлич. дирижаблей и отсутствии газа.

Расчет конструкции Э. и его элементов производят по установленным в каждой стране нормам, применительно к нормам промышленного строительства, но учитывая значительные размеры и специальную б. или м. обтекаемую форму; ветровые нагрузки определяются на основе результатов испытания на обдувание в аэродинамич. трубах (см. *Аэродинамика*). Кроме Э. больших размеров, площадью в 30 000 м² и более, в постройке находится значительное количество небольших эллингов для сооружения мягких и полужестких дирижаблей, а также для различного вида аэростатов, опытных металлических дирижаблей и т. п. Научно-исследовательские работы производятся преимущественно в организациях, заинтересованных в проектировании и сооружении определенных типов Э. Эллинги в судостроении см. *Судостроение*.

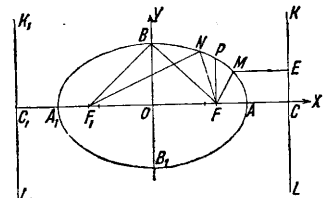
Лит.: И ж е в с к и й М., Земное оборудование дирижабельных баз, Сборник по воздухоплаванию, т. 1, М., 1933; е г о ж е, Аэродромные сооружения, «Воздушный справочник авиаиздательства», под ред. А. Лапчинского, вып. 4, стр. 271—300, М., 1927; е г о ж е, Величайшие в мире эллинги для дирижаблей, «СП», 1930; е г о ж е, Железобетонный эллипс для двух дирижаблей, «Техника и снабжение Красной армии», М., 1924; е г о ж е, Двойной вращающийся эллипс, там же, М., 1924; Н о е н i g A., Luftschiffhallenbau, Rostock, 1916; S o n n t a g R., Über die Entwicklung u. den heutigen Stand des deutschen Luftschiffhallenbaues, В., 1913; H o l l a n d H., Airship Hangars a. Mooring Towers, «Airports a. Airways», by R. Düke, N. Y., 1927; P r o s s e r J., Providing Ground Facilities for Lighter-Than-Air Craft, «Airports», v. 8, N. Y., 1931; P r o s s e r J., Design Factors an Structural Details of the Airship Dock at Akron, «Engineering News-Records», N. Y., 1930, 24/VII; P r o s s e r J., Die Neue Luftschiffhalle in Friedrichshafen, «Stahlbau», Beilage «Bautechnik», В., 1930, 21/III; «Engineering News-Records», N. Y., 1928, 2/XII; К р е й л i o., Ein Beitrag zur Luftschifftechnik grosser Luftschiffe, «Ztschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt», Mch., 1928, 18; F r e y s i n e t M., «GS», 1923, т. 83, 12, 13, 14.

М. Ижевский.

ЭЛИТА, очень употребительная плательная хл.-бум. ткань; имеет обычно рисунок в полосу, клетку и т. п.; вырабатывается шириною 71÷98 см при помощи жаккардовой машины. Из отделки выходит гладко окрашенной в один тон, имеет вид шерстистости. Выпускается в различных цветах, преимущественно темных, очень мягкая и эластичная.

ЭЛЛИПС, замкнутая плоская кривая 2-го порядка, сумма расстояний от каждой точки к-рой до двух данных точек, называемых фокусами, есть величина постоянная, равная длине $2a$ большой оси Э. (см. *Космические сечения*). Из определений следует, что напр. $NF + NF_1 = 2a$, (1) причем NF и NF_1 называются радиусами-векторами точки N (фиг. 1). Если за оси координат примем оси Э., то получим каноническое уравнение кривой:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (2)$$



Фиг. 1.

где $a (= OA = OA_1 = BF = BF_1)$ — большая полуось Э. и $b (= OB = OB_1)$ — малая полуось. Если междуфокусное расстояние $FF_1 = 2c$, то $\frac{c}{a} = \varepsilon$ называется эксцентриситетом Э. Прямые KL и K_1L_1 , ур-ия к-рых $x = \frac{a^2}{c}$ и $x = -\frac{a^2}{c}$, называются директрисами Э., причем отношение расстояний какой-либо точки Э. от фокуса и от соответствующей директрисы есть величина постоянная, равная ε , например

$$\frac{MF}{ME} = \frac{c}{a} = \varepsilon (< 1).$$

Радиусы-векторы любой точки (x, y) Э.:

$$r = a - \frac{c}{a}x = a - \varepsilon x,$$

$$r_1 = a + \frac{c}{a}x = a + \varepsilon x.$$

Площадь Э.

$$Q = \pi ab.$$

Полярное ур-ие Э. (фиг. 2): 1) по отношению к центру O :

$$R^2 = \frac{b^2}{1 - \varepsilon^2 \cos^2 \varphi}; \quad (3)$$

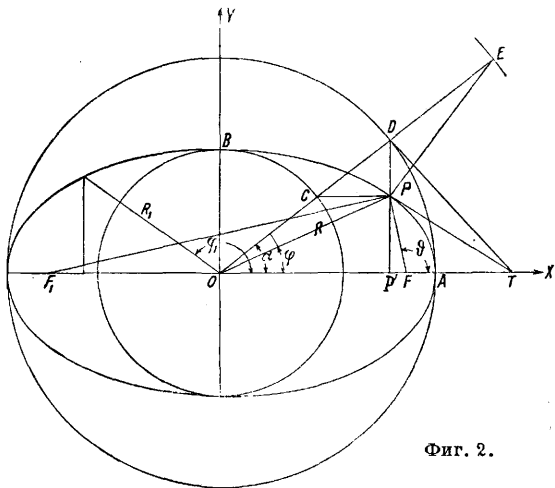
2) по отношению к фокусу F :

$$r = \frac{p}{1 + \varepsilon \cos \vartheta}, \quad (4)$$

где p — величина фокального параметра PF (фиг. 1):

$$p = \frac{b^2}{a} = a(1 - \varepsilon^2).$$

Параметрические уравнения $x = a \cos \alpha$; $y = b \sin \alpha$ (5) выражают связь Э. с вписанным и описанным кругами (фиг. 2). Сопряженные диа-



Фиг. 2.

метры: один из них делит пополам хорды, параллельные другому; касательные в концах одного диаметра параллельны другому. Если φ и φ_1 — углы обоих сопряженных диаметров с положительным направлением оси x -ов, то

$$\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = -\frac{b^2}{a^2}.$$

Ур-ие касательной в точке $P(x_0, y_0)$

$$\frac{xx_0}{a^2} + \frac{yy_0}{b^2} = 1.$$

Касательная PT к эллипсу в точке касания P делит пополам угол между радиусами-векторами той же точки. Касательные в концах

хорды пересекаются в точке того диаметра, к-рый сопряжен с направлением хорды. Хорда есть поляр точки пересечения касательных; если x_1, y_1 — координаты последней, то ур-ие поляры выразится:

$$\frac{xx_1}{a^2} + \frac{yy_1}{b^2} = 1.$$

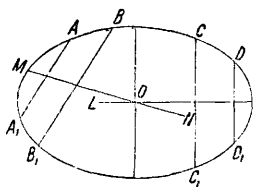
Радиус кривизны: в вершине A

$$\rho = p = \frac{b^2}{a},$$

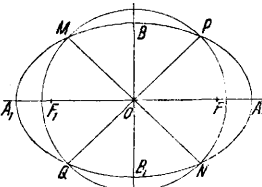
в вершине B

$$\rho' = \frac{a^2}{b}.$$

Построение Э. По полуосям a и b . а) Находят фокусы и наносят точки Э., пользуясь зависимостью (1). б) Соответственно соотношениям (5) из центра O описывают окружности радиусов b, a и $b+a$ и через точки C и D

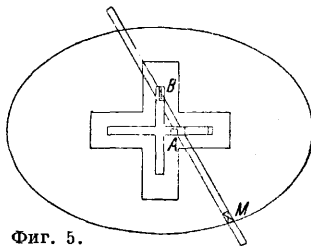


Фиг. 3.

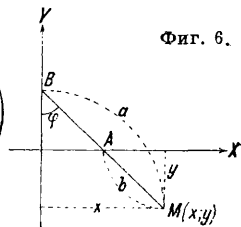


Фиг. 4.

(фиг. 2) пересечения произвольного радиуса OE остальными двумя окружностями проводят прямые, параллельные осям координат; точка пересечения P этих прямых принадлежит Э.; нормаль его EP . в) Перемещают отрезок $a+b$ так, что его концы скользят по осям координат; точка деления (на отрезки a и b) описывает Э. Построение касательной к Э. в данной точке. а) В точке P Э. (фиг. 2) делят пополам угол между радиусами-векторами этой точки, — биссектриса угла и является касательной к Э. б) Находят точку T пересечения с осью абсцис касательной к окружности в точке D , соответствующей P . Прямая PT — искомая касательная. Нахождение центра, осей и фокусов вычерченного Э. Проводят 2 пары параллельных между собой хорд AA_1, BB_1 и CC_1, DD_1 (фиг. 3). Прямые MN и KL , проведенные через середины каждой пары хорд, являются диаметрами Э., их пересечение O



Фиг. 5.



Фиг. 6.

определяет положение центра Э. Из найденного центра описывают окружность радиусом, большим малой оси, но меньшим большой оси. Соединив полученные точки M, N, P, Q пересечения окружности с Э., как указано (фиг. 4), делят пополам образовавшиеся углы, биссектрисы их являются осями Э. Наконец окружность, описанная из B радиусом, равным OA , пересечет AA_1 в точках F и F_1 — фокусах Э.

Эллиптический циркуль. В металлич. доске (фиг. 5) сделаны два прореза под

прямым углом; в них ходят ползуны, к к-рым прикреплена шарнирами A и B линейка AB . Закрепленный при помощи муфты M в любом месте линейки карандаш будет вычерчивать Э. Действительно, если отрезки MA и MB (фиг. 6) обозначают соответственно a и b , то $x = a \sin \varphi$ и $y = b \cos \varphi$ или $\frac{x}{a} = \sin \varphi$ и $\frac{y}{b} = \cos \varphi$, откуда

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) = 1,$$

следовательно точка $M(x, y)$ принадлежит Э. Если линейку закрепить неподвижно, а крестовине вместе с прикрепленным к ней патроном, в к-рый вставлена обрабатываемая вещь, придать движение, то резец, помещенный в точке M , будет обрабатывать по эллипсу. Такое устройство имеет столик (патрон) Леонардо да-Винчи для вытачивания Э.

В. Никаноров.

ЭЛЛИПСОИД, см. *Поверхность*.

ЭЛЛИПСОИД ИНЕРЦИИ, см. *Дополнительный том*.

ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ и эллиптические интегралы, интегралы типа

$$\int \frac{R(x) dx}{\sqrt{P_4(x)}},$$

где $R(x)$ — рациональная ф-ия от x , $P_4(x) = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4$. Путем соответствующих преобразований такой интеграл м. б. сведен кроме обычных ф-ий к трем основным интегралам: эллиптическому интегралу первого рода

$$F(k, x) = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}, \quad (1)$$

эллиптическому интегралу второго рода

$$E(k, x) = \int_0^x \sqrt{\frac{1-k^2x^2}{1-x^2}} \cdot dx, \quad (2)$$

эллиптическому интегралу третьего рода

$$\Pi(k, \lambda, x) = \int_0^x \frac{dx}{(1+\lambda x^2) \sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}, \quad (3)$$

где k — модуль интеграла, λ — параметр интеграла, x — амплитуда интеграла. Эти интегралы м. б. представлены в тригонометрической форме путем подстановки $x = \sin \varphi$:

$$F(k, \varphi) = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\Delta(\varphi)}, \quad (4)$$

$$E(k, \varphi) = \int_0^\varphi \Delta(\varphi) d\varphi, \quad (5)$$

$$\Pi(k, \lambda, \varphi) = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{(1+\lambda \cdot \sin^2 \varphi) \Delta(\varphi)}, \quad (6)$$

где

$$\Delta(\varphi) = \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}.$$

Когда амплитуда $\varphi = \frac{\pi}{2}$, то соответствующие интегралы называются полными эллиптическими интегралами

$$K(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\Delta(\varphi)}, \quad E(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \Delta(\varphi) d\varphi.$$

Название «эллиптические интегралы» возникло потому, что такие интегралы встречались

при определении длины дуги эллипса. Если даны параметрич. ур-ия эллипса

$$x = a \cos u, \quad y = b \sin u,$$

то длина дуги эллипса м. б. выражена при помощи эллиптического интеграла

$$E(k_1 \varphi) = a \int_0^\varphi \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} d\varphi,$$

где

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - u, \quad k = e = \frac{c}{a}.$$

В настоящее время эллиптические интегралы встречаются при решении самых разнообразных вопросов алгебры, теории ф-ий, астрономии, а также различных техник. задач из области механики, теории упругости, теории колебаний, расчета электрич. емкостей, индуктивностей и т. п. Так, полный период колебания маятника длиной l определяется по ф-ле

$$T = 4 \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot K\left(\sin \frac{\alpha}{2}\right),$$

где α — максимальный угол отклонения маятника. Еще в начале прошлого столетия Лежандром были составлены подробные таблицы эллиптических интегралов первого и второго рода в зависимости от амплитуды и модуля. Эти таблицы были впоследствии перепечатаны в различных изданиях.

Обратные ф-ии от указанных эллиптических интегралов называются Э. ф. Якоби. Они м. б. определены след. обр.: из интеграла

$$u = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\Delta(\varphi)}$$

определяют φ в зависимости от u при модуле k . Тогда говорят, что φ есть амплитуда переменной u и пишут

$$\varphi = \text{am}(u) \pmod{k}.$$

Существует три основные Э. ф. Якоби:

$$\text{sn}(u, k) = \sin \varphi = \sin \text{am}(u), \quad (7)$$

$$\text{cn}(u, k) = \cos \varphi = \cos \text{am}(u), \quad (8)$$

$$\text{dn}(u, k) = \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} = \Delta \text{am}(u). \quad (9)$$

Эти ф-ии связаны между собой соотношениями:

$$\text{sn}^2 u + \text{cn}^2 u = 1, \quad (10)$$

$$\text{dn}^2 u + k^2 \text{sn}^2 u = 1. \quad (11)$$

Э. ф. Якоби обладают двумя периодами, связанными с полными эллиптическими интегралами

$$K(k) \text{ и } K' = \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k_1^2 x^2)}},$$

где $k_1^2 = 1 - k^2$.

При любых целых значениях m, n соблюдаются равенства:

$$\text{sn}(u + 4mK + i2nK') = \text{sn} u, \quad (12)$$

$$\text{cn}[u + (4m + 2n)K + i2nK'] = \text{cn} u. \quad (13)$$

Значения $\text{sn}(u)$, $\text{cn}(u)$, $\text{dn}(u)$ для некоторых специальных значений аргумента можно усмотреть из приведенной ниже таблицы.

Существуют таблицы, дающие значения Э. ф. Якоби при действительных значениях аргумента. Эти ф-ии м. б. выражены при помощи различных рядов и в частности при помощи т. н. функций «эта». Э. ф., как и эллиптические интегралы, имеют самые разнообразные применения в науке и технике.

u	$\operatorname{sn} u$	$\operatorname{cn} u$	$\operatorname{dn} u$
0	0	1	1
$\frac{1}{2}K$	$\frac{1}{\sqrt{1+k_1}}$	$\sqrt{\frac{k_1}{1+k_1}}$	$\sqrt{k_1}$
K	1	0	k_1
$2K$	0	-1	1
$3K$	-1	0	k_1
iK'	∞	∞	∞
$i2K'$	0	-1	-1
$i3K'$	∞	∞	∞
$-u$	$-\operatorname{sn} u$	$\operatorname{cn} u$	$\operatorname{dn} u$
$2K-u$	$\operatorname{sn} u$	$-\operatorname{cn} u$	$\operatorname{dn} u$
$2K+u$	$-\operatorname{sn} u$	$-\operatorname{cn} u$	$\operatorname{dn} u$
$4K-u$	$-\operatorname{sn} u$	$\operatorname{cn} u$	$\operatorname{dn} u$
$i2K'+u$	$\operatorname{sn} u$	$-\operatorname{cn} u$	$-\operatorname{dn} u$
iu	$i \frac{\operatorname{sn}(u, k_1)}{\operatorname{cn}(u, k_1)}$	$\frac{1}{\operatorname{cn}(u, k_1)}$	$\frac{\operatorname{dn}(u, k_1)}{\operatorname{cn}(u, k_1)}$
$u+iK'$	$\frac{1}{k \operatorname{sn} u}$	$-\frac{i \operatorname{dn} u}{k \operatorname{sn} u}$	$-\frac{i \operatorname{cn} u}{\operatorname{sn} u}$

Кроме Э. ф. Якоби большое значение имеют Э. ф. Вейерштрасса, определяемые при помощи трехчлена третьей степени,

$$S = 4s^3 - g_2s - g_3 = 4(s - e_1)(s - e_2)(s - e_3),$$

где

$$\begin{aligned} e_1 + e_2 + e_3 &= 0, \\ e_1e_2 + e_2e_3 + e_3e_1 &= -\frac{1}{4}g_2, \\ e_1e_2e_3 &= \frac{1}{4}g_3. \end{aligned}$$

Рассматривая интеграл

$$u = \int_s^{\infty} \frac{ds}{\sqrt{S}},$$

определяют нижний предел s как Э. ф. Вейерштрасса от u :

$$s = \wp(u).$$

Эта ф-ия имеет два периода:

$$2\omega = 2 \int_{e_1}^{\infty} \frac{ds}{\sqrt{S}} \quad \text{и} \quad 2\omega' = i2 \int_{e_1}^{e_2} \frac{ds}{\sqrt{S}}.$$

При действительных e , если $e_1 > e_2 > e_3$, Э. ф. Вейерштрасса связана с Э. ф. Якоби следующим образом:

$$\begin{aligned} \operatorname{sn}(u \sqrt{e_1 - e_3}) &= \frac{\sqrt{e_1 - e_3}}{\sqrt{\wp(u) - e_3}}, \\ \operatorname{cn}(u \sqrt{e_1 - e_3}) &= \frac{\sqrt{\wp(u) - e_1}}{\sqrt{\wp(u) - e_3}}, \\ \operatorname{dn}(u \sqrt{e_1 - e_3}) &= \frac{\sqrt{\wp(u) - e_2}}{\sqrt{\wp(u) - e_3}}. \end{aligned}$$

Модуль этих Э. ф. Якоби определяется из соотношений между периодами $2\omega, 2\omega'$ и полными эллиптич. интегралами K и K' :

$$\omega = \frac{K}{\sqrt{e_1 - e_3}}, \quad \omega' = \frac{iK'}{\sqrt{e_1 - e_2}}.$$

Кроме ф-ии $\wp(u)$ большое значение в теории имеют также ф-ии «сигма» и «дзета», связанные с $\wp(u)$ соотношениями:

$$\zeta(u) = -\frac{d\xi(u)}{du} = -\frac{d^2 \ln \sigma(u)}{du^2}.$$

Существует громадное число ф-л, относящихся к теории Э. ф. Вывод этих ф-л и их использование даны в специальных трудах. 1) В качестве примера из области электричества рассмотрим выражение для коэффициента взаимной индукции двух параллельных круговых токов с радиусами r и R . Если центры окружностей находятся на общей оси на расстоянии d друг от друга, то коэф. взаимной индукции M определяется по ф-ле:

$$M = 4\pi \sqrt{rR} \cdot \frac{2E - (2 - k^2)K}{k},$$

где K, E — полные эллиптич. интегралы первого и второго рода, модуль k -рых k определяется из соотношения

$$k^2 = \frac{4rR}{(r+R)^2 + d^2}.$$

2) При решении задачи Дирихле в плоскопараллельном поле, ограниченном прямоугольным контуром, поле определяется при помощи Э. ф. Якоби от комплексного аргумента. 3) Э. ф. появляются каждый раз при решении задач, допускающих периодическое повторение значений функции для двух данных направлений.

Лит.: Глазенап С., Математические и астрономические таблицы, Л., 1932; Шпильрейн Я., Таблицы специальных ф-ий, М.—Л., 1934; Уиттекер Е. и Ватсон Г., Курс современного анализа, пер. с англ. ч. 1, М.—Л., 1933; Greenhill A., The Applications of Elliptic Functions, L., 1892; Schlömilch O., Compendium d. Höheren Analysis, B., 2. Aufl., Brschw., 1895; Яahnke E. u. Emde F., Funktionentafeln, Lpz.—В., 1933; Milne-Thomson L., Elliptische Funktionen von Jacobi, В., 1931; Нальден Г., Traité des fonctions elliptiques et de leurs applications, Partie 1, P., 1886. Я. Шпильрейн.

ЭМАЛЕВЫЕ КРАСКИ, см. *Маллярное дело*.

ЭМАЛИ, см. *Эмалировочное производство*.

ЭМАЛИРОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, покрытие металлич. изделий эмалью в целях предохранения их от коррозии (см.) и придания им красивого вида. Эмаль представляет собой сплавленную и отвердевшую при сравнительно низкой t° смесь силикатов, боратов и фтористых соединений стеклообразующих элементов, в особенности натрия, калия, кальция и алюминия, а также свинца (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 191—195). Эта смесь благодаря особенностям своего состава или затвердевает в непрозрачном виде с частичным расстекловыванием и выделением твердых или газообразных веществ или делается непрозрачной путем добавки известных веществ (глущителей), нерастворимых в расплавленной стекляннй массе (Штуккерт). Обычно эмальями называют также подобные им по составу, но прозрачные глазури (см.), поскольку последние также применяются в качестве покрытия металлич. поверхностей. В зависимости от металла, на к-рый наносится эмаль, отличают эмаль на железо, эмаль на чугун и эмаль на изделия из других металлов. Эмаль по железу и чугуну в большинстве случаев наносится двумя слоями: грунтовая эмаль, или грунт, обуславливающий приставание эмали к железу и служащий в качестве упругого промежуточного слоя, и

покровная эмаль, являющаяся окончательной отделкой изделия. После нанесения каждый слой эмали оплавляется. От эмалевого покрытия требуется кроме соответствующего наружного вида достаточная сопротивляемость физическим (гл. обр. механическим и термическим) и химическим воздействиям. Степень механич. и термич. стойкости эмалевого покрытия зависит от степени приставания эмали к металлу и напряжений, существующих в эмали, вызванных гл. обр. действием металлич. основы, а также и от физических свойств самой эмали. Прочность эмали на сжатие (60—125 кг/мм²) значительно превосходит ее прочность на разрыв (3—8 кг/мм²). Химическая же сопротивляемость эмалевого покрова зависит от состава эмали и обработки, к-рой она подвергалась во время производства эмалированного изделия. Часть механич. и термич. свойств эмали, как плавкость, прочность на разрыв, прочность на сжатие, коэф. термич. расширения и др., может быть с большим или меньшим приближением вычислена, исходя из свойств образующих ее окислов.

М а т е р и а л ы Э. п. Железо, из которого изготавливаются (штамповкой, вытяжкой, обработкой на давяльном станке и при помощи сварки) изделия, подлежащие эмалированию, д. б. свободно от включений шлаков и окислов железа, а также пор, т. к. эти дефекты железа являются причиной различных видов брака эмалевого покрова. Примерный состав железа: 0,05—0,07% С, 0,35—0,42% Мп, до 0,04% S, до 0,04% P, Si—следы. Коэф. расширения железа $385 \cdot 10^{-7} \div 420 \cdot 10^{-7}$. Сырьем для производства эмали служат: 1) стеклообразующие вещества, к которым относятся кварц, полевой шпат, каолин, глина, сода, поташ, магнезия, сурик; 2) окислы, обуславливающие приставание эмали к железу,—окись кобальта, никеля и марганца; 3) окислители—натриевая и калиевая селитра, служащие гл. обр. для окисления органич. загрязнений шихты во время плавки; 4) глушители для предварительного глушения (криолит, плавиковый шпат, кремнефтористый натрий, фосфорнокислый кальций) и собственно глушители, к к-рым относится ряд белых окислов и соединений элементов IV и V групп периодич. системы элементов, как окиси олова, циркония и сурьмы, метасурьмянокислый натрий (лейконин) и др.; 5) красящие вещества—окись хрома для зеленых эмалей, окись железа для коричневых и др. Нек-рые материалы могут относиться к различным видам одновременно, напр. криолит является глушителем и стеклообразующим веществом. Иногда нек-рые из этих основных видов сырья заменяют другими, напр. полевой шпат нефелином, феолином и т. п. Темп-ра плавления грунтовой эмали лежит между 800 и 900° (под к-рой для эмали подразумевают t° перехода в совершенно жидкое состояние). Коэф. расширения—между $260 \cdot 10^{-7}$ и $320 \cdot 10^{-7}$.

Покровная эмаль д. б. в основном более легкоплавкой, чем грунтовая эмаль, и обладать хорошей кроющей способностью. Последнее свойство достигается введением фтористых соединений и окиси алюминия в качестве предварительных глушителей в шихту эмали и кроме того добавкой при размоле эмали собственно глушителей: окиси олова, метасурьмянокислого натрия и др. Примерный состав грунтовой эмали на железо приведен в табл. 1, а белых покровных эмалей на железо—в табл. 2.

Табл. 1.—Состав грунтовой эмали на железо (в %).

Составные части *1	Составы					
	1*2	2*2	3	4	5	6
SiO ₂	52,17	54,72	48,8	48,2	47,5	49,0
B ₂ O ₃	12,00	15,00	15,5	15,8	17,5	14,5
Al ₂ O ₃	3,24	8,35	7,7	7,8	8,5	6,5
K ₂ O	3,28	4,85	6,3	6,8	6,0	8,0
Na ₂ O	19,31	12,15	14,3	13,8	14,5	12,5
MgO	2,50	—	—	—	—	—
CaF ₂	7,01	3,00	6,4	6,6	5,0	8,5
CoO	0,20	—	—	—	—	—
NiO	—	1,63	1,0	1,0	1,0	1,0
MnO	0,30	0,30	—	—	—	—

*1 Добавка глины в мельницу 6—12%. *2 Шихты состоят соответственно (в %) из кварца 30,5 и 40,1, полевого шпата 15,3 и 16,3, буры кристаллической 25,9 и 32,9, селитры калиевой 2,3 и 2,4, плавикового шпата 5,5 и 2,4, соды кальцинированной 18,1 и 4,2, магнезии 2 и 0, окиси кобальта 0,15 и 0, окиси никеля 0 и 1,46 и пиролюзита 0,23 и 0,24.

Цветные покровные эмали по железу мало отличаются по составу от белых эмалей (отсутствии или уменьшении содержания глушителей).

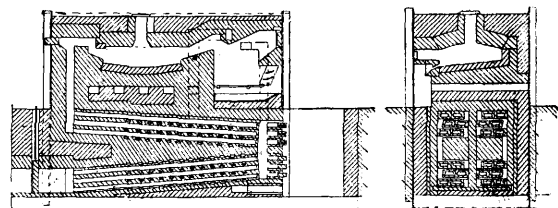
Табл. 2.—Состав белых эмалей на железо (в %).

Составные части *1	Составы					
	1*2	2*2	3	4	5	6
SiO ₂	46,32	46,34	44,82	47,90	49,60	53,10
B ₂ O ₃	10,00	10,00	13,58	8,90	8,30	9,65
Al ₂ O ₃	6,56	7,13	8,04	6,04	6,25	9,70
K ₂ O	3,87	4,14	9,15	7,14	9,20	7,55
Na ₂ O	11,33	10,16	10,25	7,30	7,98	6,50
CaO	—	—	—	—	4,02	—
NaF	11,04	9,50	5,92	10,20	7,70	8,45
AlF ₃	7,36	6,35	3,94	6,80	5,13	5,65
CaF ₂	3,50	6,38	3,33	5,72	1,82	—

*1 Добавка глины при размоле 6—8%, добавка глушителей 5—8%. *2 Шихты состоят соответственно (в %) из кварца 15,8 и 11,9, полевого шпата 33,6 и 35,8, буры кристаллической 23,0 и 16,1, селитры калиевой 2,5 и 2,5, соды кальцинированной 6,8 и 15,0, криолита 15,4 и 13,3 и плавикового шпата 2,9 и 5,4.

лей). Окрашивание обычно достигается путем прибавления красящих окислов (окиси хрома, железа и др.).

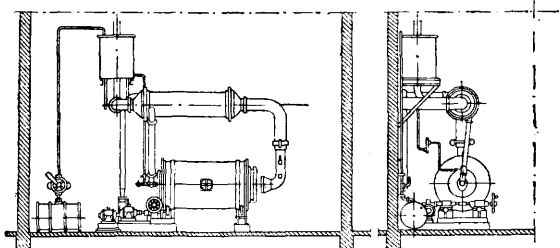
Шихта, составленная из предварительно измельченного сырья, перемешивается, сплавляется, гранулируется, затем размалывается с водой. Для сплавления эмалей применяются ти-



Фиг. 1.

гельные, ванны и вращающиеся печи. Тигельные печи применяются в Э. п. в настоящее время в крайне ограниченном объеме, исключительно для плавки художественных эмалей. Печи эти очень дорогие в эксплуатации. Ванные печи (фиг. 1), почти исключительно применявшиеся десять лет тому назад, имеют четырехугольную ванну из огнеупорного шамотного материала с наклоном пода к имеющемуся в бо-

ковой стенке отверстию, служащему для выпуска сплавленной массы в бак с водой (гранулирование). Топка находится с боковой стороны, и пламенные газы, пройдя над ванной, уходят с противоположной стороны. Имеется боковое отверстие для перемешивания во время плавки. Эти печи строят чаще всего с полуазовым и газовым отоплением с рекуперацией. Применяют также в широком масштабе жидкое топливо. Вращающиеся печи стали применяться сравнительно недавно. В основном они представляют собой (фиг. 2) горизонтальный вращающийся во время плавки барабан, с одной стороны которого находится форсунка, а с другой—выход дымовых газов. Плавка



Фиг. 2.

250 кг шихты грунта продолжается 60—80 мин. Расход топлива 16—20 кг на 100 кг сплава. Продолжительность разогрева печи до засыпки шихты 1—1,5 ч.

Для размола гранулированной эмали применяют барабанные мельницы с футеровкой из естественного камня или из кирпичей твердого фарфора. Шары для размола белых эмалей размером 6—8 см изготовляют обычно также из твердого фарфора. При размоле грунтовых эмалей применяется также кремневая галька. Прибавляемые к гранулированной эмали до начала размола в мельницу в соответствующих количествах глина и вода обуславливают получение после размола суспензии, идущей для покрытия изделий. Глина препятствует отстаиванию частиц эмали, стеканию последней с поверхности изделия и содействует ее приставанию равномерным слоем на изделия. Полученную после размола массу (консистенции густых сливок) пропускают через сито и направляют непосредственно в переработку, но чаще предварительно подвергают старению в течение нескольких суток. В случае, если суспензия эмали вследствие прибавки излишнего количества воды или по другим причинам не имеет надлежащей консистенции, прибегают к прибавлению сгустителей, каковыми служат следующие вещества: хлориды и сульфаты магния и аммония, растворимые карбонаты, бура и некоторые другие.

Подготовка поверхности изделий из железа к эмалированию заключается в удалении жира и масла и в травлении для снятия окалины и ржавчины. Удаление масла производят обжигом в муфельной или туннельной печи при t° 650—700° или удалением при помощи химич. реагентов, используя в редких случаях органич. растворители жиров или, чаще, щелочные обезжиривающие растворы, состоящие из смесей фосфата и силиката натрия, щелочей и др. Очистка изделий от окалины производится почти исключительно травлением в серной или соляной кислоте. Обычная продолжительность травления $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ ч. в холодной 20%-ной соляной кислоте или 4—6%-ной серной кисло-

те при t° 60°. Баки для травильных растворов изготовляют из дерева, покрытого слоем асфальта, или из песчаника и других кислотоупорных пород. Применяют также керамиковые и каменные травильные чаны и баки из плавяного базальта.

Эмали на изделия наносятся чаще всего мокрым способом и лишь в ограниченном размере способом припудривания. Мокрым способом суспензия эмали наносится окутанием или обливом, а также при помощи распылителей. По первому способу изделия с помощью щипцов окутают в суспензию эмали и после окутания путем вращения и стряхивания распределяют эмаль равномерным слоем и освобождают от избытка суспензии. К помощи распылителей, действующих сжатым воздухом, прибегают при эмалировании плоских и больших поверхностей: вывесок, частей печей и газовых плит. Сушка покрытых изделий происходит или на открытых сушильных подставках, или в сушильных шкафах, или же в сушильных камерах с непрерывным прохождением изделий. В последних двух случаях сушила нагреваются отходящими газами муфельных печей. Высушенные изделия обжигают в муфельных (нагревание углем, газом или жидким топливом) и электрических печах. Как муфельные, так и электрич. печи бывают двух типов: типа закрытого муфеля, в к-рых обжиг производится периодически, и типа непрерывно действующих туннельных печей. Существуют U-образные непрерывно действующие печи. Обжиг грунтовых эмалей производится при 850—900°, обжиг покровных эмалей—обычно при t° ок. 850°; длительность обжига—несколько мин. Высококачественные белые изделия обливаются и обжигаются три раза: грунтом и 2 раза белой эмалью. Последним процессом производства эмалированных железных изделий является исправление искривлений, появляющихся при обжиге и охлаждении их. Эта правка осуществляется при помощи соответствующей формы приспособлений, накладываемых на еще раскаленное, помещенное на специальной плите изделие.

Эмалирование чугунных изделий, изготовляемых путем литья, зависит в значительно большей мере от металлич. основы, чем это имеет место для железа, т. к. непостоянство состава чугуна, особенно в отношении содержания серы и кремния, обуславливает весьма сильное колебание коэф-та расширения. Подходящий химич. состав чугуна для эмалирования колеблется в следующих пределах: общее содержание углерода 3,4—3,8% (графита 2,5—2,7%), кремния 2,0—2,4%, фосфора 0,8—1,0%, серы 0,08—0,11%, марганца 0,5—0,7%. Коэф. расширения $330 \cdot 10^{-7} \div 415 \cdot 10^{-7}$. Подготовка чугуна к эмалированию заключается в удалении окалины и поверхностных включений шлаков, песка и др. и производится чаще всего с помощью пескоструйных аппаратов. Лишь в редких случаях применяют травление к-тами. В качестве грунтовой эмали на чугун применяют (в случае последующего нанесения покровной эмали сухим пудровым способом) грунт, аналогичный по составу и изготовлению грунтовым эмалям по железу. При последующем покрытии мокрым способом чугунные изделия покрывают фритованным (т. е. не доведенным при сплавлении до полного остекловывания) грунтом, состав к-рого колеблется между 60—70% кварца и 30—40% буры. Фри-

тование производится в муфельных печах на чугунных сковородах, смазанных для уменьшения образования окалины глиной, при t° 900—1 000°. Добавка в мельницу обычно составляет 20% кварца и 15% глины от веса фритованного грунта. На з-дах СССР применяют и для последующего покрытия белой эмалью мокрым путем—сырой (т. е. не подвергшийся предварительному сплавлению) грунт. Покровной эмалью на чугун для нанесения мокрым путем может служить эмаль по железу, коэф. расширения к-рой ниже коэф-та расширения чугуна. Покровная же эмаль на чугун, наносимая напудриванием на раскаленное, покрытое грунтом изделие и применяемая гл. обр. при т. н. фарфоровом эмалировании ванн, отличается в основном большей легкоплавкостью и тем, что глушители (окись олова, циркония и сурьмы и сурьмянокислый натрий) вводятся непосредственно в шихту. Коэф. расширения ее обычно порядка $300 \cdot 10^{-7}$. Мокрый способ эмалирования чугуна в основном аналогичен описанному для железа, с тем главным отличием, что нанесенный фритованный грунт обжигают не до полного остекловывания его. При сухом способе эмалирования чугуна грунт наносит мокрым способом очень тонким слоем. Изделия, покрытые грунтом, обжигают в муфельной печи, и на раскаленное изделие при помощи специальных механ. сит, действующих сжатым воздухом, напудривают эмалевую пудру. Нагрев с последующим напудриванием производят 2—4 раза. Затем следует окончательный обжиг.

Медь и ее сплавы, серебро, золото и платина также поддаются эмалированию, причем медь применяется гл. обр. при изготовлении циферблатов для часов, а также чаш, стаканов, ваз и пр. Эмалированные изделия из благородных металлов служат для целей украшения. Грунтовой эмали для этих металлов не требуется. Подготовка поверхностей изделий и состав эмалей различны в зависимости от рода металла и его примесей. Обжиг—обычно при 700—800° в зависимости от температуры плавления эмалируемого металла.

Производство железо- и чугуноэмалированных изделий весьма сложно, и отдельные процессы его до сего времени недостаточно изучены; поэтому при массовом производстве их приобретают исключительно большое значение как контроль сырья, так и тщательный контроль над постоянством проведения всех производственных процессов.

Лит.: Штуккерт Л., Производство эмали, пер. с нем., Л., 1933; Савченко В., Эмалирование железа и чугуна, Л., 1932; Локши и В., Производство эмалированных изделий, М.—Л., 1932; Гаусман В., Об устойчивости эмалевых суспензий, М., 1934; Григорьев И. и Муравлев Л., Испытания эмалей, М., 1927; Спр. ТЭ, т. III, стр. 191; Лев Д., Травление изделий из листового железа в амальгировочном производстве, «ЖХП», 1928, 1—4, стр. 79; Голубович М., Лев Д. и Петин И., Химическое обезжиривание железа, «Журн. общ. химии», М., 1932, т. 2, стр. 880; и х же. Электрохимическое обезжиривание железа, там же, 1933, т. 3, стр. 273; Лев Д., Заводской метод контроля консистенции суспензий эмали, «МС», 1931, 5—6, стр. 568; Вargin В., Кислотоупорные эмали на чугун, «Керамика и стекло», М., 1930, т. 6, стр. 438; Hansen J., The Advanced Technique of Porcelain Enameling, Cleveland, Ohio, 1932; Grüwald J., Chemische Technologie d. Emailrohmaterialien, В., 1928; Vielhaber L., Die Konstruktion d. Emailversätze, Meissen, 1927; Andrews A., Acid Resisting Cover Enamels, Illinois, 1930; Liebing W., Das säurebeständige Email, В., 1923; Weinig K., Ueber die Ursachen d. Haarrissbildung bei Eisenemail «Sprechsaal», Coburg, 1930, В. 63, р. 723; Freygang J., Eisen unter besonderer Berücksichtigung d. zum Emailieren verwendeten Arten,

«Emaillewaren-Industrie», Duisburg, 1928, В., 5; L andrum D. a. Carter H., Bibliography a. Abstracts of Literature on Enamels, «Journal of the American Ceramic Society», Columbus, Ohio, 1929, 5. Д. Лев.

ЭМАНАЦИЯ, газообразный радиоэлемент, продукт радиоактивного распада, встречающийся в каждом из трех радиоактивных семейств (радия, тория, актиния). Первой была открыта в 1899/1900 г. Оузом и Рёзерфордом Э. тория (торон), имеющая период полураспада (см. Радиоактивность) $T=54,5$ ск., ат. в. 220, затем в 1900 г. Дорном Э. радия (нитон, радон) с периодом полураспада $T=3,825$ дн. и ат. в. 222 и наконец в 1902 г. Э. актиния (актинон) Дебьерном (Debiern) с периодом полураспада $T=3,92$ ск., ат. в. 219 ± 1 . Все три Э. являются *изотопами* (см.) и занимают атомный номер 86 в нулевой группе периодич. системы элементов, обладая химич. свойствами инертных газов. При 760 мм давления Э. превращаются в жидкость при $t^{\circ} -65 \div -62^{\circ}$; при $t^{\circ} -71^{\circ}$ Э. замерзают. В газообразном и жидком состоянии Э. бесцветны, в твердом же—оранжево-красного цвета. В жидкостях газообразные Э. растворяются, следуя закону Генри. Э. сильно поглощаются углем (кокосовым), оливковым маслом, керосином и рядом других органич. соединений, чем пользуются иногда на практике для концентрации Э. радия. Выделение Э. твердыми телами, заключающими материнский радиоэлемент (Ra, ThX, AcX),—эманации—зависит от t° , влажности и структуры тела и колеблется в очень широких пределах ($1 \div 99\%$). Коэффициент диффузии Э. в воздухе при комнатной t° составляет около 0,07. При распаде все эманации выделяют α -частицы, образуя ряд короткоживущих твердых радиоэлементов. Последние оседают на предметы, находящиеся в соприкосновении с Э. и сообщают им временную (наведенную) радиоактивность. Единицей измерения количества Э. радия служит *кюри* (см.), т. е. то ее количество, к-рое находится в равновесии с 1 г Ra. В атмосферном воздухе содержатся Э. Ra и Th (содержание Э. Ac точно не установлено), куда они попадают из почвы. Содержание RaEm составляет вблизи земной поверхности ок. 1 атома в $см^3$, ThEm в несколько тыс. раз меньше; концентрация Э. быстро уменьшается с высотой. Большинство природных вод содержит Э. радия. Количество Э. определяется обычно электрометрически (см. Радиоактивность), причем содержание Э. тория и актиния приходится измерять благодаря малой продолжительности их жизни в непрерывном токе воздуха. На практике применяется гл. обр. Э. радия вследствие большей продолжительности ее жизни. Особо широкое применение Э. получила в медицине как в виде концентрированных препаратов (1—100 милликюри и выше), заменяющих дорогостоящие препараты радия (кюри и терапия), так и в виде радиоактивных ванн, грязей, эманаториев, в питьевой воде и т. п. В малых концентрациях Э. начинает находить применение в с. х-ве и животноводстве, например для активирования кормов. Измерение концентрации RaEm и ThEm в почвенном воздухе применяется в прикладной геофизике для поисков радиоактивных руд и других объектов, связанных с аномальной радиоактивностью (эманация разведка). Наконец RaEm находит большое применение в лабораториях как источник продуктов ее распада от RaA до Po включительно.

ЭМУЛЬСАТОРЫ, э м у л ь г а т о р ы, см. *Эмульсии*.

ЭМУЛЬСИИ, дисперсные системы с жидкой поверхностью раздела жидкость (1) — жидкость (2) или жидкость — газ. Э. в широком смысле слова могут представлять собой дисперсные системы либо из двух не вполне взаимно растворимых жидкостей либо из жидкости и газа (пара). В табл. 1 приводится рациональная классификация Э.

Табл. 1. — Физико-химическая классификация Э.

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Название и характеристика системы (глобулы)
Жидкость (1) (вода) В	Жидкость (2) (масло) М	Свободные капельки жидк. (2) в жидк. (1) — норм. эмульсия типа 2—1, при высокой концентрации дисперсной фазы переходящая в пенообразную (спумоидную) систему
Жидкость (1)	Газ (2) (воздух)	Э. свободных пузырьков газа в жидкости. При высокой концентрации пузырьков газа, соприкосновением образующих пленки, дает пену
Жидкость (2) (масло) М	Жидкость (1) (вода) В	Эмульсия, обращенная по отношению к (1) [пенообразная система всегда является промежуточной стадией обращения фаз (2—1) (1—2)]
Газ (2)	Жидкость (1)	Свободн. капельки жидкости в газе — туман. При укрупнении капельек вследствие коалесценции образуется быстро оседающая система — дождь

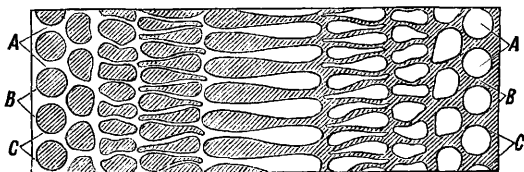
Э. в обычном смысле этого слова определяется как система, образуемая капельками одной жидкости, напр. масла (2), распределенными в среде другой жидкости, напр. воды (1). Для того чтобы такая система могла быть равновесной, необходимо чтобы жидкости были не смешиваемыми, т. е. мало или во всяком случае не во всех отношениях взаимно растворимыми. Сплошная среда [в данном случае вода (1)], со стороны которой поверхность раздела представляется вогнутой, называется д и с п е р с и о н н о й, или э м у л ь с и о н н о й, с р е д о й, а фаза, разбитая на капельки (г л о б у л ы), называется э м у л ь г и р о в а н н о й (дисперсной) ф а з о й. Характерное свойство Э. состоит в том, что глобулы, когда они при малом содержании эмульгированной фазы свободны, т. е. не соприкасаются друг с другом, принимают под действием межмолекулярных сил благодаря полной легкоподвижности молекул жидкости и жидкой поверхности раздела сферoidalную форму, достаточно близкую к форме шара при малых размерах глобул. Действительно, единственной внешней силой, нарушающей строго сферич. форму свободных глобул, является сила тяжести $P = gV(D_2 - D_1) \geq 0$, вызывающая седиментацию глобул и направленная вверх, если эмульгированная фаза (2) удельно легче дисперсионной среды (1) ($D < D_1$; $P < 0$), или вниз ($P > 0$ при $D_2 > D_1$) в обратном случае. Сила тяжести P прямо пропорциональна r^3 , так как объем глобулы $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ и потому быстро падает с уменьшением r ; достаточно малые глобулы строго сферичны, особенно при небольшой разности плотностей

$D_2 - D_1$ [обычно в эмульсиях нормального типа ($D_2 - D_1$) составляет около 0,2—0,1 и менее]. При малом содержании эмульгированной фазы, т. е. при большом разбавлении, эмульсии, состоящие из двух чистых фаз, могут обладать высокой устойчивостью. Таковы конденсаторные воды паросиловых установок, представляющие собой высокодисперсные и весьма разбавленные Э. смазочного масла в воде. Устойчивость таких Э. определяется двумя противоположно действующими факторами: свободной поверхностной энергией — избытком свободной энергии в междуфазной поверхности раздела, т. е. междуфазным поверхностным натяжением σ_{12} , и электрич. зарядом глобул e_s или потенциалом их поверхности V_s . В соответствии с общими принципами термодинамики (второе начало) наличие избытка свободной энергии (см. *Свободная энергия* и *Свободная поверхностная энергия*) в междуфазном поверхностном слое $F_s - F_p = \sigma_{12} \cdot S$ вызывает при $T = \text{Const}$ самопроизвольный процесс уменьшения этой поверхности, приводящий к понижению степени дисперсности Э. из-за «сливания» отдельных капелек Э. друг с другом во все более крупные капли. Процесс коалесценции ($\sigma_{12} \Delta S < 0$, при $\sigma_{12} = \text{Const} > 0$, $\Delta S < 0$, $S \rightarrow \text{min}$, такова причина строго сферической собственной формы глобул) отличается от коагуляции твердых дисперсных частиц — процесса, тоже связанного с уменьшением поверхностной энергии системы, но при котором возникают новые поверхности раздела «твердое—твердое», сохраняющиеся внутри укрупненной частицы — коагулята, тогда как при коалесценции в эмульсиях первичные капельки исчезают вовсе, сливаясь в более крупные. Так как междуфазное поверхностное натяжение является фактором, нарушающим устойчивость Э., то последняя возрастает с уменьшением *поверхностного натяжения* (см.) на границе обеих фаз, т. е. вообще говоря, растет с увеличением их взаимной растворимости, с уменьшением разности их полярностей (см. также *Капиллярные явления*, *Полярность*). Однако низкое поверхностное натяжение в Э. из двух чистых (однокомпонентных) жидкостей в отсутствие эмульгаторов (см. ниже) начинает сильно сказываться лишь при достаточном приближении σ к 0: при $\sigma \leq \sigma_{кр.}$; получаемые при этом устойчивые эмульсии могут быть названы к р и т и ч е с к и м и Э., так как они получаются вблизи критической температуры смешения обеих жидкостей или жидкости и ее насыщенного пара (критич. туманы), когда σ_{12} достаточно близко к 0 (см. *Критические явления*). Наиболее высокодисперсная форма таких эмульсий — коллоидно-дисперсные критические мути.

Э м у л ь г а т о р ы. Главным фактором, обуславливающим устойчивость, особенно в концентрированных Э., — «стабилизирующим фактором» — является введение третьего компонента, обычно коллоидно-растворенного в одной из фаз поверхностно-активного вещества, называемого э м у л ь г а т о р о м. Стабилизирующее действие эмульгатора сводится не столько к вызываемому им понижению междуфазного поверхностного натяжения (особенно если σ_{12} не очень сильно понижено), сколько к образованию адсорбционной пленки эмульгатора на поверхности глобул в случае, если она обладает достаточной механич. прочностью (защитная пленка). Образование такой пленки всегда связано с понижением междуфазного поверхностного натяжения,

вызванным эмульгатором, поверхностная активность к-рого является т. о. необходимым, но недостаточным условием его эмульгирующего действия. Т. о. всегда $\sigma(c) < \sigma_0$, $\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma(c) > 0$, где c —концентрация эмульгатора. Основным же условием является высокая механич. прочность защитных адсорбционных пленок, к-рые должны представлять собой двухмерный лиофильный гель. Благодаря высокой концентрации молекул эмульгатора, сольватированных молекулами растворителя в этом слое, происходит образование квази-твердой мономичеслярной коллоидной пленки, даже если при малых концентрациях в дисперсионной среде эмульгатор и не находится в коллоидном состоянии. Наиболее же сильно действующими, практически важными эмульгаторами являются вещества, находящиеся в коллоидном или полуколлоидном состоянии уже в объеме дисперсионной среды. Защитная пленка эмульгатора, когда она достаточно насыщена его ориентированными молекулами (мицеллами), предохраняет глобулы от коалесценции, не допуская их непосредственного контакта. При столкновениях защитные глобулы, вместо того чтобы коалесцировать, отскакивают друг от друга, как упругие шарики. Даже при высоком содержании эмульгированной фазы, когда Э. становится пенообразной (см. табл. 1), и глобулы, деформируясь, соприкасаются друг с другом, защитные коллоидные пленки эмульгатора препятствуют их коалесценции. Поэтому воднорастворимые эмульгаторы обычно всегда являются хорошими пенообразователями (см. *Пены*). Для проявления защитного механич. действия коллоидно-адсорбционная пленка эмульгатора всегда должна образовываться со стороны дисперсионной среды—сплошной фазы. Поэтому эмульгаторы, коллоидно-растворимые преимущественно в водной фазе—поверхностно-активные гидрофильные эмульгаторы,—дают устойчивые Э. только типа М-В (масло в воде). Растворимые преимущественно в малополярной (масляной, углеводородной) фазе олеофильные эмульгаторы дают устойчивые Э. только типа В-М (вода в масле). Изменение молекулярной природы эмульгатора, напр. посредством химич. реакции со специально добавляемым реагентом (инвертором), вызывает о б р а щ е н и е ф а з Э., т. е. переход Э. типа М-В к типу В-М; так напр., гидрофильные мыла одновалентных катионов (олеат Na) являются гидрофильными эмульгаторами, давая преимущественно Э. типа М-В. При введении в водную среду инвертора (ионов Ca^{++} , Mg^{++}), напр. $CaCl_2$, образуются олеофильные мыла 2- и 3-валентных металлов, преимущественно растворимые в масляной фазе и дающие Э. преимущественно типа В-М. Если при эмульгаторе данного типа увеличивать объем эмульгируемой фазы, происходит механич. обращение фаз и образуется обратная Э., неестественная при эмульгаторе данного типа (фиг. 1). Так как эмульгатор не способен стабилизировать эту Э., она является всегда крайне неустойчивой, поэтому подобное обращение фаз сопровождается резким падением устойчивости Э. Кроме этого признака обращение фаз в Э. м. б. обнаружено по электропроводности, смачивающей способности (по отношению к металлич. пластинке, смазанной вазелиновым маслом) или растворяющей способности. Этими свойствами обладает лишь дисперсионная среда Э. и потому они испытывают разрыв при пере-

ходе от воды в качестве дисперсионной среды к маслу. При механическом обращении и фаз в Э. увеличением объема эмульгируемой фазы (в отличие от химического обращения фаз изменением молекулярной природы эмульгатора) играет роль только свободный (еще не эмульгированный) объем. Для



Фиг. 1.

каждой концентрации эмульгатора имеется определенная критическая объемная концентрация Э. $\beta_{кр.} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)_{кр.}$; при более высоких ее значениях, т. е. при попытке эмульгировать с раз у объем жидкости (напр. масла) $V_2 > \beta_{кр.} \cdot V_1$ в объеме V_1 воды, получается обратная Э. типа В-М (но не М-В) и притом неустойчивая, если эмульгатор гидрофилен. При добавлении же эмульгируемой жидкости малыми порциями и обращение фаз не наблюдается вовсе ни при каких значениях $\frac{V_2}{V_1}$. Именно поэтому постепенное эмульгирование является основным приемом получения высококонцентрированных Э. Таким путем можно получать Э. масла или бензола в воде с содержанием 90—95% бензола (с активным эмульгатором). Такие Э. пенообразны, т. е. в них отсутствует свобода перемещения отдельных глобул в дисперсионной среде. Последняя присутствует в форме пленок между соприкасающимися деформированными глобулами, благодаря чему такие Э. обладают весьма густой консистенцией, являясь даже в пределе как бы твердыми телами (обладая упругостью формы благодаря развитию в них пленок).

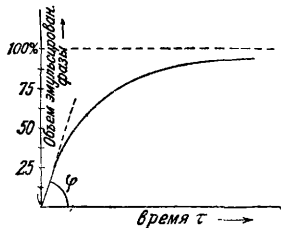
Устойчивость Э. и стабилизирующая способность эмульгаторов. В достаточно разбавленных Э. отдельные глобулы свободно перемещаются в дисперсионной среде, испытывая силу сопротивления среды f , выражаемую законом Стокса: $f = 6\pi\eta r v$; если движущая сила $F = f$, то условие стационарного движения дает связь между стационарной скоростью движения v и радиусом r глобулы. При свободной седиментации в поле силы тяжести $F = P = g v (D_2 - D_1)$; обычно для Э. типа М-В $P < 0$, и седиментация происходит вверх. Самопроизвольная коалесценция—укрупнение глобул—ускоряет при этом расслоение Э. Для количественного исследования дисперсности полидисперсных Э., т. е. распределения их глобул по размерам, а также для изучения коалесценции Э., т. е. их устойчивости, могут служить специальные седиментометры, основанные на применении закона Стокса (см. *Седиментометрия*).

Для достаточно монодисперсных Э. скорость растворения и устойчивость можно измерять, определяя увеличение со временем объема отслоившейся эмульгированной фазы $V = f(\tau)$. Тогда за меру устойчивости следует принять величину, обратную скорости расслоения («медленность» расслоения Э.), Z :

$$Z = 1 : \left(-\frac{dV}{d\tau}\right) = -\frac{d\tau}{dV} = \text{ctg } \varphi.$$

Z удобно измерять в % от всего эмульгированного объема. Рассматривая устойчивость как ф-ию от концентрации эмульгатора, за меру эмульгирующей или стабилизирующей способности эмульгатора надо принять величину $\left(\frac{dZ}{dc}\right)$, определяемую графически по кривой $Z = \varphi(c)$, как тангенс угла наклона начальной касательной (фиг. 2).

Условия коалесценции глобул Э. определяют элементарную устойчивость Э., т. е. «временем жизни» капельки одной из фаз при данных условиях (напр. при данной концентрации



Фиг. 2.

эмульгатора) в среде другой фазы у общей поверхности раздела. Элементарная устойчивость Э. τ растёт с концентрацией эмульгатора параллельно его адсорбции в пленку (вдоль изо-термы адсорбции, см. *Пены*); она различна в зависимости от того, какая из фаз берется в форме глобулы: (1) — τ_{12} или (2) — τ_{21} . В случае $\tau_{21} > \tau_{12}$ наиболее устойчивой является Э. типа М-В, а в случае $\tau_{21} < \tau_{12}$ — Э. типа В-М, что определяет природу эмульгатора. С возрастанием τ вероятность коалесценции глобул при столкновении (соприкосновении) уменьшается.

Э. в технике Э. находят важное применение во многих областях технологии. В случае, когда гетерогенный химич. процесс протекает между двумя жидкими фазами (напр. водной средой и жиром), как при омылении, эмульгирование является первой стадией процесса, обеспечивающей достаточно большую скорость реакции (из-за сильно развитой поверхности соприкосновения обеих фаз). Поэтому в мыловарении Э. играют важную роль не только при варке мыла, но и в проблеме наиболее полного отделения неомыляемых, устойчиво-эмульгированных в водно-мыльной среде с мылом в качестве эмульгатора. Сырая нефть представляет собою Э. воды в нефти (типа В-М), содержащую до 30—60% воды, стабилизированную полярными поверхностно-активными компонентами нефти (нафтеновые к-ты, асфальтены, смолы), а также высокодисперсными частицами твердых гидрофобных эмульгаторов (напр. коллоидного угля). Одна из основных задач переработки нефти состоит поэтому в возможно более полном обезвоживании ее, т. е. в разрушении Э. одним из указанных выше методов. Э. имеют основное значение в пищевой пром-сти, что связано также с их важной ролью в биохимии и физиологии питания. Молоко представляет собою Э. типа М-В, содержащую приблизительно 4% жира, глобулы к-рого стабилизированы белковой оболочкой (казеин, альбумин). При отстаивании молока в результате нормальной седиментации глобул образуются сливки — высококонцентрированная Э. того же типа М-В. Однако при «сбивании» сливок происходит нормальное обращение фаз М-В → В-М. Образовавшаяся обратная эмульсия является сливочным маслом. С целью повышения устойчивости, качества и физиологич. ценности молока (перевариваемости) оно подвергается гомогенизации (увеличению дисперсности до примерно одинакового малого размера глобул) продавливанием Э. через узкие отверстия в специальных приборах,

называемых гомогенизаторами. Маргарин — суррогат коровьего масла — обычно представляет собою Э. типа В-М, в к-рой эмульгаторами являются или окисленное растительное масло или стеарин в виде дисперсного твердого эмульгатора. Естественный каучуковый латекс, так же как и другие «млечные» растительные соки, представляет собою Э. 30—40% каучука с глобулами диам. 0,5—3 μ . В производстве пластмасс, напр. при изготовлении искусственной кожи, Э. также имеют большое значение.

Методы разрушения Э., имеющие в технике столь же большое значение, как и методы стабилизации Э. введением эмульгатора, делятся на группы: 1) Адсорбционное вытеснение эмульгатора из междуфазного слоя более поверхностно-активными веществами, не обладающими достаточной прочностью пленки (обычно молекулярно-дисперсными веществами, не могущими коагулировать в двухмерные гелеобразные защитные пленки). 2) Химич. разрушение защитных пленок эмульгатора, напр. мыла, минеральной к-той или высаливанием. 3) Методы обращения фаз увеличением объема эмульгированной фазы или введением инвертора в количестве, необходимом для начала обращения; при этом поверхность раздела, вогнутая вначале напр. в сторону фазы М, меняет при обращении знак кривизны, становится вогнутой по отношению к фазе В. Промежуточное положение — плоская поверхность раздела — соответствует полной неустойчивости Э. — расслоению обеих фаз. 4) Коагуляция электролитами — для Э., глобулы к-рых стабилизированы значительными электр. зарядами. Эти методы (1—4) м. б. названы физико-химическими в отличие от физич. методов. 5) Расслоение Э. центрифугированием. 6) Электр. методы разрушения Э. — метод Котреля для разрушения Э. воды в сырой нефти. Под влиянием переменного электр. поля высокого напряжения заряженные глобулы воды в диэлектрике — нефти — разрывают защитные пленки и коалесцируют друг с другом. Применение постоянного тока основано на принципе катафореза (см. *Электрофорез*). 7) Термический метод расслоения Э. — нагреванием. При этом не только падает вязкость Э., но и понижается адсорбция эмульгатора на междуфазной поверхности. К тому же эмульгатор деколлоидируется, приближаясь к молекулярной дисперсности. Т. о. повышение t° разрушает защитные пленки. Применяемые в практике химич. методы разрушения Э., напр. Э. воды в нефти (нефтяных Э.), основаны на комбинации 1—4 методов. Добавляемый реагент «тритолайт» (Treto-Lite) представляет собой смесь водных (гидрофильных) мыл, фенолов и щелочных электролитов и действует, с одной стороны, вытесняя эмульгатор из пленки, с другой, — как инвертор.

Твердые эмульгаторы. Кроме поверхностно-активных веществ с высокой прочностью коллоидных адсорбционных пленок стабилизаторами Э. могут служить высокодисперсные суспензии твердых частиц в одной из двух фаз, образующих Э., — т. н. т в е р д ы е э м у л ь г а т о р ы. Действие их основано на флотационном принципе избирательного смачивания. Смачиваясь преимущественно одной из обеих соприкасающихся жидких фаз, твердые частицы при встряхивании системы прилипают к междуфазной поверхности раздела со стороны той жидкости, к-рая их лучше избирательно смачивает (см. *Смачивание, Капиллярные явления, Флотация*). Поэтому такие твер-

дые частицы всегда стабилизируют капельки хуже смачивающей их жидкости в среде жидкости, лучше смачивающей. Обозначая через θ краевой угол на трехфазной границе жидкость (1)—твердая частица эмульгатора—жидкость (2) и считая его всегда направленным в водную фазу (1), имеем для гидрофильных эмульгаторов условие: $0 < \theta < 90^\circ$; $+1 > B > 0$, а для гидрофобных эмульгаторов: $90^\circ < \theta < 180^\circ$; $0 > B > -1$, где $B = \cos \theta$ — избирательное смачивание, определяемое молекулярной природой твердых частиц. Первые дают трехфазные Э. типа М-В, а вторые — типа В-М. Прилипание «бронирующих» твердых частиц к поверхности, являющееся следствием флотационных сил, может наблюдаться только, если абсолютное значение смачиваемости $B \neq 1$. В противном случае (при полном смачивании одной из фаз) прилипание не имеет места, и твердые частицы целиком остаются в объеме данной фазы. При введении в трехфазную Э., стабилизированную твердым эмульгатором, поверхностно-активного вещества, адсорбируемого его частицами, происходит обращение фаз, связанное с инверсией избирательного смачивания твердых частиц: в результате ориентации полярной группы поверхностно-активных молекул к поверхности гидрофильной твердой частицы, а углеводородной, неполярной, частью — в наружную среду частица становится гидрофобной (B меняет знак, переходя через 0). Аналогичная инверсия смачивания наступает и для гидрофобной частицы вследствие обратной ориентации. На практике более явственным является первый случай вследствие возможности химич. связи полярной группы с твердой частицей, «закрепляющей» ориентацию. Так, Э. М-В,

Табл. 2.—Классификация эмульгаторов.

I. Поверхностно-активные (растворимые) эмульгаторы, действующие по принципу понижения междофазного поверхностного натяжения с образованием механически прочной (коллоидной) адсорбционной пленки	
<p>А) Гидрофильные эмульгаторы (Э. типа М-В)</p> <p>К- и Na-мыла, белковые вещества (казеин, альбумин), углеводы, желчь, сапонин, дубильные вещества</p>	<p>В) Олеофильные эмульгаторы (Э. типа В-М)</p> <p>Са- и Mg-мыла, окисленные нефтепродукты (смеси высших гомологов), каучук, смолы, фосфатиды (лецитин)</p>
II. Твердые эмульгаторы (высокодисперсные порошки), суспензированные частицы к-рых бронируют глобулы, прилипают к междофазной поверхности раздела со стороны дисперсионной среды благодаря избирательному смачиванию	
<p>А Гидрофильные ($B = \cos \theta > 0$) (Э. типа М-В)</p> <p>Нерастворимые высокодисперсные соединения легких металлов, образованные и суспензированные в водной среде: Al_2O_3, ZnO, $MgCO_3$</p> <p>Мокющие глины (каолин, ил.), Na-соли высших предельных жирных к-т, мало-растворимые в воде (напр. Na-стеарат)</p>	<p>В) Гидрофобные ($B = \cos \theta < 0$) (Э. типа В-М)</p> <p>Высокодисперсные соединения тяжелых металлов PbO, HgJ и др. Суспензии парафина, стеариновой к-ты и др. в масляной фазе</p> <p>Сажа</p>

стабилизированная осаждением $CaCO_3$, при добавлении олеиновой к-ты, адсорбирующейся на частицах $CaCO_3$ с образованием Са-олеата, делающего частицы гидрофобными, переходит в Э. типа В-М (типичное обращение фаз в трехфазных Э.). Классификация эмульгаторов приведена в табл. 2.

Лит.: Клейтон В., Теория эмульсий, М., 1933; Дау Д., Нефтяные эмульсии, М.—Л., 1928; Гурвич Л., Научные основы переработки нефти, М., 1925; Ребиндер П., ЖРФХО, ч. физ., 1926; «Ж. физ. хим.», 1931, т. 2; Lange O., Technik d. Emulsionen, В., 1929; Rehbinder P. u. Wenström E., «Koll. Ztschr.», Dresden, 1930, В. 53, p. 215. П. Ребиндер.

ЭНЕРГИЯ, всякое изменение в свойствах вещества, дающее ему возможность производить работу. Это изменение может проявляться в изменении состояния движения (кинетич. Э.), в изменении взаимного расположения частей данной системы или ее положения по отношению к другим телам (потенциальная энергия), в изменении теплового, электрического или магнитного состояния. Опыт позволяет определить лишь изменение Э. при определенном процессе, равное сумме произведенной данной системой работы, и изменения Э. всех окружающих тел. Когда единственным внешним результатом процесса является перемещение окружающих тел, то изменение Э. ΔU измеряется произведенной работой, т. е. произведением действовавшей на тело силы F на проекцию перемещения l :

$$\Delta U = \int_1^2 F \cos(F, l) dl, \quad (1)$$

или сообразной окружающей телам в результате затрат работы кинетич. Э. Если сила (или силы), действующая на тело (или тела), имеет потенциал, то ΔU зависит исключительно от начального и конечного положения тела, но не от вида промежуточного процесса. Термодинамика (см.) принимает эту независимость от вида процесса для изменения т. н. внутренней энергии в качестве начала, подтверждаемого опытом. В таком случае

$$\Delta U = U_2 - U_1. \quad (2)$$

Для обратного возвращения системы в первое состояние на нее нужно затратить такое же количество работы ΔU , какое она произвела при переходе во второе состояние. Когда кроме механич. перемещений произошли и другие изменения в окружающих телах, то изменение Э. каждого из окружающих тел м. б. измерено по той работе (1), к-рая способна произвести такое же изменение тел. Уменьшение Э. данной системы равно сумме возрастания всех видов Э. в окружающих телах:

$$U_2 - U_1 = -\sum \Delta U_i. \quad (3)$$

Если включить в рассматриваемую систему все те тела, к-рые испытывают те или иные изменения при данном процессе, то мы получим и з о л и р о в а н н у ю с и с т е м у тел. Изменение Э. такой системы всегда равно нулю, т. к. ни одно из остальных тел, не входящих в данную систему (по определению системы), не испытывает никаких изменений и следовательно ни одно из них не меняет своей Э. Для изолированной системы поэтому

$$\sum U = 0. \quad (3a)$$

Сумма изменений всех видов Э. изолированной системы тел равна нулю. Это — закон сохранения Э.—одна из форм первого начала термодинамики. Можно условно принять

за нуль \dot{E} . тела в нек-ром определенном состоянии, напр. при 0° и 760 мм Нг; или же при 0° К (абсолютном нуле) и давлении 760 мм. Тогда под \dot{E} . тела мы будем понимать изменение \dot{E} . при переходе из этого нулевого состояния в данное:

$$U = U - U_0. \quad (4)$$

Чтобы определить полный запас \dot{E} . тела, необходимо выбрать за начальное состояние—состояние, вовсе лишенное \dot{E} . Это можно сделать для лучистой электромагнитной \dot{E} . или для энергии электрического заряда. В обоих случаях оказывается, что общий запас \dot{E} . U движущегося заряда или электромагнитной \dot{E} . тесно связан с массой m , к-рую можно было бы определить по законам Ньютона из величины инерции или кинетич. \dot{E} .

$$U = mc^2, \quad (5)$$

где c —скорость света. Теория относительности обобщает этот результат на любую массу, проявляется ли она в инерции при движении тела или в силе тяготения. Ур-ие (5) утверждает, следовательно, что 1 г любого вещества обладает запасом \dot{E} . в $9 \cdot 10^{20}$ эрг. Изменения \dot{E} ., которые сопровождают известные нам физич. и химич. превращения, так ничтожны по сравнению с этим общим запасом, что изменение массы не м. б. измерено ни одним из доступных нам методов измерения. Поэтому массу до последнего времени считали постоянной и даже отождествляли ее с действительно количественно неизменной материей. В действительности масса измеряет не количество материи, а тот запас \dot{E} ., к-рым материя обладает. Только изучаемые за последние годы процессы, протекающие внутри атомного ядра, вызывают такие изменения, к-рые измеримым образом меняют массу тела.

Виды \dot{E} . 1) Кинетическая \dot{E} ., T , проявляющаяся в движении тела со скоростью v , равна

$$T = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right), \quad (6)$$

где m_0 —масса тела при достаточно медленном его движении, а c —скорость света. Скорости, с к-рыми мы имеем дело при движении больших материальных тел, очень малы по сравнению со скоростью света. Даже скорость снаряда не превышает $1000 \text{ м/сек} = 10^3 \text{ см/сек}$, т. е. в $3 \cdot 10^8$ раз меньше скорости света. В этих случаях со всей доступной нашим измерениям точностью можно заменить $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ через $(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2})$, и тогда выражение (6) принимает хорошо известный вид:

$$T = \frac{1}{2} m_0 v^2. \quad (6a)$$

Наоборот, когда мы имеем дело со скоростями, весьма близкими к скорости света, напр. при электронных потоках, создаваемых сотнями тысяч или млн. V , ур-ие (6) существенно отличается от (6a). Увеличение \dot{E} . сказывается в этом случае не в увеличении скорости, к-рая уже близка к предельному доступному для нее значению—скорости света $3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$ —и мало меняется, а в увеличении массы m тела, к-рая растет по закону

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (7)$$

Выражение (6) мы сможем следовательно переписать в таком виде

$$T = mc^2 - m_0 c^2. \quad (7a)$$

Так, электрон, накопивший \dot{E} ., пройдя несколько вольт, обладает массой $m_e = 9 \cdot 10^{-28}$ г. При 10^6 В $m = 2 \cdot 10^{-27}$ г, а при $10^8 \text{ В} = 2 \cdot 10^{-25}$ г, тогда как скорость в обоих последних случаях весьма близка к $3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$. Кинетич. \dot{E} . быстро движущихся частиц удобно поэтому определять не по скорости v , а по той разности потенциалов V , к-рую должен пройти элементарный заряд e электрона, чтобы накопить данную \dot{E} .; ее измеряют в вольтах электрона эВ .

2) Упругая \dot{E} . Поскольку тело подчиняется закону Гука (пропорциональности между деформацией и напряжением), удельная энергия, запасенная при деформации D , м. б. выражена

$$U = \frac{1}{2} a D^2, \quad (8)$$

где a —модуль упругости.

3) Электрическая и магнитная \dot{E} . Если в элементе объема dV существует электрич. поле E и магнитное H или электростатич. индукция D и магнитная B , то заключающаяся в нем \dot{E} . выражается

$$dU = \left(\frac{\epsilon E^2}{8\pi} + \frac{\mu H^2}{8\pi} \right) dV = \left(\frac{D^2}{8\pi\epsilon} + \frac{B^2}{8\pi\mu} \right) dV, \quad (9)$$

где ϵ —диэлектрич. постоянная, а μ —магнитная проницаемость данного объема.

4) Колебательная \dot{E} . определяется квадратом амплитуды. Если имеем дело с гармонич. колебанием, вызванным упругой или квази-упругой силой (т. е. силой, пропорциональной отклонению от положения равновесия), то \dot{E} . определяется ур-ием (8), где D —максимальная деформация. Частота колебания в этом случае не зависит от амплитуды и \dot{E} . Во всех элементарных процессах, протекающих как внутри атома, так и между атомами или в электромагнитном излучении, между \dot{E} . U и частотой ν существует неразрывная связь

$$U = h\nu, \quad (10)$$

где $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$, если U измерено в эргах. Т. о. частота колебаний служит такой же мерой \dot{E} . элементарных процессов, как масса или как производимая данной \dot{E} . работа.

5) Тепловая \dot{E} . Теплота должна рассматриваться как вид \dot{E} ., т. к. на изменение теплового состояния тела приходится затрачивать извне \dot{E} . других тел, и, наоборот, изменение теплового состояния данного тела может сопровождаться получением механич. работы. Количество тепловой \dot{E} ., необходимой для нагревания m г тела в процессе обратимом (см. *Термодинамика*), выражается:

$$m(\delta Q) = m(dU + Ap dV),$$

и кроме того м. б. выражено:

$$m\delta Q = cm dt,$$

где c —удельная теплоемкость данного вещества для данного процесса (например c_p , если $V = \text{Const}$; c_p , если $p = \text{Const}$, и т. п.). Тепловая \dot{E} . измеряется в *калориях* (см.), причём удельная теплоемкость воды при 15° полагается равной единице. Между калорией и эргом существует соотношение, называемое механическим эквивалентом тепла: $1 \text{ cal} = 4,1842 \cdot 10^7$ эрг, 1 Cal соответствует работе в 426,8 км. Тепловая \dot{E} . отличается от рассмотренных уже видов \dot{E} . тем, что из данной

тепловой Э. Q, полученной от источника тепла абсолютной темп-ры T1, м. б. превращено в механич. или электрич. Э. не более чем

P = Q (1 - T0/T1), (11)

где T0—темп-ра другого, более холодного резервуара, в к-рый переходит неиспользованная часть Э. Роль такого резервуара обыкновенно играет окружающая среда. В более общем случае, когда Э. получается при переменной темп-ре T, тело, изменяя свою Э. от U1 до U2, не может произвести механич. или электрич. Э. больше чем

P = U2 - U1 - T0(S2 - S1). (12)

Здесь (S2 - S1)—изменение энтропии тела, определяемой любым обратимым процессом, переводящим тело из первого состояния во второе:

S2 - S1 = ∫1^2 dQ/T. (13)

Значение интеграла не зависит от характера процессов, изменявших состояние тела, лишь бы все эти процессы были обратимы (второе начало термодинамики). Практически вычисленные выражений (13) и (12) становится возможным благодаря теореме Нернста, к-рая в формулировке М. Планка позволяет принять энтропию при 0° К равной нулю, а ее изменение от абсолютного нуля до данной темп-ры вычислить из хода теплоемкости с. Теплоемкости cp и cv всех тел при приближении T к абсолютному нулю стремятся к нулю (см. Термодинамика). Дебай нашел при низких T:

cv = aT^3,

поэтому подинтегральное выражение в (13)

dQ/T = C dT/T

приближается здесь к нулю, а не к бесконечности. Атомная теплоемкость твердых тел м. б. представлена ф-ией Дебая:

cv = 3R { 12 (T/θ)^3 ∫0^x x^3/(e^x-1) dx - 3T/θ }.

где x = hν/kT, а θ—характеристич. темп-ра Дебая, к-рую можно вычислить из упругих или физико-химических свойств вещества. В случае сложных веществ k dθ = c dT приходится прибавить теплоту превращения в молекулах. Т. к. задачей многих технич. процессов является получение механич. или электрич. Э., то в этих случаях технич. ценность данной Э. определяется не самой Э. U2 - U1, а величиной P, к-рая м. б. и меньше и больше, чем U2 - U1. В последнем случае (когда выделение Э. сопровождается увеличением энтропии) добавочная Э. доставляется теплотой окружающей среды. Когда тело имеет во все время процесса T окружающей среды и процесс не сопровождается изменением объема, наибольшая механич. работа, к-рую может дать тело, определяется изменением его свободной Э.

P = U - TS, (14)

P = F2 - F1 = (U2 - TS2) - (U1 - TS1). (14a)

Если при данном процессе объем меняется значительно (как это имеет место в газах), но давление p остается постоянным, то наиболь-

шая Э. определяется термодинамическим потенциалом или свободной Э. при постоянном давлении

Φ = U - TS + pV. (15)

Если процесс протекает без обмена тепла (адиабатически), но с изменением объема, то наибольшая работа определяется тепловым потенциалом

f = U + pV. (16)

Наконец, если нет ни обмена тепла ни изменения объема, то наибольшая механич. работа равна разности внутренних Э.

P = U2 - U1. (17)

Во всех этих случаях величины дают лишь верхний предел для возможной работы, получаемой при строго обратимых процессах. Все реальные процессы дают всегда меньше механической Э.

Единицы Э. Соотношения между абсолютным эргом и единицами, применяемыми в разных случаях для измерения одной и той же величины Э., видны из следующих данных:

Table with 2 columns: Unit and Value. Units include Джоуль, Килоджоуль, Киловаттчас, Килограммометр, Тоннометр, Малая калория, Большая калория, Литратмосфера, Вольтэлектрон, Грамм-масса, Частота (1 колеб. в сек.).

Исходя из этих данных, можно установить соотношение между любыми двумя единицами энергии. Напр. 1 J = 4,1842 cal; 1 cal = 0,239 J; 1 Cal = 426,5 ккал; 1 eV = 1,77 · 10^-33 г. Т. к. в 1 г-атоме вещества содержится 6,06 · 10^23 атомов, то Э., выделяющая в каждом атоме 1 eV, выделит в 1 г-атоме вещества 1,07 · 10^9 г. Изменение атомного веса в 0,001 г соответствует следовательно изменению Э. на 0,93 · 10^6 eV в каждом атоме.

Источники Э. Основным источником Э. всей современной техники является Э. солнечных лучей. Хлорофилл растений, поглощая их, использует часть солнечной Э. на разложение углекислоты и отложение углерода. Уголь, нефть, торф и дрова представляют собою запасы Э., извлеченные хлорофиллом в б. или м. отдаленные времена и запасенные в виде химич. Э. угля и углеводородов. Коэф. использования солнечной Э. растениями не превышает 1%, хотя красные морские водоросли, растущие на большой глубине при весьма слабом освещении, используют свыше 20%. Эта химическая по своей природе Э. современной техникой используется исключительно как топливо. Самый процесс сжигания топлива не обратим и резко понижает технич. ценность Э. Так, сжигание в топке котла делает непревратимой в механич. Э. ок. 35% Э. топлива; сжигание в двигателях внутреннего сгорания ок. 20%. Между тем обратимое окисление угля, если бы его можно было вести напр. в гальванич. элементе, могло бы дать до 98,6% электрич. энергии. В результате остальных необратимых процессов КПД паровых двигателей с высоким перегревом пара не превышает 28%, а двигателей внутреннего сгорания — 35%. Однако современная техника нуждается не только в электрич. и механич. энергии, но и в тепле для отопления и многих производственных процессов. Э., не использованная для механич.

целей, м. б. использована как теплота. Комбинированные теплоэлектроцентрали используют до 70% Э. топлива. Водные запасы Э. (белый уголь) также получаются за счет солнечной Э., испаряющей воду и поднимающей пар в высокие слои атмосферы. Выпадение дождя в высоких местностях создает запас воды с высоким уровнем в озерах, ледниках и реках. Однако и здесь использование солнечной Э. крайне ничтожно. На испарение 1 кг воды затрачивается ок. 600 Cal, тогда как извлекаемая Э. даже при падении воды в 100 м составляет 100 кгм или $\frac{1}{4}$ Cal. Т. о. несмотря на очень высокий КПД водяных турбин, превышающий 90%, КПД солнечной Э. в гидроцентралях не превышает нескольких десятитысячных. Ветер, создаваемый в результате различного нагревания солнцем земли в различных местах, используется и сейчас ветряными двигателями с довольно высоким КПД. Однако по отношению к затраченной солнечной Э. использование ее ветром также ничтожно. За последние годы делаются попытки (Клод, Баржо) использования разности t° , существующей в тропич. морях между верхними и нижними слоями или на севере между водой и воздухом. Повидимому эти опыты могут привести к технически и экономически ценным результатам. Делаются также попытки использовать разности уровней воды во время приливов и отливов. Теплота вулканов, сопок и гейзеров так же, как горючие подземные газы, используются в тех местностях, где эти источники Э. имеются. Внутренняя теплота глубоких слоев земли, Э. волн в океане технически не используются. За последние годы развиваются опыты по непосредственному использованию солнечной энергии прежде всего через вызываемое ею в жарких странах нагревание (отопление), опреснение морской воды, выплавка солей, серы, небольшие двигатели и т. п.). Т. к. t° солнца ок. 6 000° K, а земной поверхности ок. 300° K, то теоретически солнечная Э. могла бы дать до 95% механич. или электрич. Э. Общая мощность составляет 1 kW на 1 м², следовательно при сечении земли в 10¹⁴ м² солнце даст 10¹⁴ килоджоулей в ск., количество, значительно превышающее технич. нужды современного человечества. Из непосредственных методов превращения солнечной энергии необходимо отметить *фотоэлектричество* (см.), к-рое однако и сейчас дает лишь сотые и десятые доли процента использования. *Термоэлектричество* (см.) может дать до 1—2% электроэнергии. Использование солнечной Э., разности t° , энергии ветра упирается в задачу осуществления дешевого или легкого аккумулятора. Из других запасов Э. наибольшее значение имеет химич. Э. Помимо взрывчатых веществ она в очень небольших количествах используется в гальванич. элементах, особенно сухих, и несколько больше в аккумуляторах. Общее количество Э. определяется тепловодной способностью реакции, количество же механич. Э., к-рую можно получить, — свободной Э., для определения к-рой достаточно знать ход теплоемкости, начиная от низких t° , для всех участвующих в реакции веществ. Основные запасы Э. сосредоточены в атомном ядре, в к-ром заключена вся почти масса окружающей нас материи. Ядра существующих атомов представляют собою весьма устойчивые комбинации составных частей (протонов, нейтронов, электронов и позитронов), обладающие

уже минимумом Э. Однако в этих системах возможны еще перестройки, ведущие к дальнейшему уменьшению Э. и массы. Такие процессы автоматически происходят в ядрах радиоактивных атомов, где избыточная Э. выделяется в виде α -, β - и γ -лучей. Еще большие выделения Э. могут быть вызваны искусственной бомбардировкой частицами большой Э. Так, при бомбардировке ядер лития протонами выделяется Э., измеряемая 16·10⁶ eV, уменьшающая атомный вес продуктов распада ядра на 0,018 и дающая следовательно 1,6·10¹⁹ эрг на 1 г-атом разрушенных ядер. При образовании ядра гелия с ат. весом 4,002 из 4 ядер водорода с ат. весом 1,0078 масса г-атома уменьшается на 0,03, что соответствует выделению Э. в каждом ядре 27·10⁶ eV. В современных установках из миллионов частиц с большой Э. только отдельные единицы производят перестройку ядра. Поэтому использование Э. во всей установке крайне ничтожно, несмотря на то что та частица, к-рая вошла в ядро, выделила из него гораздо больше Э., чем внесла. Внутрядерная Э. не является поэтому техническим источником энергии.

А. Иоффе.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 1, Берлин, 1923; Гельмгольц Г., О сохранении силы, М., 1922; Mayer R., Die gesammelten Schriften, B. 1, Die Mechanik d. Wärme, Stg., 1893; Helmholtz H., Die Erhaltung d. Kraft, B., 1847; Planck M., Erhaltung d. Energie, Lpz., 1887.

С. Таубман.

ЭНЗИМЫ, ферменты, каталитически действующие вещества (или системы веществ), образующиеся в живой клетке и играющие исключительно важную роль в жизни организмов. В основе всех главнейших жизненных явлений, как то: дыхание, брожение, питание, рост, размножение и т. д., лежат химич. превращения тех органич. веществ, из к-рых построена живая клетка. Эти вещества в пробирке и колбе химика реагируют между собой со сравнительно очень малой скоростью. Напротив, в живом организме указанные реакции протекают весьма быстро, что и обуславливает собой высокие темпы жизненных процессов. Жизнь, в том виде как мы ее знаем, возможна лишь в силу наличия в живой клетке ряда факторов, ускоряющих ход химич. превращений. Главнейшим из этих факторов безусловно является наличие Э., к-рые во много раз увеличивают скорость химич. превращений в живой клетке. Во всех без исключения организмах — в растениях, животных и микробах — находится целый ряд разнообразных Э. Однако действие Э. можно обнаружить и вне живой клетки. Пользуясь сравнительно простыми приемами, их можно выделить из организмов и получить в виде стойких, легко растворимых в воде препаратов. При помощи этих растворов *in vitro* можно осуществлять те же реакции, к-рые протекают в результате действия Э. в живой клетке. В прежние время Э., или *экзогенные* и ферментами, назывались только такие каталитически действующие вещества, к-рые выделяются живой клеткой во внешнюю среду (напр. Э. желудочно-кишечного тракта животных, некоторые Э. микроорганизмов и т. д.) или к-рые легко м. б. экстрагированы из убитой клетки водой (напр. Э. солода — диастаз). Э. противопоставлялись *эндогенные* ферменты, по отношению к к-рым считалось, что они теснейшим образом связаны с живой протоплазмой и не м. б. от нее отделены. Но уже в начале 20-го века было показано, что такого рода противопоставление неправильно. Не существует прин-

ципального различия между экзогенными и эндогенными ферментами. И те и другие м. б. выделены из живой клетки, и все дело сводится только к применению надлежащих методов изолирования. Поэтому в настоящее время понятия Э. и фермент являются синонимами; они в равной мере употребляются в литературе для обозначения каталитически действующих веществ живой клетки. Хотя Э. уже давно были получены в виде растворимых в воде препаратов, однако химич. природа этих веществ и по настоящий день остается неясной. Повидимому Э. являются не индивидуальными веществами, а комплексом, состоящим из нескольких соединений. Все учение об Э. в основном сводится к исследованию их специфич. действия. В этом отношении Э. являются типичными катализаторами. Они чрезвычайно сильно повышают скорость химич. реакций, причем в процессе самой реакции их количество не изменяется. В результате этого при наличии весьма небольших количеств Э. можно осуществить превращение очень значительной массы субстрата. Изучение кинетики энзиматич. реакций делает весьма вероятным образование промежуточных соединений: энзим+субстрат. Эти соединения быстро разлагаются, причем Э. вновь регенерируется в своем первоначальном виде и может вступить в новые соединения с новыми порциями субстрата. Среди других катализаторов Э. выделяются исключительно высокой активностью, превышающей каталитич. активность известных нам органич. и неорганич. соединений в десятки, сотни и тысячи раз. Наряду с этим д. б. отмечена строгая специфичность энзиматич. действия. Во время как известные нам неорганич. катализаторы могут ускорять целый ряд химич. превращений, каждый Э. действует только на определенный субстрат или весьма ограниченную группу веществ. Так напр., водородный ион (неорганич. катализатор) может гидролизовать крахмал, тростниковый сахар, белки и пр., а энзим инвертаза разлагает только тростниковый сахар (см. *Инверсия и Инвертный сахар*) и не действует ни на какие другие соединения. Точно так же крахмал или белок гидролитически разлагается своими специфич. Э.—амилазой, протеиназой и пр. На этой специфичности энзиматич. действия основана классификация Э.

Различают две основные группы Э.: г и д р о л а з ы и д е с м о л а з ы. К первой группе относятся Э., ускоряющие гидролиз различных органич. веществ, в частности жиров, углеводов и белков. Гидролиз жиров осуществляется весьма распространенными в животном и растительном царстве Э., л и п а з а м и. Хорошо изучена липаза поджелудочной железы животных, а также семян масличных. Различается большое количество Э., действующих на разнообразные углеводы; они объединяются под общим названием к а р б о г и д р а з. К карбогидразам принадлежат Э., гидролитически расщепляющие ди- и полисахариды. Так напр., и н в е р т а з а, или с а х а р а з а, расщепляет тростниковый сахар на глюкозу и фруктозу. М а л ь т а з а разлагает дисахарид мальтозу на 2 молекулы глюкозы, а м и л а з а гидролизует крахмал, и т. д. В качестве третьей подгруппы гидролаз надо указать на протеолитич. Э., действующие на белки и продукты их распада; в настоящее время различают п р о т е и н а з ы, действующие на натуральные белки, и п о л и п е п т и д а з ы, гидролизующие пептоны и полипептиды. Вторая группа—десмолазы—ох-

ватывает собой Э. дыхания и брожения. Сюда прежде всего относятся окислительные Э., способствующие окислению, идущему за счет кислорода воздуха (о к с и д а з ы) и перекиси водорода (п е р о к с и д а з ы). Наряду с этим чрезвычайно важная роль в живой клетке принадлежит о к с и р е д у к а з а м, действие к-рых сводится к сопряженным окислительно-восстановительным реакциям, совершающимся за счет элементов воды. Затем здесь нужно назвать к а р б о к с и л а з у—Э., в результате действия которого происходит разрыв связи между углеродными атомами. Действием этого Э. обусловливается образование всей той углекислоты, к-рая выделяется живыми организмами при брожении и дыхании. Особняком стоит Э. к а т а л а з а. Этот Э. разлагает перекись водорода на воду и инертный кислород. Физиологич. значение каталазы пока остается еще далеко не ясным. Но этот Э. чрезвычайно распространен; он присутствует буквально во всех живых клетках.

Э. имеют не только биологич., но и громадное технологич. значение. В ряде производств (текстильном, бродильном, мукомольно-хлебопечкарном, сахарном, табачном, чайном, мясном, рыбном, кожевенном и т. д.) мы имеем дело с сырьем растительного или животного происхождения. Вместе с этим сырьем в производство вводятся заключенные в растительных и животных объектах Э. После той или иной разрушающей живую клетку механич. обработки (помола, скручивания, подсушивания, растирания и пр.) Э. не уничтожаются, но в активном состоянии переходят в производственную смесь. Все дальнейшие химич. превращения, идущие в таких смесях, в значительной степени определяются действием попавших туда Э. Так напр., при помоле в муку переходят в активном состоянии все те ферменты, к-рые были заключены в зерне. При смешивании муки и воды, при «ведении теста» эти Э. начинают действовать гидролитически, расщепляя крахмал, белки и прочие вещества муки. В зависимости от того, в каких размерах протекают эти энзиматич. процессы в тесте, мы получаем тот или иное качество хлеба. Мука, лишенная Э.—«мертвая мука»,—дает хлеб ненадлежащего качества, т. к. при его изготовлении в тесте не происходят необходимые химич. превращения крахмала и белков. Точно так же и при избыточном содержании Э., при слишком ускоренном гидролизе, мы получим хлеб плохого качества. Т. о. именно содержание Э. определяет собою хлебопечкарные качества зерна и муки. То же самое мы имеем и в других случаях, напр. в производстве чая или табака. Лист табачного растения подвергается подсушиванию, при этом живые клетки листа разрушаются, но Э., в нем заключенные, полностью сохраняют свою активность, и после того, как табак сложен в кипы, они начинают осуществлять те химич. изменения табачного листа, которые в технике обозначаются термином ферментации табака. В зависимости от количества и силы действия энзимов мы получаем готовый продукт того или иного качества. Итак, те химические процессы, к-рые протекают в производственных смесях (в тесте, в ферментирующемся табаке, в сусле, в созревающей при засоле рыбе и т. д.), определяются действием тех Э., к-рые невольно вносятся в эти смеси вместе с растительным и животным материалом. В зависимости от наличия того или иного энзиматического комплекса

производственные процессы идут с различной скоростью и с неодинаковыми конечными результатами. Изучение действия Э. за последнее время позволило до известной степени управлять этими процессами, а следовательно и рационализировать производство. Наряду с этим в ряде производств: текстильном, кожевенном, мыловаренном, сыроваренном и других, нашли уже широкое применение специальные препараты энзимов. Эти препараты, обуславливая быстрое течение определенных реакций, вызывают в сырье нужные для производства изменения (облагораживают сырье). Преимущество такого метода работы состоит в том, что вносимый энзим специфически действует только на определенные вещества и не затрагивает других соединений, находящихся в обрабатываемом материале. Так например, при расщипке тканей при помощи специфических Э. гидролитическому разложению подвергается только крахмал и совершенно не затрагивается, не ослабляется само волокно тканей. Таким образом изучение Э. дает в руки производственника мощное орудие, удобный механизм, при помощи которого он может избирательно направлять химические реакции, идущие в производственных смесях, в нужную для него сторону.

Лит.: Бейлис В., Природа действия энзимов, пер. с англ., М., 1927; Вальдшмидт-Лейтц Е., Ферменты, их действие и свойства, пер. с нем., Л., 1929; Пронин С., Ферменты и их применение в пищевой промышленности, М.—Л., 1931; Опарин А., Технич. биохимия и ее роль в производстве, «СОРЕНА», вып. 1, М., 1931; Euler H., Chemie der Enzyme, Mch., 1920; Oppenheimer C., Die Fermente u. ihre Wirkungen, 5 Aufl., В., В. 1—2, Lpz., 1924—26; Oppenheimer C., Die Technologie der Fermente, В. 4, Lpz., 1929. А. Опарин.

ЭНТРОПИЯ, см. Термодинамика.

ЗОЗИН, тетрабромфлуоресцин, родоначальник практически применяемых галлоидпроизводных флуоресцина (см. Красящие вещества). Э. получается бромированием флуоресцина в алкогольном растворе или суспензии, причем промежуточной стадией является легко растворимый в алкоголе дибромфлуоресцин, благодаря чему можно вести реакцию и при неполном растворении исходного флуоресцина в спирте. Для введения в ядро соединения четырех атомов брома необходимы четыре молекулы Br_2 , так как бромирование сопровождается выделением эквимолекулярных количеств HBr . Выделяющийся HBr можно в процессе реакций окислять в бром действием окислителей, как KClO_3 , что позволяет провести бромирование при употреблении почти теоретич. количеств брома, но при этом получаются и побочные продукты. Получаемая плохо растворимая к-та Э. переводится в аммонийную или натриевую соль.

Э. и родственные ему соединения окрашивают животные волокна в красные тона, чаще с синевагим отливом, но вследствие дороговизны применяются мало и лишь для окраски дорожных шелков; Э. находит значительное применение в фотографии. деле в качестве сенситизаторов, где конкурирует с *цианинами* (см.); применяется также при окраске станиоля и бумаги. Нек-рое применение имеют и различные марки Э., представляющие соли нитрогаллоидпроизводных флуоресцина; также применяются нерастворимые в воде, но растворимые в спирте эфиры его к-ты. Все растворы Э. и родственных ему соединений дают прекрасную флуоресценцию.

И. Иоффе.

Лит.: см. Красящие вещества, синтетические.

ЭРГ, единица работы (и энергии) в абсолютной системе мер (см.), равная работе, совершаемой силой в 1 *дину* (см.) на пути 1 *см* в направлении действия силы. Практич. единицей работы служит единица, в десять млн. раз бóльшая Э., называемая *дэсоулем* (см.). Практич. единицей работы служит также работа силы в 1 *кг* на пути 1 *м* в направлении действия силы; эта единица называется *килограмметром*. Между названными единицами существует следующее соотношение:

$$10^7 \text{ эрг} = 1 \text{ J} = 0,102 \text{ кгм.}$$

Особого обозначения Э. не имеет.

ЭРСТЕД, единица измерения напряженности магнитного поля в абсолютной электромагнитной системе мер. В международной системе мер напряженность магнитного поля измеряется в амперах на *см*:

$$1 \text{ А/см} = 1,256 \text{ эрстеда.}$$

Обозначение Oe (ОСТ/ВКС 5578).

ЭССЕНЦИИ ФРУКТОВЫЕ, смеси искусственных и натуральных *душистых веществ* (см.), иногда с добавлением *эфирных масел* (см.), служащие для придания запаха пищевым и кондитерским изделиям и напиткам, в большинстве случаев воспроизводящие с большей или меньшей натуральностью аромат плодов и ягод. По химич. составу за небольшими исключениями Э. ф. не имеют ничего общего с натуральными душистыми веществами, присутствующими в плодах и ягодах, состав к-рых изучен очень мало. Сырьем для производства Э. ф. являются гл. обр. т. н. «фруктовые» эфиры, б. ч. этиловые и изоамиловые эфиры к-т жирного ряда от муравьиной до пеларгоновой включительно. Меньшее значение имеют этиловые эфиры двухосновных к-т — шавелевой, янтарной, лимонной. Второстепенное значение имеют эфиры (метилловые и этиловые) ароматич. к-т: бензойной, коричной, фенилуксусной и салициловой. Из искусственных душистых веществ частое применение находят: бензальдегид, кумарин, ванилин, коричный альдегид и некоторые другие. Изолированные из эфирных масел натуральные душистые вещества также применяются в качестве исходных продуктов для получения Э. ф., например анетол, карвон, цитраль, эвгенол, гераниол и ментол. Из эфирных масел чаще других употребляются — по преимуществу в виде бестерпленных (детерпированных) — лимонное, мандаринное, апельсинное, бергамотное, розовое, анисовое, бадьяновое, айрное, кюрасо, кориандровое, фенхелевое, тминное, мятное, гвоздичное, можжевеловое и некоторые другие. Для получения более полноценных Э. ф., части для придания им одновременно вкусового значения, используются непосредственно пряности и растительное сырье, как корки лимона, мандарина, листья мяты, полыни, плоды аниса, кориандра, тмина, трава зубровка, бобы какао и т. п., в том числе и нек-рые виды растительного сырья, имеющие только вкусовое значение, например корень генцианы, хинная корка и др. В больших количествах как в виде растворителя, так и для настаивания пряностей и растительного сырья применяется винный спирт высшей ректификации, причем предпочтительнее хлебный или картофельный; только для Э. ф., идущих для сдобривания или производства наливков и других спиртных напитков, может применяться виноградный спирт. Для окраски Э. ф. применяются по преимуществу растительные крас-

ки (орсейль, куркума, хлорофилл), кошениль, индиго-кармин, а также искусственные красители. В отдельных случаях для улучшения растворимости душистых веществ прибавляется глицерин, для усиления запаха и улучшения вкуса применяется добавка к-т—уксусной, лимонной и др. Технологич. процессы различаются в зависимости от качества и назначения Э. ф. В простейшем случае соответствующие рецепту компоненты (эферы, душистые вещества и эфирные масла) смешиваются в нужных соотношениях и растворяются в винном спирте, причем концентрация этих растворов колеблется 10 ÷ 20%; напр. смесь 100 ч. изоамилового эфира уксусной кислоты, 50 ч. уксусноэтилового эфира, 100 ч. глицерина и 1 000 ч. спирта представляет наиболее дешевую и простую грушевую эссенцию. Для улучшения качества Э. ф., приготовленных из эфиров и душистых веществ, применяется перегонка приготовленных таким образом Э. ф. над женой магnezией; при перегонке значительно улучшается запах, приближаясь к натуральному букету. Наиболее высококачественные Э. ф. готовят либо путем настаивания спирта на пряностях и растительном сырье с последующей отгонкой части спирта вместе с извлеченными душистыми веществами и дальнейшим добавлением эфиров и душистых веществ либо путем настаивания на пряностях, растительном сырье или плодах, заранее приготовленных спиртовых растворов эфиров, душистых веществ и эфирных масел с последующей отгонкой.

Аппаратура для производства Э. ф. не отличается сложностью и в основном состоит из следующих агрегатов: машин для измельчения растительного сырья (вальцы, дезинтеграторы, траторезки), аппаратов для настаивания (перколяторы), фильтров (вакуум- или под давлением), перегонных аппаратов и приспособлений для механизации подачи спирта и разлива готовых эссенций.

Применение Э. ф. находят в разных отраслях пищевой промышленности и соответственно этому они м. б. разбиты на несколько групп, отличающихся по составу и концентрации. По этому признаку можно выделить Э. ф. карамельные, конфектные, кондитерские, ликерные, водочные и наливочные, лимонадные и кулинарные. Производство Э. ф. в России в дореволюционные годы было развито чрезвычайно слабо, и Э. ф. импортировались из-за границы как в готовом виде, так и в виде сырья. С развитием в СССР производства сложных эфиров и синтетических душистых веществ и с развертыванием сырьевой базы душистых растений для получения эфирных масел вся потребность покрывается внутренним производством небольшого числа предприятый, общая выработка к-рых достигает 450—500 т. **Б. Рутковский.**

ЭСТАКАДЫ, инженерные сооружения, имеющие горизонтальное пролетное строение, раскладываемое выше уровня перекрываемой поверхности, и открытые отдельно стоящие опоры. Функциональное назначение Э. весьма разнообразно. Они служат для организации экипажного, пешеходного или ж.-д. движения в повышенных уровнях, напр. при устройстве надземных *метрополитенов* (см.) или при устройстве переходов или переходов над ж.-д. путями. В последнем случае Э. носят название *путепроводов* (см.) или *виадуков* (см.). Э. также устраиваются для соединения отдельных производственных помещений, расположенных в

верхних этажах отдельно стоящих промышленных зданий, если между этими помещениями необходимо осуществлять перемещение сырья или полуфабрикатов, не преграждая лежащего между зданиями в уровне земли проезда. Кроме того эстакады сооружаются над ж.-д. станционными путями в целях облегчения погрузки угля на паровозы. В горном деле Э., сооружаемыми вблизи шахт, пользуются для образования складов угля или руды, сбрасываемой с Э. из вагонеток, к-рые подаются из шахт на Э., а также в ряде других случаев, напр., когда требуется образование больших складов нерудных ископаемых при ограниченных площадях этих складов. Э., сооружаемые для пропуска водоводов, называются *аведуками* (см.). По роду материала и конструкциям Э. не отличаются от *мостов* (см.). **Е. Штамм.**

ЭСТЕРЫ, см. *Эфиры*.

ЭТАЛОН, образцовая мера (конкретное воспроизведение единицы измерения), установленная или изготовленная с наибольшей достижимой при данном состоянии измерительной техники точностью. Эта точность называется метрологической. Образцовые измерительные приборы, служащие для целей воспроизведения или хранения единицы с метрологич. точностью называются *приборами* Э. (эталонными приборами), а также просто Э. Все прочие образцовые меры и измерительные приборы с ограниченной точностью особых наименований не имеют и классифицируются по признаку их практич. точности. Понятие об Э. является основным понятием современной метрологии, требующим рассмотрения с разных точек зрения. Каждому Э. присущи три существенных признака: неизменяемость, воспроизводимость и приспособленность к точным сличениям. Под *неизменяемостью* Э. подразумевается, что определяющее единицу свойство остается в Э. неизменным в течение неограниченно долгого промежутка времени и что все его изменения, зависящие от ряда условий (P , давления, веса и т. п.), д. б. строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. *Воспроизводимость* Э. означает, что теоретическое определение единицы выражается в форме Э. без всякой хотя бы малой, но заметной погрешности; в противном случае два независимо изготовленных Э. обнаружат расхождение в значении воспроизводимой ими единицы, выходящее за пределы возможных ошибок измерений, и окажутся непригодными для точных измерений. *Приспособленность* к точным сличениям означает, что конструкция Э. и условия пользования им обеспечивают сравнениям с ним других образцовых мер и измерительных приборов наивысшую, определяемую современной методикой точность.

С точки зрения соподчинения Э., воспроизводящих одну и ту же единицу, они делятся на *первичные* (приготовленные или установленные согласно теоретич. определению единицы), *вторичные* (воспроизведенные и первичные с метрологич. точностью по первичному Э.) и *третичные* (воспроизведенные и поверенные с метрологич. точностью по вторичному Э.). Первичные эталоны, являющиеся основой измерения величин в данных единицах, требуют особо бережного отношения к себе и потому должны возможно реже применяться в работе. Нередко первичный Э. представляет прибор, работа с которым сложна и

кропотлива; в иных случаях первичный Э. недоступен для работы (напр. находится в другом учреждении). На все эти случаи приготавливаются вторичные Э. Третичные Э. предназначены для широкой обиходной практики метрологич. лабораторий, все они являются рабочими Э.

С точки зрения отношения Э. к тем единицам, конкретным воспроизведением к-рых они служат, Э. делятся на первоначальные (являются непосредственным конкретным воспроизведением независимо определенной единицы), производные (являются конкретным воспроизведением производной единицы) и специальные (предназначаются для особых целей). Это деление Э. относится только к Э. первичным или по своему значению равносильным первичным. Мы называем здесь независимо определенными те единицы, в определение которых обязательно входит одно из свойств вещества, а также условия, к-рым вещество должно удовлетворять, чтобы избранное свойство определяло единицу. Т. о. независимо определенными единицами мы считаем метр и килограмм, определенные через свои вещественные Э., литр, определенный объемом воды (вещество) в установленных условиях, международный ампер, определенный установленными условиями электролиза азотнокислого серебра (вещество), международный ом, определенный сопротивлением ртутного столба (вещество) в установленных условиях, и т. д. Производными единицами мы называем те единицы, в определение к-рых входят только независимо определенные единицы данной системы единиц (непосредственно или через посредство ранее определенных производных единиц). Т. о. производными единицами мы будем считать: а) единицы, определяемые ф-лами размерности (производные единицы первого рода), напр. куб. сантиметр, международный генри и т. д., и б) кратные и подразделения данной единицы (производные единицы второго рода), напр. миллиметр, киловольт и т. д. Специальные Э. в метрологич. практике встречаются очень редко, напр.: 1) платино-иридиевая полусажженная мера П4, приготовленная в Главной палате мер и весов в 90-х гг. 19 в. и служившая для установления соотношения между метрич. и английскими мерами—метром и ярдом [1], и 2) «переходные» катушки электрич. сопротивления, предназначенные для определения точной величины кратных и подразделений международного ома.

С точки зрения физич. свойств Э. и способа воспроизведения ими единицы Э. разделяются на единичные, групповые, заменяемые Э. и эталонные методы. Единичный Э. воспроизводит единицу, будучи в единственном экземпляре. Сюда входят Э., относительно неизменяемости которых существует обоснованная уверенность. Большая часть Э. относится к этой категории. Групповой Э. состоит из совокупности отдельных Э., образующей так, что только вся совокупность в целом воспроизводит единицу, а каждый входящий в нее отдельный Э., хотя и имеет свое численное значение, этим свойством не обладает. Размер единицы определяется групповым Э. путем арифметич. среднего из значений всех входящих в группу Э. Потребность в групповом Э. возникает в тех случаях, когда процесс изготовления и установления отдель-

ных Э. связан с ошибками и их желательно свести до минимум или когда значение отдельных Э. подвержено колебаниям, к-рые учесть наперед невозможно. При установлении группового Э. можно полагать, что все эти погрешности и колебания в общем компенсируют друг друга, так что арифметич. среднее не содержит ошибки. К этой категории относятся гл. обр. первичные Э.; в качестве примера можно привести Э. международного ома, к-рый в СССР состоит из шести ртутных Э., изготовленных согласно спецификации Лондонской международной конференции по электрич. единицам и Э. 1908 г. Не следует смешивать групповой эталон с т. н. эталонным набором, представляющим собой набор (комплект) единичных Э., предназначенных для измерения определенного непрерывного участка данной величины. Каждый входящий в набор Э. служит самостоятельно для воспроизведения единицы или определенного отрезка шкалы для измеряемой величины и отличается от остальных Э. численным значением. В качестве примеров эталонных наборов можно привести набор гирь (развес), наборы концевых мер и наборов ареометров.

Заменяемый Э. есть групповой Э., в к-ром отдельные входящие в него Э. частично или полностью в известные сроки заменяются другими, вновь изготовленными Э. Потребность в заменяемом Э. возникает в тех случаях, когда входящие в группу Э. с течением времени изменяют свое значение либо вследствие внутренних изменений структуры (старение) либо вследствие изменений, неизбежно возникающих при пользовании ими (износ). Примерами заменяемых Э. служат эталонные группы нормальных элементов (групповой Э. международного вольта), подверженных старению и отчасти износу, и эталонные группы ламп накаливания (групповые Э. люмена и международной свечи), к-рые подвержены износу и отчасти старению. С усложнением понятия об Э. усложняется и понятие об его хранении—последнее включает в себя все операции по замене входящих в группу Э. новыми и по установлению значения единицы на основании вытекающих из этой замены следствий.

Эталонный метод—совокупность приемов воздействия на вещество (или тело), обеспечивающих воспроизведение единицы с метрологич. точностью. Это определение не совпадает с определением Э., данным выше, однако всегда имеется возможность подвести эталонный метод под понятие Э. Эталонные методы применяются в тех случаях, когда является неизменным свойство вещества или тела, определяющее единицу, а само вещество по природе процесса является либо переменным фактором, появляющимся или исчезающим, либо фактором, остающимся неопределенным. В качестве примеров эталонных методов можно привести следующие: а) метод серебряного вольтметра для воспроизведения международного ампера по количеству азотнокислого серебра, отложенному в единицу времени неизменяющимся электрич. током, проходящим через водный раствор азотнокислого серебра; здесь свойством вещества, определяющим единицу, является электрохимич. эквивалент серебра, к-рое появляется лишь в процессе воспроизведения единицы; чтобы связать понятие эталонного метода с понятием эталона, Э. называют серебряный вольтметр—прибор, в к-ром про-

исходит процесс электролиза. б) Калориметрич. метод воспроизведения единицы количества теплоты (калории); здесь свойством вещества, определяющим единицу, является теплота горения бензойной к-ты, к-рал исчезает в процессе воспроизведения единицы, стораая в калориметрич. бэмбе; поскольку образцы бензойной кислоты могут храниться до их применения, их принято называть эталонами. в) Метод темп-рных репер для осуществления международной темп-рной шкалы; здесь свойством вещества, определяющим единицу, является постоянство точек кипения или плавления при определенных условиях давления ряда веществ (кислород, вода, сера, серебро, золото); количество к-рых остается неопределенным; в данном случае Э. называются измерительные приборы, проградуированные по указанным основным постоянным точкам (реперам) и служащие для интерполирования промежуточных точек темп-рной шкалы (платиновый термометр сопоставления, платина-платинородиевая термомпара, оптич. пирометр).

Выбор тех или иных Э. для воспроизведения единицы в каждом отдельном случае обуславливается как совокупностью всех наших знаний о природе происходящих явлений, так и в особенности требованиями, предъявляемыми к эталонам со стороны неизменяемости, воспроизводимости и способности к точным сличениям, и стремлением достигнуть предельной точности измерений, увеличивающейся с прогрессом науки и техники. Достижение указанных условий составляет существенное практич. содержание метрологич. работ. Рассмотренные выше по классификационным признакам Э. имеют особые видовые названия, характеризующие их по целевому назначению. Таких видов Э., необходимых и достаточных для целей метрологии в ее настоящей развитии, шесть, а именно: основные Э., прототипы, копии, свидетели, Э. сравнения и рабочие Э. 1) Основными Э. называются Э., к-рые составляют законную и научную основу измерительного дела в стране и к к-рым в конечном счете приводятся измерения всех величин. Они хранятся в центральном метрологич. учреждении государства и условия их установления и хранения оговариваются официальными актами. Основные Э. служат краеугольным камнем всей практич. метрологии. Их число определяется условием необходимости и достаточности для охвата всех областей измерения. Как общее правило основные эталоны относятся к классу первичных и притом первоначальных Э., т. е. установленных в государственном метрологич. учреждении для независимого определения единицы, но основными Э. м. б. и вторичные Э., если они официально признаны основными; таковы напр. платино-иридиевые Э. метра (№ 28) и килограмма (№ 12), полученные из Международного бюро мер и весов в 1889 г.; они являются основными в системе мер СССР и в то же время вторичными по отношению к международным Э., хранящимся в Международном бюро мер и весов. Но провозводный Э. никогда не м. б. основным, он всегда д. б. установлен по основному эталону, исходя из определения производной единицы; несоблюдение этого требования приводит к внутреннему противоречию. 2) Прототипами называются международные и национальные платино-иридиевые Э. метра и килограмма, изготовленные в Международном

бюро мер и весов и хранимые в Международном бюро (международные Э.) и в центральных метрологич. учреждениях отдельных государств (национальные Э.). Прототипы представляют собой следовательно основные эталоны, причем международные Э. являются первичными по отношению к национальным. 3) Копиями называются вторичные Э., заменяющие при работах первичные Э. При наличии копий первичный Э. сличается только с ними, а также с Э.-свидетелями и ни для каких других работ не применяется. Копия основного Э. называется основной копией. Копия вовсе не д. б. двойником (дубликатом) первичного Э. Она должна дублировать первичный Э. только в отношении служебного назначения и точности. Наоборот, нередко копии для того и устанавливаются, чтобы избежать неудобств, связанных с использованием первичным Э., и воспользоваться более прочным и дешевым материалом. 4) Свидетелями называются вторичные эталоны, предназначенные для контроля неизменности первичных Э. или их копий. Э.-свидетели сравниваются только с первичными Э. или их копиями и ни для каких других работ не употребляются. Основное их назначение—усилить уверенность в постоянстве Э. Свидетели по возможности выбираются так, чтобы у них и у первичных Э. были различны те свойства, в которых можно подозревать наличие источников изменений. 5) Эталоны сравнения называются вторичные эталоны, исполняющие роль посредников при сравнении Э. друг с другом (вторичных с первичными, третичных с вторичными, отдельных частей групповых Э.). Э. сравнения встречаются сравнительно редко; их появление обуславливается особыми физич. свойствами сравниваемых Э. и методикой их сравнения. Численное значение Э. сравнения определяется при каждом новом сличении Э. и исключается из результатов иногда автоматически. Часто они играют как бы роль т а р ы (как при взвешивании) и от них требуется постоянство значения во время работы. 6) Рабочими Э. называются вторичные и третичные, изредка первичные эталоны, служащие для повседневных работ метрологич. учреждений. По характеру своей работы рабочие Э. подвергаются более или менее значительному износу и потому нуждаются в сравнительно частых повторных сличениях с первичными Э. или их копиями. Эти Э. изготовляются по возможности из не очень ценных материалов, и им придается удобная в обращении форма.

Образцовые меры и измерительные приборы ограниченной точности (т. е. все иные кроме эталонов образцовые меры и приборы) классифицируются лишь по своему служебному назначению — обеспечить измерениям ту или иную степень точности. Как известно, чем точнее измерение, тем больше оно требует труда и времени и тем сложнее и дороже аппаратура; при этом увеличение затрат идет значительно быстрее, чем повышение точности. Разумная экономия вызывает необходимость полного согласования методики измерения и аппаратуры с требуемой точностью, так что проверка рабочих мер и измерительных приборов во всех случаях непосредственно по Э. не может быть признана целесообразной. Отсюда вытекает необходимость в образцовых мерах и измерительных приборах с ограниченной, идущей несколькими убывающими ступенями точностью, ко-

торые на этом основании делятся на три разряда: 1) образцовые меры и измерительные приборы 1-го разряда—меры и приборы, численные значения к-рых устанавливаются непосредственно по Э. (рабочим); 2) образцовые меры и измерительные приборы 2-го разряда—меры и приборы, численные значения которых устанавливаются по образцовым мерам или приборам 1-го разряда; 3) образцовые меры и измерительные приборы 3-го разряда—меры и приборы, численные значения к-рых устанавливаются по образцовым мерам или приборам 2-го разряда.

Образцовые меры и измерительные приборы играют существенную роль в деле обеспечения единства мер в стране. Формальное единство мер обеспечивается установленными законом единицами, для действительного же единства необходимо перенесение формальных определений единиц на практич. почву путем конкретного воспроизведения их при помощи образцовых мер и измерительных приборов и путем поверки по ним рабочих мер и измерительных приборов, применяемых в научной, технич. и производственной практике. Эти задачи выполняются метрологич. и поверочными учреждениями, деятельность к-рых в совокупности составляет службу мер и весов. В СССР служба мер и весов организована следующим образом. Центральным научно-метрологич. учреждением Союза является Всесоюзный институт метрологии и стандартизации в Ленинграде (быв. Главная палата мер и весов), находящийся в ведении Всесоюзного комитета стандартизации (ВКС) при СТО. На ВИМС лежит обязанность установления и хранения Э. и поверка по ним образцовых мер и измерительных приборов 1-го разряда. ВИМС имеет филиалы в Москве и Харькове (Московский и Украинский институты метрологии и стандартизации). Практическое руководство метрологической работой в Союзе осуществляется состоящим при ВКС Центральным управлением мер и весов, в ведении которого находится сеть местных метрологических учреждений, производящих поверку рабочих измерительных приборов; кроме того право поверки предоставлено ряду государственных и кооперативных организаций, производящих или ремонтирующих измерительную аппаратуру. Местные метрологич. учреждения и поверочные пункты производственных организаций снабжены надлежащими комплектами образцовых мер и измерительных приборов 2-го и 3-го, а в случае надобности и 1-го разрядов, периодически поверяемых в ВИМС или его филиалах. Эта образцовая измерительная аппаратура регламентируется общесоюзными стандартами. Основным стандартом является ОСТ6101, утвержденный 8/Х 1933 г. (Образцовые меры и образцовые измерительные приборы). Этот стандарт устанавливает определения и классификацию образцовых мер и измерительных приборов, включая Э., и намечает основы рациональной постановки нашего образцового измерительного хозяйства.

При поверке рабочего прибора по образцовому неизбежно делаются ошибки, которые, налагаясь на показания, понижают его точность. В конечном счете переход от значения Э. к показаниям рабочего прибора сопровождается рядом сопутствующих погрешностей, которые, накапливаясь, дают некоторую общую погрешность, в силу чего рабочий измерительный прибор, вообще говоря, не может быть столь же точен, как эталон.

Предположим, что поверка измерительных приборов производится без систематич. ошибок и сопровождается только неизбежными случайными ошибками, так что имеется возможность характеризовать точность поверки т. н. средними погрешностями: средней квадратичной, вероятной или средней арифметической, определяемыми на основании опытных данных поверки. Положим, мы имеем рабочий измерительный прибор, точность показаний к-рого (с введенным необходимым поправкам) определяется средней погрешностью $\pm \sigma_A$. Этот прибор поверен по образцовому прибору M , дающему показания с точностью $\pm \sigma_M$; образцовый прибор M поверен по образцовому прибору N высшего разряда, дающему показания с точностью $\pm \sigma_N$, наконец (не продолжая далее ряда) образцовый прибор N поверен по Э. E , точность к-рого определяется погрешностью $\pm \sigma_E$. Пусть далее при помощи прибора A измеряется нек-рая величина, имеющая в принятых единицах численное значение Q . Процесс измерения схематически сводится к отсчету показаний I_A прибора A и введению поправки C_A к этому показанию; в частном случае эта поправка м. б. равна нулю. Таким образом численное значение измеряемой величины Q связывается с показанием прибора Φ -лой

$$Q = I_A + C_A \quad (1)$$

$$\pm S \pm \sigma_A \pm \delta$$

Здесь в нижнем ряду (под соответствующими величинами) поставлены средние погрешности $\pm S$, обусловливаемая наличием погрешности $\pm \sigma_A$ показаний прибора I_A и погрешности δ определения поправки C_A . По определению поправки C_A есть та величина, к-рую нужно прибавить к показанию измерительного прибора I_A , чтобы получить действительное значение измеряемой величины Q_M , даваемое образцовым прибором, т. е.

$$I_A + C_A = Q_M \quad (2)$$

Нахождение поправки C_A , т. е. поверка прибора A , заключается: а) в установке и отсчете показаний I_A прибора A , что сопряжено с погрешностью $\pm \sigma_{A1}$, и б) в сравнении этого показания с действительным значением Q_M , даваемым образцовым прибором M с погрешностью $\pm S_M$. На основании Φ -лы(2) и только что сказанного можно написать:

$$C_A = -I_A + Q_M \quad (2')$$

$$\pm \delta \pm \sigma_{A1} \pm S_M$$

Действительное значение Q_M находится путем отсчета показаний I_M образцового прибора M и введения поправки C_M , т. е.

$$Q_M = I_M + C_M \quad (3)$$

$$\pm S_M \pm \sigma_M \pm \delta_1$$

Подобно предыдущему, получаем ряд следующих Φ -л: 1) для поправки C_M , определяемой путем сравнения образцового прибора M с образцовым прибором N :

$$C_M = -I_M + Q_N \quad (4)$$

$$\pm \delta_1 \pm \sigma_{M1} \pm S_N$$

2) для действительного значения Q_N , даваемого образцовым прибором N :

$$Q_N = I_N + C_N \quad (5)$$

$$\pm S_N \pm \sigma_N \pm \delta_2$$

3) для поправки C_N , определяемой путем сравнения образцового прибора N непосредственно с Э. E :

$$C_N = -I_N + E \quad (6)$$

$$\pm \delta_2 \pm \sigma_{N1} \pm \sigma_E$$

Здесь E —действительное значение измеряемой величины, даваемое Э. и представляющее наибольшее приближение ее к истинному значению. Φ -лы (1)—(6) дают следующее ур-е, вывод к-рого очевиден:

$$Q_A = I_A - I_A + I_M - I_M + I_N - I_N + E = E \quad (7)$$

$$\pm S \pm \sigma_A \pm \sigma_{A1} \pm \sigma_M \pm \sigma_{M1} \pm \sigma_N \pm \sigma_{N1} \pm \sigma_E$$

Это ур-е служит формальным обоснованием всей метрологич. практики. Оно показывает прежде всего, что всякое измерение в конечном счете приводится к сравнению с Э. Без этого сравнения измерение практически теряет смысл; отсюда следует, что непосредственным прибором пользоваться нельзя. Во-вторых, ур-е (7) показывает, что равенства между Q_A и E в строгом арифметич. смысле не существует; это равенство лишь имеет место «постольку, поскольку» известна вся экспериментальная обстановка ряда сравнений рабочего измерительного прибора с Э. через посредство образцовых приборов. Анализ ур-я (7)

приводит к ряду практически важных следствий. Так, необходимо, чтобы точность образцового прибора была по крайней мере в три раза выше точности поверяемого прибора. Далее, появление образцовой меры или измерительного прибора 1-го разряда возможно лишь в том случае, если Э. более чем в 10 раз точнее рабочих измерительных приборов; появление образцовой меры или измерительного прибора 2-го разряда возможно лишь при условии, что образцовая мера или измерительный прибор 1-го разряда более чем в 10 раз точнее рабочих измерительных приборов и т. д. Если точность измерительного прибора выражается не через среднюю погрешность его показаний, а, как это часто имеет место для техник. приборов, через наибольшие допустимые погрешности показаний (допуски), то в этом случае точность образцового измерительного прибора д. б. по крайней мере в 10 раз выше, чем установленные для поверяемого прибора допуски.

Для удовлетворения всех потребностей метрологич. практики в различных областях измерений ВИМС обладает очень большим числом самых разнообразных Э., описанных в специальных трудах ВИМС и Главной палаты мер и весов. Ниже дается перечень нек-рых главнейших Э. ВИМС.

Э т а л о н ы д л и н ы. 1) Прототип метра № 28—платино-иридиевая копия международного метра, носящая знак № 28, переданная России Первой генеральной конференцией мер и весов в 1889 г. и снабженная сертификатом Международного бюро мер и весов (основной Э. СССР, единственный; является вторичным по отношению к международному прототипу метра и первичным в системе мер СССР). 2) Платино-иридиевая полусажженная мера П4—комбинированный Э. метра, ярда и аршина, X-образного сечения, изготовленный фирмой Джонсон, Маттеи и Ко в Лондоне из сплава 90% платины и 10% иридия и изученный в Главной палате мер и весов, в Международном бюро мер и весов и в Standards Department в Лондоне (специальный Э., единственный). 3) Платино-иридиевая мера № 11—платино-иридиевая копия международного метра, во всем подобная прототипу метра № 28. До революции принадлежала Академии наук и хранилась в Главной геофизич. обсерватории (эталон-свидетель, единственный). 4) Никелевая копия международного метра, носящая знак: герб Московской губернии, 1901,—никелевый Э. международного метра с нанесенной на нем копейки нарезанной аршина, изготовленный и изученный в Главной палате мер и весов (основная копия, вторичный единственный Э.).

Э т а л о н ы м а с с ы. 1) Прототип килограмма № 12—платино-иридиевая копия международного килограмма, носящая знак № 12, переданная России Первой генеральной конференцией мер и весов в 1889 г. и снабженная сертификатом Международного бюро мер и весов (основной Э. СССР, единственный; является вторичным по отношению к международному прототипу килограмма и первичным в системе мер СССР). 2) Платино-иридиевый килограмм № 26—платино-иридиевая копия международного килограмма, во всем подобная прототипу килограмма № 12. До революции принадлежала Академии наук и хранилась в Главной геофизич. обсерватории (Э.-свидетель, единственный). 3) Платино-иридиевый килограмм Эрлингга, имеющий обозначение: $R_1 \frac{PtIr}{1 \text{ кг}}$. Этот Э. килограмма изготовлен в 1876 г. фирмой Джонсон, Маттеи и Ко из сплава 90% платины и 10% иридия и изучен в Главной палате мер и весов (основная копия, вторичный единственный эталон).

Э т а л о н в р е м е н и. Группа из четырех часов Рифлера: 67 R*, 68 R*, 81 R* и 86 R*—нормальные часы Рифлера со спуском Рифлера, его же инварным маятником с цилиндрич. гирей; колесный секундный прерыватель, электрич. завод; микроскоп для отсчета амплитуды. Поправки часов определяются при помощи астрономич. наблюдений. Основной Э.—все часы, рассматриваемые вместе (групповой Э.), и рабочее Э.—при применении каждых часов в отдельности (единичные Э.).

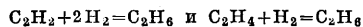
Э л е к т р и ч е с к и е Э. 1) Группа из шести ртутных образцов международного ома №№ 1—6—шесть ртутных Э. ома, изготовленных в Главной палате мер и весов в 1909—13 гг. согласно спецификации Лондонской международной конференции по электрич. единицам и Э. 1908 г. и изученных в Главной палате мер и весов (основной Э. СССР, групповой). 2) Первая эталонная группа нормальных элементов—Э. международного вольта. Группа из двадцати нормальных элементов Вестона, приготовленных в 1910 г. в Национальной физич. лаборатории (Англия) согласно спецификации Лондонской международной конференции по электрич. единицам и Э. 1908 г. и изученных по серебряному вольтметру (первичный производный Э.; заменяемый групповой Э.). 3) Вторая эталонная группа нормальных элементов—Э. международного вольта. Группа, образованная в 1928—30 гг. из двадцати пяти нормальных элементов Вестона, приготовленных и изученных в ВИМС (копия первичного производного Э.; заменяемый групповой Э.).

С в е т о в ы е Э. 1) Группа из 24 пустотных ламп накаливания, имеющих обозначения: от 1-A-1 до 1-A-12, от 1-F-1 до 1-F-6 и от 1-G-1 до 1-G-6.—Э. международной свечи. Совокупность из двадцати четырех ламп, состоящая: а) из 12 ламп (от 1-A-1 до 1-A-12), приобретенных от з-да «Осрам» фирмы General Electric Co. Ltd (Англия) и снабженных сертификатами National Physical Laboratory (Англия), б) из шести ламп (от 1-F-1 до 1-F-6), приобретенных от Laboratoire central d'Electricité, и шести ламп (от 1-G-1 до 1-G-6), приобретенных от з-да «Осрам» G. m. b. H. Kommanditgesellschaft (Германия), снабженных (все 12 ламп) сертификатами Laboratoire central d'Electricité в Париже (основной Э. СССР; групповой Э.). 2) Э.-свидетели международной свечи: первый (С-I), второй (С-II) и третий (С-III). Э.-свидетель С-I состоит из 30 пустотных ламп накаливания с вольфрамовой нитью, изготовленных по заказу Главной палаты мер и весов з-дом «Осрам», General Electric Co. Ltd в Англии и сличенных с Э. международной свечи в National Physical Laboratory. Э.-свидетель С-II состоит из 12 пустотных ламп накаливания (шесть угольных, шесть вольфрамовых), предоставленных Главной палате мер и весов Bureau of Standards (США) и сличенных с его Э. международной свечи. Э.-свидетель С-III состоит из 18 ламп (десять угольных, восемь вольфрамовых), приобретенных от Laboratoire central d'Electricité (Франция) и сличенных с ее Э. международной свечи. Все лампы изучены в ВИМС (свидетели основного Э.; вторичные заменяемые групповые Э.).

Э т а л о н ы р а д и я. 1) Образец хлористого радия № XI. Приобретен от об-ва Union Minière du Haut Katanga в Брюсселе, содержащий в 1927 г. 14,45 мг радия (элемента); снабжен сертификатом международной комиссии Э. радия (основной Э. радия СССР; является вторичным Э. по отношению к международному Э. радия и первичным в системе мер СССР; единственный Э.). 2) Образец хлористого радия № X, приобретенный у об-ва Union Minière du Haut Katanga в Брюсселе, содержащий в 1927 г. 29,74 мг радия (элемента); снабжен сертификатом международной комиссии Э. радия (свидетель основного Э. радия; единственный Э.).

Л и т.: 1) «Временник Главной палаты мер и весов», Л., 1925, вып. 1(13); М а л и к о в М., Образцовые меры и образцовые измерительные приборы, Л.—М., 1933; е г о ж е, Перечень основных Э. Главной палаты мер и весов и их основных копий, «Временник Главной палаты мер и весов», Л., 1928, вып. 2(14), стр. 3—21; е г о ж е, К вопросу о накоплении погрешностей при последовательных проверках измерительных приборов, «Вестник стандартизации», М., 1931, 11—12 (35—36), стр. 67—70; «Временник Главной палаты мер и весов», 1894—1930, вып. 1—16 (подробности о различных Э.); «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии и стандартизации», 1932—1933, вып. 1(17)—4(20). М. Малинов.

ЭТАН, C_2H_6 , предельный углеводород жирного ряда, бесцветный газ со слабым запахом, горящий светящимся пламенем; плотность по отношению к воздуху $\Delta = 1,038$; 1 л Э. (при 0° и нормальном давлении) весит 1,3562 г; 1 кг Э. соответствует 746 л газа при 0° и 760 мм давления; $t_{\text{пл.}}$ (при нормальном давлении) $-93^\circ (-88,3^\circ)$; $t_{\text{нл.}}$ -172° ; $t_{\text{крит.}}$ 34° ; критич. давление 50,2 atm; уд. в сжиженного газа (при 15°) 0,446. Мало растворяется в воде, лучше в спирте: 1 объем спирта растворяет 1½ объема Э. В природе этан встречается в газе естественном (см.) как главная составная часть и в светильном газе (см.). Синтетически его можно получить гидрированием ацетилена или этилена:



при каталитическом действии раздробленных мегаллов (Pt и Ni). Применяется этан в холодильных машинах (для охлаждения нитрозных газов).

ЭТАНОЛАМИНЫ, β -оксиэтиламины, группа аминоспиртов, содержащих по крайней мере одну группу $-CH_2 \cdot CH_2OH$ при азоте. Моноэтаноламин $NH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2OH$ —бесцветная жидкость с приятным запахом; $t_{\text{пл.}}$ 171° . Диэтаноламин $NH(CH_2 \cdot CH_2OH)_2$ —густая жидкость без запаха с $t_{\text{пл.}}$ $217^\circ (150 \text{ мм})$. Триэтаноламин $N(CH_2 \cdot CH_2OH)_3$ —бесцветные легкоплавкие кристаллы; $t_{\text{пл.}}$ $277^\circ (150 \text{ мм})$. Все 3 вещества гигроскопичны, смешиваются в любых отношениях с водой, спиртами и ацетоном; мало растворимы в углеводо-

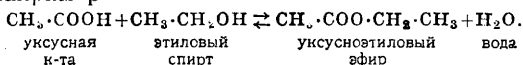
родах и эфире. В химич. отношении Э.—сильные основания. Технич. этаноламин—вязкая бледножелтая жидкость, темнеющая на воздухе; уд. в. $D^{20} = 1,124$; он содержит 75÷80% три-, 20÷25% ди- и ~0,5% моноэтаноламина. Его получают, насыщая концентрированный водный аммиак газообразной окисью этилена $(\text{C}_2\text{H}_4)_2\text{O}$ при t° не выше 30°, после чего продукт фракционируется в вакууме; выход—90÷95% теоретического.

С жирными к-тами Э. образуют мыла, хорошо растворимые не только в воде, но также в бензине, керосине, маслах, спиртах и скипидаре. Стеариновое мыло триэтаноламина твердо, остальные мыла имеют пастообразную консистенцию; цвет их—от янтарно-желтого до бурого. Все эти мыла обладают очень высоким моющим действием и являются исключительно эффективными эмульгаторами; они получают простым смешением или сплавлением Э. с жирной к-той. На эмульгирующей способности этаноламинных мыл основано их применение для разнообразных технич. целей: они (гл. обр. олеат технич. Э.) служат для приготовления устойчивых масляных и жировых эмульсий, к-рые остаются стабильными даже при замораживании и кипячении, эмульсий восков и каменей и т. н. «воднорастворимых» масел; для обработки тканей перед крашением; для выводки жирных пятен (в виде 10—20%-ного раствора в органич. растворителе); для борьбы с вредителями растений (в виде эмульсий для опрыскивания); для смягчения и полировки кожи; для стабилизации коллоидов при размоле в коллоидных мельницах; прибавляются к смазочным маслам для повышения их вязкости; в косметич. производствах широко используются при изготовлении кремов, мазей и паст; в керамич. производстве предложены для стабилизации глинистых суспензий. Жирнокислые эфиры Э., получаемые нагреванием Э. с соответствующими к-тами до 150—180°, начинают находить применение в текстильной и кожевенной пром-сти. Сами Э. обладают способностью ускорять проникновение различных масел в пористые материалы; поэтому при пропитке дерева применяют напр. креозотовое масло с добавкой 0,5% Э. Далее Э. оказались весьма удобными поглотителями для кислотных газов (CO_2 , SO_2 , H_2S), легко отдающими их при нагревании; 1 объем моноэтаноламина растворяет 229, диэтаноламин—128 и триэтаноламин—90 объемов CO_2 . Этот метод уже применяется в США при производстве гелия из природного газа; он пригоден также для получения чистой CO_2 из дымовых газов. Раствор казеина в Э. дает очень хороший клей для кожи. Продукт нитрования Э. (этанолнитраминнитрат $\text{NO}_2 \cdot \text{NH} \cdot \text{C}_2\text{H}_4 \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{O} \cdot \text{NO}_2$) предложен недавно как взрывчатое вещество. Производные Э., содержащие гидроароматич. радикал при азоте, начинают применяться как инсектициды и консервирующие средства, а их мыла—как пластфикаторы и смягчители. Несмотря на относительно высокую стоимость Э. их применение в технике растет и расширяется чрезвычайно быстро. Производство Э. имеется в Германии, Франции и США.

Лит.: К н о р г Л., «В», В., 1897, В. 30, п. 910; F r y d l a e n d e r J., «Revue des produits chimiques», P., 1930, т. 33, 2, p. 33; B e s a n c o n J., «L'Industrie chimique», 1930, т. 17, p. 234, 308; W i l s o n A., «Ind. Eng. Chem.», 1930, v. 22, p. 143; B e n n e t t H., «ibid.», т. 1255; «ibid.», 1929, v. 21, p. 685; «Seifensieder-Zeitung», Augsburg, 1929, p. 36, 347; «Die chemische Industrie», B., 1928, В. 51, p. 1186; 1930, В. 53, p. 1275; «Chem. a. Met. Engineering»,

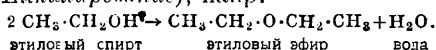
N. Y., 1931, v. 38, p. 465; «Z. ang. Ch.», 1931, В. 44, p. 902; «Ch.-Ztg.», 1931, Jg. 55, p. 169, 1932, Jg. 56, p. 87; «Deutsche Parfümerie-Zeitung», B., 1929, p. 508, 554, 1931, p. 119, 1932, p. 86; Г. П. 514955; Ан. П. 306563; Ф. П. 650574. В. Яновский.

ЭТЕРИФИКАЦИЯ, реакция между кислотами и гидроксилсодержащими соединениями, приводящая при одновременном отщелении воды к образованию сложных эфиров, или э с т е р о в, например



уксусная к-та этиловый спирт уксусноэтиловый эфир вода

К реакции Э. относят иногда и процессы образования простых эфиров из гидроксилсодержащих соединений, например спиртов, фенолов (см. *Алкилирование*), напр.



этиловый спирт этиловый эфир вода

Э. является типичной, обратимой реакцией, т. к. в присутствии воды происходит гидролитич. расщепление эфиров—*омыление* (см.); поэтому при Э. устанавливается равновесие, характеризующее константой $K = \frac{C_{\text{кСс}}}{C_{\text{э}} C_{\text{к}}}$, где $C_{\text{к}}$,

$C_{\text{э}}$, $C_{\text{э}}$ означают соответственно концентрации к-ты, спирта, эфира и воды, выраженные в молярных величинах (см. *Спр. ТЭ*, т. X, стр. 324). В то время как повышение t° вызывает изменение в состоянии равновесия, хотя и не слишком сильное вследствие небольших термич. эффектов реакции Э., присутствие катализатора изменяет только скорость. Последняя очень зависит от природы спирта; в частности скорость Э. наибольшая у первичных спиртов и наименьшая у третичных (Меншуткин). В отношении природы к-ты имеются доказательства положительного влияния возрастающего молекулярного веса в гомологич. ряду и отрицательного влияния присутствия третичного углерода, с которым связана карбоксильная группа. Катализаторами при Э. являются минеральные к-ты (H_2SO_4 , HCl), причем вместе со степенью диссоциации к-т растет и каталитич. эффект. Действие катализатора объясняется образованием промежуточных соединений с минеральной к-той. Увеличение выхода (см. выше константа равновесия) эфиров м. б. достигнуто увеличением концентрации (избытком) к-ты или спирта, что практически осуществляется применением большого избытка к-ты или спирта в зависимости от ценности или легкости регенерации одного из этих веществ; напр. при получении уксусноэтилового эфира десятикратный избыток этилового спирта доводит выход эфира до 99,7% по отношению к уксусной к-те. Другая возможность заключается в понижении концентрации образующейся воды, что м. б. достигнуто связыванием ее водудотнимающими средствами, напр. серной к-той, к-рая т. о. оказывает двойное действие: на скорость Э. и на предел реакции (равновесие). Второй способ заключается в отгонке воды по мере ее образования, что особенно удобно при Э. нерастворимых в воде соединений, т. к. отгоняющиеся в этом случае одновременно с водой продукты после отделения отстаиванием м. б. возвращаемы обратно в реакционный сосуд. Удаление из реакционной смеси образующегося эфира также увеличивает выход эфира. Достигнуть этого можно отгонкой эфира, если он достаточно летуч, либо в противном случае периодич. или непрерывным отделением эфира (например экстракцией) от остальной смеси. В технике при

производстве сложных эфиров чаще пользуются применением избытка к-ты или спирта и удалением воды из сферы реакции, для чего к реакционной смеси иногда прибавляется вещество (например бензол), образующее азеотропическую смесь (см. *Перегонка*) и тем облегчающее отгонку воды.

Э. в газообразной фазе протекает более успешно при пропускании паров кислоты и спирта над активированным углем, силикагелем, окисью титана или тория. Во всех этих случаях реакция происходит фактически на поверхности адсорбента (в адсорбционной пленке); при газообразном состоянии реагирующих веществ Э. протекает с ничтожно малой скоростью (в сотни и тысячи раз меньшей, чем при Э. в жидкой фазе).

Технологически Э. осуществляется б. ч. нагреванием смеси спирта и к-ты в присутствии небольшого количества серной к-ты в медном или алюминиевом аппарате с обратным холодильником в течение нескольких часов. Обратный холодильник конструируется иногда с таким расчетом, чтобы вода и часть спирта (нерастворимого в воде) отгонялись и поступали в разделитель—флорентинский сосуд (см. *Флорентинские склянки*), откуда спирт снова поступает в реакционный аппарат. По окончании Э. сырой эфир отгоняется, промывается водой, сушится поташом или хлористым кальцием и ректифицируется в колонном аппарате. Для низкипящих эфиров, например уксуснометилового эфира, Э. может быть осуществлена путем непрерывного процесса, причем этерификатор заменяется колонной, в которую поступают спирт, к-та и катализатор (H_2SO_4). Одновременно с Э. происходит дефлегмация и разделение смеси с отгонкой эфира. Э. может осуществляться также действием ангидрида к-ты на спирт, в особенности низших к-т жирного ряда (напр. уксусной) или смешанных ангидридов этих к-т с минеральными (напр. борной, фосфористой и др.). Прибавление при ацетилировании уксуснокислого натрия ускоряет реакцию, повидимому вследствие образования промежуточного продукта присоединения его к уксусному ангидриду. При Э. легко дегидратируются спиртов применяется разбавление реакционной смеси нейтральным растворителем (бензол, ксилол). Э. при помощи ангидрида двуосновной к-ты (фталевой, камфорной и др.) приводит к образованию кислых эфиров; этот метод применяется для выделения и очистки нек-рых спиртов. Для трудной этерифицирующихся спиртов (напр. третичных) применяется Э. в виде обработки алкоголятов этих спиртов ангидридами кислот, иногда в нейтральном растворителе. Очень часто для получения сложных эфиров используются действием хлорангидридов кислот на спирты. Обычно реакция проводится непосредственным нагреванием смеси этих продуктов до прекращения выделения хлористого водорода; для более мягкого протекания реакции применяются разбавители (бензол, толуол, нитробензол и др.). Особенно часто применяется этот способ Э. для получения бензойных эфиров путем обработки спиртов или фенолов хлористым бензоилом в присутствии едкой или углекислой щелочи обычно при охлаждении (реакция Шоттен-Баумана); для многоатомных спиртов лучшие результаты получаются при замене щелочей органич. основаниями (например пиридином). В тех случаях, когда затруднения возникают из-за трудности

Э. к-ты (напр. при нахождении карбоксильной группы при третичном углероде), можно пользоваться взаимодействием солей (гл. обр. серебряных) с галоидалкилами, по преимуществу иодалкилами. Реакция эта протекает иногда достаточно быстро и бурно и требует в таких случаях применения нейтральных разбавителей. Галоидалкилы м. б. заменены диалкилсульфатами (напр. диметилсульфатом) в тех случаях, когда другие способы Э. не дают удовлетворительных результатов. Э. спиртов при помощи неорганич. к-т протекает аналогично; т. о. при действии серной или хлорсульфоновой к-ты на спирты получаются кислые эфиры

(алкилсерные к-ты) типа $SO_2 \begin{cases} OH \\ OR \end{cases}$, переходящие

при нагревании в нейтральные эфиры (диалкилсульфаты) типа $SO_2 \begin{cases} OR \\ OR \end{cases}$. Эфиры азотной к-ты

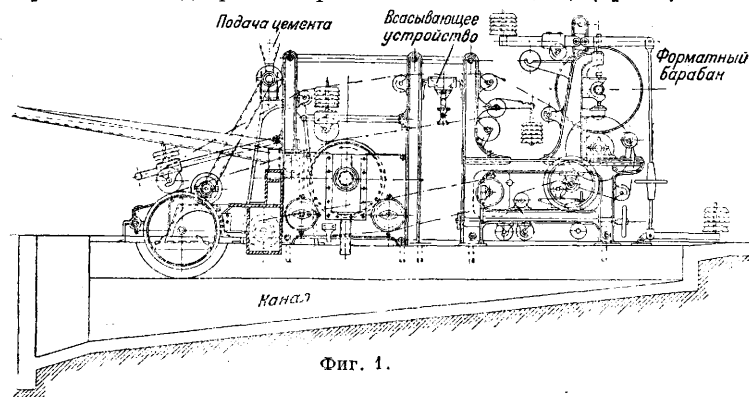
(нитраты) получаются б. ч. непосредственным действием ее на спирты в присутствии серной к-ты (напр. тринитроглицерин); однако при этом часто наблюдается преобладание окисляющего действия азотной к-ты. Эфиры азотистой кислоты (нитриты) получают действием на спирты азотистой к-ты (в момент выделения из солей азотистой к-ты и серной к-ты) или азотистого ангидрида (напр. восстановлением азотной к-ты мышьяковым ангидридом). Э. борной к-той или борным ангидридом, имеющая большое значение для выделения и очистки спиртов, протекает непосредственно при взаимодействии их со спиртами при одновременной отгонке отщепляющейся воды в вакууме.

Реакция Э. имеет большое значение для получения сложных эфиров, применяющихся в больших количествах в качестве растворителей при производстве специальных лаков (напр. из эфиров целлюлозы), в производстве взрывчатых веществ, в качестве растворителей при экстракции. Нек-рые сложные эфиры имеют самостоятельное значение в качестве душистых веществ (эфиры спиртов и к-т жирного ряда), фармацевтич. препаратов (эфиры ментола, борнеола и др.). В лабораторной практике сложные эфиры являются часто исходными продуктами для ряда реакций, напр. для получения амидов к-т, конденсации с образованием diketонов и кетокислот и т. д. Э. применяется также в качестве промежуточной стадии для разделения смесей близкипящих к-т или спиртов, к-рые после перевода в сложные эфиры м. б. разделены.

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch der organischen Chemie, Band 1, Teil 1, Berlin—Leipzig, 1922. **Б. Ругоский.**

ЭТЕРНИТ, строительный материал в виде плоских или волнистых листов, вырабатываемых из цементно-асбестовой массы на папшинах (фиг. 1), подобных картоноделательным. Сырьем служат портланд-цемент и асбест, которые должны удовлетворять установленным ОСТ техническим условиям. Процесс изготовления этернита заключается в том, что рашепленный механич. обработкой асбест тесно перемешивается с большим количеством воды и портланд-цементом в голландере (ролл) до получения однообразной массы, которая спускается в месильный чан. Жидкая масса из чана поступает на цилиндрч. металлич. сита, на которых вода отфильтровывается и отводится, а волокна асбеста с адсорбированным на

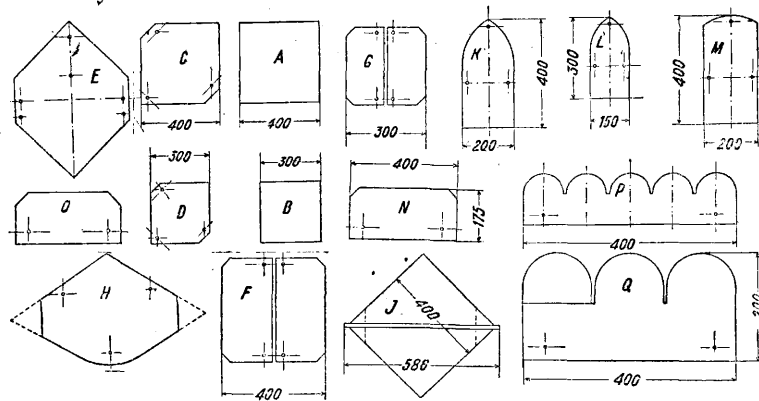
их поверхности цементом остаются на ситах и передаются на бесконечную суконную ленту для транспортировки влажной асбестоцементной массы на гладкий барабан, на поверхности которого эта масса последовательно накладывается до образования цилиндра. В дальнейшем цилиндр этот разрезают, снимают с барабана и подвергают прессованию на гид-



Фиг. 1.

равлических прессах под давлением 250—400 кг/см². Отпрессованные листы или плитки направляют в сушилки на время не менее одних суток, а затем в склад для хранения. Пропорция смеси: 85—90% портланд-цемента и 15—10% асбеста.

Помимо мокрого способа изготовления Э. существует и сухой способ, который не нашел



Фиг. 2.

пока распространения. Кровельные плитки (фиг. 2, А—Q), плоские и волнистые листы, должны удовлетворять стандарту (ОСТ 688, 3720, 3721). Применяют Э. в качестве кровельного материала для покрытия крыш, а также как облицовочный материал.

Лит.: Э в а л ь д В и В а г а н о в Н., Асбестоцементное производство, Искусственный шифер, М.—Л., 1934; Асбест, Материалы особого совещания по асбестовой пром-сти, М., 1930; W e n i g e r К., Die Asbestzement-schiefer-Fabrikation, Berlin, 1926; G a s p a r y D., Die Herstellung v. Asbestzementschieferplatten, Lpz., 1929; «Zement», Scharlottenburg; «Tonindustrie-Ztg», В.; «СП»; «Строительные материалы», М

ЭТИЛЕН, C_2H_4 , простейший член гомолгич. ряда *этиленовых углеводородов* (см.); открыт голландскими химиками в 1795 г. Бесцветный газ с очень слабым эфирным запахом; горит светящимся пламенем; в смеси с кислородом или с воздухом при воспламенении сильно взрывает. Плотность Э. по отношению к воздуху $\Delta = 0,9738$; вес 1 л Э. 1,2603 г; молярный

объем при нормальных условиях 22,26 л. Этилен принадлежит к трудно сжижаемому газам; его $t_{\text{крит.}}^{\circ} = 103,8^{\circ}$; $t_{\text{пл.}}^{\circ} = -169,4^{\circ}$; $t_{\text{кип.}}^{\circ} = 9,5^{\circ}$ (по другим данным 13°); критич. давление 50,6 atm; уд. в. жидкого Э. (при $t_{\text{кип.}}^{\circ}$) $D_4 = 0,566$. Уд. теплоемкость Э.: $C_p = 0,40$, $C_v = 0,32$ cal/g; теплота испарения 107 cal/g; звукопроводность (при 0°) 314 м/сек. Растворимость Э. в воде: при $0^{\circ} - 0,26 : 1$, при $20^{\circ} - 0,15 : 1$; в спирте—3,6 : 1 (по объему).

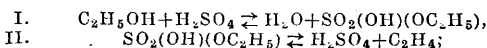
В химич. отношении для Э. наиболее характерны реакции присоединения по двойной связи. Он легко присоединяет галоиды (Cl_2 и Br_2), образуя дугалоидные соединения; с галоидоводородами дает моногалоидные производные этана; водород присоединяется только в присутствии катализаторов (активных Pt, Pd, Ni), причем получается этан; хлорноватистая к-та с Э. дает этиленхлоргидрин $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$; серная кислота—этилсерную кислоту $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}\cdot\text{SO}_3\text{H}$ и ди-

этилсульфат $\text{SO}_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$; азотная кислота— β -нитроэтиловый спирт $\text{NO}_2\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ и далее β -нитроэтилниграт $\text{NO}_2\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}\cdot\text{NO}_2$; присоединением N_2O_4 получается динитроэтан, а с N_2O_3 —псевдонитрозид этилена. Окисление этилена перманганатом дает этиленгликоль, окисление гидроперекисью бензола—окись этилена, окисление озоном на холоду—сильно

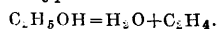
взрывчатый озонид этилена $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$. При нагревании выше 350° Э. частично разлагается по уравнению $3\text{C}_2\text{H}_4 = 2\text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{H}_2$; при t° белого каления он диссоциирует гл. обр. на ацетилен и водород. Э. содержится в газообразных продуктах пиролиза каменного угля, нефти, торфа, древесины и других органич. материалов. Содержание Э. (по объему): в коксовом газе высокотемпературного коксования 1—3%, в газе низкотемпературного (500—600°) коксования 7—12%, в газах парафазного крекинга нефти 17—20%, а при пиролизе керосиновых фракций на диоле-

фины (в производстве синтетич. каучука) до 25%. Во всех случаях пиролитич. образования Э. ему сопутствуют его ближайшие гомологи.

П о л у ч е н и е. Лабораторным путем Э. получают при помощи следующих реакций: а) действием цинковой пыли на бромистый этилен ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$) в спиртовом растворе (этот способ дает наиболее чистый Э.); б) действием конц. H_2O на этиловый спирт при $t^{\circ} 160—170^{\circ}$, причем реакция протекает в 2 фазы с промежуточным образованием этилсерной к-ты:



в) по способу В. Ипатьева—каталитич. дегидратацией паров этилового спирта на твердом катализаторе по у-рию:



В качестве катализаторов для этой реакции пригодны: окись алюминия (при 340—420°),

каолин, глина, алюмосиликаты, фосфаты и сульфаты Ca и Al (при тех же t°), фосфорная кислота (при 200—260°), также ThO₂, синяя W₂O₅, V₂O₅ и др. Чаще всего применяется активная (осажденная, промытая и слабо прокаленная) окись алюминия; при работе с нею оптимальная $t^\circ = 350^\circ$ (выход Э. по спирту 96%); активатором для нее может служить Fe₂O₃. Побочной реакцией здесь является дегидрирование спирта в ацетальдегид; при пониженной t° имеет место также образование этилового эфира. Повидимому наилучшей катализ. активностью обладают продукты неполной дегидратации Al(OH)₃, содержащие еще часть гидроксильных групп; так напр., весьма активным катализатором (Горис, 1924 г.) является смесь 50% Al(OH)₃ и 50% пемзы, прокаленная при t° ок. 300° (оптим. t° реакции 326°, выход Э. 99,6%); при нагреве выше 400° она постепенно теряет активность.

Технич. получение Э. основывается либо на вышеуказанной реакции Ипатьева либо на использовании пиролизитич. процессов. I. Крупное заводское производство Э. из спирта было впервые организовано в 1917—18 гг. в Германии, Франции, Англии и США для военных нужд (производство иприта). а) При получении Э. по герм. способу (BASF, 1916—18) катализатором служила окись алюминия, полученная осаждением щелочью в виде Al(OH)₃, промытая и обезвоженная при 300°. Пары спирта пропускались через медные сосуды кольцеобразного сечения, наполненные гранулированным катализатором и погруженные в баню из расплавленной селитры; t° контактной массы 380—400°, выход Э. по спирту ок. 90%. Катализатор работал непрерывно ок. 2 недели, затем он реактивировался пропусканьем воздуха при нагревании. б) В англ. методе производства Э. катализатором служила фосфорная или пиррофосфорная к-та на коксовой подкладке; для получения его зерненный кокс пропитывался сиропобразной H₃PO₄; t° реакции 200—220°; выход Э. указывался почти 100%-ный. Позже было предложено применять пиррофосфорную кислоту на подкладке из пемзы, работая при t° 250°; Э. получается 99%-ной чистоты. в) В США элемент контактного аппарата представлял вертикальную стальную трубу диам. 20 см, обогревавшуюся газовыми или нефтяными горелками и наполненную каолином, отформованным в мелкие цилиндрики. Снизу вводилась смесь паров спирта и воды в соотношении 1 : 1; t° реакции ~ 550°. Получался Э. ~ 95%-ной чистоты, с выходом ок. 85%. Вся установка для получения Э. включала в себя: испаритель для спирта, смеситель (паров спирта с водяным паром), контактный аппарат (печь с трубами), конденсатор для отделения воды и неразложенного спирта, скруббер для промывки Э. водой и газгольдер для собирания Э.; при выходе из газгольдера Э. проводился через осушительную башню. Катализатор, утрачивший активность вследствие отложения на нем угля, постепенно (без остановки работы печи) заменялся свежим, а отработанный «оживлялся» в особой печи посредством пропускания воздухом или кислородом при t° около 800°. Добавка к спирту водяного пара уменьшает выход Э., смещая равновесие влево, но ослабляет побочные реакции и повышает срок службы катализатора. В настоящее время производство Э. из спирта является мало рентабельным и экономически нерациональным по характеру при-

меняемого сырья. Наибольший промышленный интерес приобретают методы получения Э. из газов пиролиза.

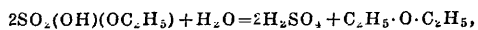
II. Выделение Э. из каменноугольного, коксового или крекингового газа производится физическими методами—сжижением и фракционировкой полученного конденсата. В связи с развитием производства синтетич. аммиака техника глубокого охлаждения и разделения компонентов газа достигла значительного совершенства (см. Аммиак, Водород, Синтез газа). Этиленовая фракция коксового газа, полученная на установках системы Линде, кипит в пределах от -140° до -70° и содержит 20—31% C₂H₄; установки сист. Клода дают этиленовую фракцию с содержанием до 60% C₂H₄; в обоих случаях извлекается не свыше 75% всего Э., содержащегося в коксовом газе.

III. Специальный крекинг природных углеводородных газов (состоящих гл. обр. из метана) или нефтяного газа под давлением и с катализаторами применяется в настоящее время для получения Э. в США. Газ освобождают сначала от газолиновой фракции, затем крекируют; подробности метода неизвестны.

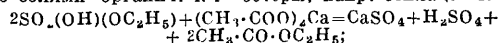
IV. Один из возможных путей промышленного получения Э. представляет гидроформирование ацетиленов на металлич. катализаторе (Ni, или Pt, или Ni+Pd) теоретич. количеством газообразного водорода. Метод неоднократно подвергался технологич. разработке, но применения до сих пор не получил. К исходному газу рекомендуется добавлять 5—20% водяного пара; выход Э. достигает 92% теоретического. Имеется также предложение проводить реакцию гидроформирования в жидкой фазе (инертный растворитель) при t° ок. 100°.

Применение Э. Со времени войны 1914—1918 гг. этилен рассматривают в первую очередь как сырье для производства иприта; предположительная потребность армий в последнем диктуются и размеры производственных установок. Несоответствие между мощностью последних и фактич. потребностью в Э. в мирное время заставило усиленно искать новых путей использования Э., в чем и были достигнуты значительные успехи.

Одним из новых производств такого рода является получение этилового спирта из Э. путем, обратным получению Э. из спирта (см. выше ур-ня реакций). Метод заключается в промывке очищенного коксового газа или его этиленовой фракции конц. серной к-той (95—98%-ной) в скрубберах с кварцевой насадкой при t° 40—50° и повышенном давлении (либо при 70—80° без применения давления). Далее полученная этилсерная к-та, разбавленная предвар. только водой до 60—75%-ной концентрации (считая на H₂SO₄), омыляется путем продувки горячим паром или перегонной жидкости под небольшим вакуумом. Поглощение этилена идет гораздо быстрее, если H₂SO₄ содержит примесь готовой этилсерной к-ты; очень большую роль играет достижение наиболее тесного соприкосновения газа с к-той. Процесс осложняется рядом побочных реакций и других технич. затруднений; часть Э. превращается при этом в диэтилсульфат (довольно трудно омыляемый), другая часть обугливается; степень фиксации Э. серной к-той не превышает 70—80%. Существующие заводские установки (в США, Франции и Англии) громоздки и мало рентабельны вследствие большого расхода серной к-ты; поглощение Э. производится на них под давлением до 10 атм, а омыление ведут в тарельчатой колонне: смесь водяного пара и аммиака, получая т. о. 30—60%-ный спирт и сульфат аммония; главной примесью в получаемом спирте является дитиан S(C₂H₅)₂S. Изменяя условия омыления этилсерной кислоты, возможно в качестве конечного продукта получать простой эфир



а с солями органич. к-т—эстры, напр. этилацетат:



технич. осуществления эти реакции еще не получили. При взаимодействии Э. с конц. серной к-той в определенных

условиях (концентрация H_2SO_4 не $<97\%$, катализатор Cu^I , $t^\circ 0-15^\circ$) м. б. получен также диэтилсульфат SO_2 (OC_2H_5) $_2$.

В настоящее время Э. перерабатывается в промышленных размерах на хлористый и бромистый этилен (см. ниже), *этиленхлоргидрин* (см.), *этиленгликоль* (см.) и окись этилена (см. ниже). Достаточно разработанным процессом является синтез хлористого этила по ур-ию $C_2H_4 + HCl = C_2H_5Cl$; реакцию ведут в газообразной фазе, пропуская смесь (1:1 по объему) Э. и HCl на катализатор (хлориды Bi, Sb, Fe) при $t^\circ 120-200^\circ$. Возможность технич. переработки Э. на формальдегид (окислением в особых условиях) находится еще в стадии изучения. Разрабатываются также процессы конденсации Э. (в сочетании с гидрированием), проводимые при высокой t° под давлением и с катализаторами и дающие жидкие углеводороды высокой калорийности, годные в качестве моторного горючего.

За последние годы были найдены области непосредственного использования Э. для технич. целей, в связи с чем его начали выпускать в продажу и транспортировать в сжатом виде в стальных баллонах. Газообразный Э. с кислородом получил применение для автогенной сварки и резки металлов, в особенности легких. Растворенный в бензине Э. применяется как горючее для автомобильных и авиационных моторов. В медицине Э. употребляется (в США) для общего наркоза при операциях. Наконец быстро развивается применение Э. для ускоренного дозревания фруктов и овощей, снятых не вполне зрелыми; для этого плоды выдерживают несколько дней в атмосфере, содержащей небольшую примесь Э. (0,1—1%); наилучшие результаты получаются с цитрусовыми (особенно с лимонами), помидорами, бананами и виноградом.

Аналитическое определение Э. производится по обычным методам газового анализа. Э. поглощает бромной водой или, лучше, раствором $KBr + KBrO_3$, оттитровывая избыток реактива гипосульфитом. Применяя достаточно разбавленные растворы Vg_2 или $KVg + KVgO_3$, можно определить Э. в присутствии небольших количеств (до 8—9%) ацетилена. В других вариантах анализа Э. поглощают олеумом (совместно с C_2H_4 и ароматикой), или аммиачным раствором окиси меди, или 20%-ным раствором $AgNO_3$ (совместно с C_2H_4).

Хлористый этилен $CH_2Cl \cdot CH_2Cl$, жидкость с уд. в. $D_4^{20} = 1,257$; $t^\circ_{кип.} 83,7^\circ$; $t^\circ_{пл.} -75,3^\circ$. Получается пропусканием Э. и хлора в газовый жидкий $C_2H_4Cl_2$ при сильном охлаждении и перемешивании. Применяется в холодильном деле, для химич. чистки тканей, как растворитель для жиров и восков и как средство борьбы с вредителями. Служит для получения этиленгликоля и гликоляцетата. Может перерабатываться также: а) на этилендиамин $(CH_2 \cdot NH_2)_2$, применяемый как ускоритель вулканизации, б) на бензальдегид $C_6H_5 \cdot CHO$ (конденсацией с бензолом в дибензил и последующим окислением), в) на янтарную кислоту $C_2H(COOH)_2$ (переводом $C_2H_4Cl_2$ в цианистый этилен и омылением нитрила) и т. д. Бромистый этилен $CH_2Br \cdot CH_2Br$, жидкость; уд. в. $D_4^{20} = 2,182$; $t^\circ_{кип.} 131,7^\circ$. Получается пропусканием Э. в жидкий бром. Применяется как антидетонатор в двигателях внутреннего

сгорания. Окись этилена $\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ O \\ | \\ CH_2 \end{matrix}$, легко сжижаемый газ; $t^\circ_{кип.} 10,7^\circ$; $t^\circ_{пл.} -111,3^\circ$; уд. в. в жидком состоянии $D_4^0 = 0,887$; при t° выше 400° изомеризуется в альдегид $CH_3 \cdot CHO$. Получение—см. *Этиленхлоргидрин*. Применя-

ется как очень эффективный и безопасный в обращении инсектицид для окулирования пищевых продуктов (кроме жиров), одежды и мехов; служит для получения *этанолламинов* (см.) и *эфиров этиленгликоля*.

Лит.: Получение Э.: Л и Б е р м а н Г., Химия и технология отравляющих веществ, 3 изд., Л., 1932; П а т ь е в В., «Ж», СЛБ, 1902, т. 34, стр. 315, 840, и 1903, т. 35, стр. 577; Ф е д о р о в Б. и С е м е н о в П., «Химия твердого топлива», М., 1932, т. 3, вып. 9—10, стр. 743; V i l l a r d P., «Annales de chimie et de physique», P., 1897, serie 7, v. 10, p. 389; I p a t i e w W., «B», B., 1903, Jg. 36, p. 1990; «Journ. fur praktische Chemie», 1903, B. 67, p. 421; S e n d e r e n s, «Bulletin de la Société chimique de France», P., 1907, série 4, t. 1, p. 690; N e w i t h G., «Journ. of Chemical Society», L., 1910, v. 79, p. 915; E n g e l d e r C., «Journal of Physical Chemistry», 1917, v. 21, p. 676; R o s s W., C u l b e r t s o n J. A., P a r r o n s J., «I. Eng. Chem.», 1921, v. 13, p. 775; G i l f i l l a n F., «Am. Soc.», 1922, v. 44, p. 1323; P e a s e R. A., Y o u n g C., ibid., 1924, v. 46, p. 390; M o s e r u. L i n d i n g e r, «Monatshefte für Chemie», W., 1923, B. 44, p. 141; G o r i s J., «Chimie et Industries», P., 1924, t. 11, p. 449; K e s t i n g W., «Ztschr. für angewandte Chemie», B., 1925, B. 38, p. 362; W e b e r A. A., W a l t o n J., «L'industrie chimique», P., 1931, t. 18, p. 327; Г. П. 168291, 253160, 262541, 266519; Ф. П. 688791; А. П. 294787, 336999; А. П. 1206222, 1392852, 1402329, 1402336, 1421640. Физства Э.: M a l i s o f f W. A., E g l o f f G., «Journ. of Physical Chemistry», 1919, v. 23, p. 65; D a n n e e l H. U., S t o l z e n b e r g H., «Ztschr. f. angew. Chemie», B., 1929, V. 42, p. 1121. Применение Э.: Ф о к и н Л., Синтез аммиака и органич. продуктов из коксового и водного газов, гл. 20, Л., 1930 (Переработка этиленовой фракции коксового газа); C h a v e E. A., D e n n y F., «I. Eng. Chem.», 1924, v. 16, p. 339; C h a v e E. A., C h u r c h C., ibid., 1927, v. 19, p. 1135; R e g e i m b a l A., H a r v e y R., «Am. Soc.», 1927, v. 49, p. 1117; А. П. 1475938. В. Яновский.

ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ, или обыкновенный глицерин $CH_2(OH) \cdot CH_2(OH)$, простейший двухатомный спирт ряда α -гликолей; открыт Вюрцем в 1859 г. Бесцветная густоватая жидкость сладкого вкуса, без запаха, заметно гигроскопичная. Уд. вес $D_4^{20} = 1,127$; $D_4^{20} = 1,115$; $t^\circ_{кип.} 197,5^\circ$ (технич. продукт имеет $t^\circ_{кип.}$ в пределах $190 \div 200^\circ$); $t^\circ_{пл.} -11,4 \div -11,5^\circ$. Показатель преломления $n_D^{20} = 1,4274$; диэлектрич. постоянная $\epsilon = 41,2$ (20°); $\lambda = \infty\mu = 1,5 \cdot 10^{-18}$ абсол. электростатич. единицы. Уд. теплоемкость 0,55 cal/g; теплота испарения 190,9 cal/g; теплота образования 212 Cal/моль; теплота горения 283 Cal/моль; t° вспышки 117° . Э. смешивается в любых отношениях с водой и спиртом, мало растворим в эфире (1,1:100); в Э. заметно растворимы безводные галоидные соли щелочных металлов. При нагревании Э. с H_2SO_4 образуется ацетальдегид: $CH_2(OH) \cdot CH_2(OH) = H_2O + CH_3 \cdot CHO$; при перегонке с разбавленной H_2SO_4 м. б. получен диоксан $O \langle \begin{matrix} CH_2 - CH_2 \\ | \quad | \\ CH_2 - CH_2 \end{matrix} \rangle O$. Действием хлористого водорода Э. переводится в этиленхлоргидрин $CH_2Cl \cdot CH_2OH$. При осторожном окислении Э. дает в зависимости от условий гликолевый альдегид $CH_2(OH) \cdot CHO$, гликолевую кислоту $CH_2(OH) \cdot COOH$, глиоксаль $CHO \cdot CHO$, глиоксильную к-ту $CHO \cdot COOH$ или щавелевую к-ту $COOH \cdot COOH$.

Техническое получение Э. исходит из этилена и осуществляется двумя путями: а) через этиленхлоргидрин и б) через хлористый этилен; оба эти промежуточных продукта переводятся в Э. посредством омыления.

И. Омыление этиленхлоргидрина производят раствором Na_2CO_3 или, лучше, $NaHCO_3$ в автоклаве с мешалкой при $t^\circ 70-80^\circ$. Хлоргидрин берется в виде 20—40%-ного раствора; при

реакции давление в автоклаве повышается благодаря выделению CO_2 . Жидкость, выпущенную из автоклава, нейтрализуют, упаривают до удаления большей части воды (Э. почти не летуч с паром), затем отгоняют гликоль от выпавшего NaCl под вакуумом; выход— $85\div 90\%$ теоретического. Более слабые растворы хлоргидрина лучше омылять в автоклаве разбавленной едкой щелочью при t° до 100° ; хотя реакция с NaOH идет не так гладко (образуются в значительных количествах окисы этилена и дигликоль), однако при соблюдении определенных условий она дает удовлетворительные выходы гликоля.

1а. При работе с разбавленными (7—10%) растворами хлоргидрина нередко предпочитают вместо прямого омыления получать из них сначала окис этилена (кипячением с концентрированной щелочью при непрерывном удалении образующейся $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$), которую затем сжигают и гидратируют в отдельном аппарате, получая т. о. гликоль. Гидратация окиси этилена достигается нагреванием ее с водой в закрытом сосуде в присутствии небольшого количества H_2SO_4 . Побочные продукты этого процесса—диэтиленгликоль и полигликоли. Метод применяется на заводах Германии.

II. Омыление хлористого этилена в Э. проходит довольно трудно и дает худшие выходы гликоля, чем (I) и (Ia), однако широко практикуется в США. Омыление ведут водным раствором обыкновенной или каустич. соды в автоклаве под давлением 4—6 atm и при t° 100—150°. Побочные продукты реакции—хлористый винил $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ и ацетальдегид CH_3CHO . Гликоль выделяют из раствора методом, указанным в (I). В США обычно омыляют $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ непосредственно каустиком, получаемым из электролитич. хлорных ванн (содержащим NaCl). В последнее время в качестве омыляющего агента начали применять также $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Реакция омыления м. б. облегчена введением эмульгаторов; выход Э. достигает 70—80%.

Крупное заводское производство Э. существует с 1925 г. в США и с 1927 г. в Германии. Продукция Э. в США составляла в 1926 г. 2 500 т, в 1927 г.—15 000 т и в 1929 г.—ок. 100 000 т. Цена на Э. в Америке равна или даже ниже цены глицерина. В СССР метод производства Э. разрабатывается гл. обр. Ип-том органич. синтеза в Ленинграде и проверяется на ползаводских установках. В военном отношении производство Э. тесно связано с производством иприта и обычно бывает целиком приспособлено к переложению на последнее.

Применение. Наибольшее количество Э. расходуется в виде водных растворов в качестве незамерзающей жидкости для питания радиаторов авто- и авиамоторов; смесь 60% Э. и 40% воды имеет t° замерзания -49° . Ниже приведены уд. веса и t° замерзания растворов Э. различных концентраций (последние указаны в % по объему).

Концентрация	10	20	30	40	50
t° замерзания	-3°	-9°	-16°	-26°	-37°
Уд. вес, $D_{15,5}^{15}$	1,016	1,031	1,045	1,058	1,070

По физич. и отчасти по химич. свойствам Э. является полноценным заменителем глицерина почти во всех областях его применения. Он употребляется в пищевой пром-сти (производство сиропов, экстрактов, фруктовых консервов и приправ), в фармацевтич. и москательной пром-сти (гл. обр. как растворитель и для предохранения от высыхания), в косметич. производствах (туалетные мыла и смягчающие кожу препараты), в парфюмерии (как растворитель для эфирных масел), в таксидермии (выделка чучел), в табачной пром-сти (увлажне-

ние табака), в текстильном и кожевенном деле (увлажнение волокна при прядении, пропитка, аппретура, шпикование, крашение), в металлургии (для смазывания литейных форм и в закалочных ваннах для стальных изделий), в производстве копируемых масс, чернил и штемпельных красок, для мягчения дерева, для смазки частей рефрижераторов, для понижения t° замерзания воды в нек-рых точных приборах и т. д. Наконец Э. перерабатывается на гликолевые эфиры—ценные растворители для лаковой пром-сти (см. ниже). Он может также служить для получения ряда синтетич. смол и восков—продуктов конденсации Э. с к-тами фталевой, янтарной, себациновой, лимонной и др.

Гликолевые эфиры. Эфиры Э.—простые и сложные, полные и неполные—получаются различными методами, исходя из самого Э., этиленхлоргидрида или окиси этилена. За последние годы они приобрели крупное промышленное значение, многие из них вырабатываются заводским путем в больших количествах; в продажу выпускается до 20 различных эфиров этой группы. Следующие эфиры используются преимущественно как хорошие растворители для нитро- и ацетилцеллюлозы в производстве лаков и пластич. масс, для натуральных и синтетич. смол, масел и нек-рых красителей: моноэтиловый эфир Э. $\text{CH}_3\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 124,6°, $D_{15}^{15}=0,975$; моноэтиловый эфир Э. («целлосольв»), наиболее употребительный растворитель данной группы, $t_{\text{кип}}^\circ$ 135,3°, $D_{15}^{15}=0,936$; гликоль моноацетат $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 182°, $D_{20}^{20}=1,11$, t° вспышки 102°; гликоля диацетат $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}\cdot\text{CO}\cdot\text{CH}_3$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 190,5°, $D_{20}^{20}=1,104$; метилгликоля ацетат $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 136°, $D_{15}^{15}=1,00$, t° вспышки 44°; этилгликоля ацетат $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 149°, $D_{15}^{15}=0,97$, t° вспышки 47°. Простые эфиры ряда полигликолей—диэтиленгликоль $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 245°, $D_{15}^{15}=1,132$, и триэтиленгликоль $\text{C}_2\text{H}_4(\text{O}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$, $t_{\text{кип}}^\circ$ 275°, $D_{15}^{15}=1,138$ —применяются как растворители для эфиров целлюлозы и смол, а также как сурrogate глицерина. Гликоля диэтилнитрат $\text{C}_2\text{H}_5(\text{O}\cdot\text{NO}_2)_2$ («динитрогликоль») получается обработкой Э. нитрующей смесью. Он сильно взрывчат, по свойствам весьма сходен с нитроглицерином, но обладает значительно более низкой t° замерзания $-22,7^\circ$, уд. в. $D_4^4=1,517$, $D_{15}^{15}=1,4962$; энергия взрыва 1 580 Cal/kg; скорость детонации 7 800 м/сек. Служит для изготовления многочисленных сортов «незамерзающего» динамита (чаще всего готовят смешанные динамиты, добавляя к глицерину перед нитрацией 10÷20% Э.). В производстве взрывчатых веществ типа динамитов гликольдинитрат успешно конкурирует с нитроглицерином; в США изготавливается до 25 марок таких продуктов. Возможно также применение гликольдинитрата как бризантного взрывчатого вещества для снарядов. Из диэтиленгликоля аналогичным путем получается дигликольдинитрат $\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}\cdot\text{NO}_2)_2$, $t_{\text{кип}}^\circ$ $-11,3^\circ$, уд. в. $D_{15}^{15}=1,391$, взрывчатое вещество, годное для применения в смесях с нитроглицерином или гликольдинитратом; мало чувствителен к удару и менее ядовит, чем первые два вещества.

Лит.: Де дье в А., Переработка этилена коксовыми газами в гликоль, Л., 1930; Клебанский А., Труды 1 всесоюзной конференции по электрохимии и хлору, Л., 1932, стр. 129; L a w r i e J., Glycerol a. the Gly-

cols, New York, 1928; Henry L., «Bulletin de la Société chimique de France», P., 1897, série 3, t. 17, p. 207; Curme G. a. Young C., «Chemical a. Metallurgical Engineering», N. Y., 1923, v. 28, p. 169; Fuller H., «I. Eng. Chem.», Wash., 1924, v. 16, p. 624; Curme G. a. Young C., *ibid.*, 1925, v. 17, p. 1417; Davidson, *ibid.*, 1926, v. 18, p. 669; Taylor C. a. Rinkenbach W., *ibid.*, p. 676; Keyes D., *ibid.*, 1927, v. 19, p. 1419; «Farbe und Lack», Hannover, 1926, p. 582; «Die chemische Industrie», B., 1927, B. 50, p. 346; Noil A., «Ch.-Ztg.», 1927, Jg. 51, p. 546; Frydlaender J., «Revue des produits chimiques», P., 1928, t. 31, p. 806; Ulrich A., «Metall rse», B., 1929, Jg. 19, p. 901, 957, 1013 (обзор патентов); Schradler H., «Z. ang. Ch.», B., 1929, B. 42, p. 541 (перевод—в «ЖХП», 1929, т. 6, стр. 1334); Bahrg H. u. Zieler H., *ibid.*, 1930, B. 43, p. 286; «Chemische Apparatur», Lpz., 1930, B. 17, p. 126; G. P. 299074, 344615, 369502, 373187, 416604; Ф. П. 458733, 612825, 619190, 629204; Ан. П. 264124, 286850, 352651; А. П. 1213368, 1442386, 1594608, 1626398, 1695250, 1709605.

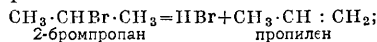
В. Янковский.

ЭТИЛЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, олефины, непредельные углеводороды жирного ряда общей ф-лы C_nH_{2n} , характеризующиеся наличием одной двойной связи между углеродными атомами. Э. у. всегда образуются при пиролизе углеводородов нефти, каменных углей, древесины и других богатых углеродом материалов; поэтому они содержатся в светильном газе, в газах коксования (особенно низкотемпературного) и крекинга. Напр. газ коксовых печей содержит Э. у. в количестве $1,2 \div 3,0\%$ по объему, а выделенная из него этиленовая фракция до 60%. Химические свойства Э. у. определяются гл. обр. их ненасыщенностью: так, они непосредственно присоединяют (по месту двойной связи) 1 молекулу водорода, галоидов, галоидоводорода, озона, H_2SO_4 , $HOCl$, $NOCl$ и т. д. (см. *Ненасыщенные соединения*); в известных условиях они присоединяют также молекулу воды, образуя спирты; окисление Э. у. в отсутствии воды дает окиси олефинов (α -окиси); при окислении в водной среде присоединяются две ОН-группы и получаются α -гликоли. Под влиянием конденсирующих веществ (конц. H_2SO_4 , $ZnCl_2$, $AlCl_3$, $FeCl_3$, BF_3) Э. у. полимеризуются, образуя продукты с двойным, тройным и четверным мол. весом; то же происходит при нагревании Э. у. в присутствии Ni.

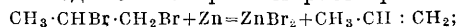
Простейшим членом гомологич. ряда Э. у. является *этилен* (см.) C_2H_4 . Пропилен C_3H_6 (строение его см. ниже)—газ с $t_{кип.} -47^\circ$ и $t_{пл.} -185,2^\circ$; он составляет $\sim 0,3\%$ коксового газа; может перерабатываться на пропиловый и изопропиловый спирты, хлористый изопропил, пропиленгликоль и ацетон. Бутилены C_4H_8 (3 изомера): α -бутилен $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH = CH_2$; $t_{кип.} -5^\circ$; $t_{пл.} -130^\circ$; β - или псевдобутилен $CH_3 \cdot CH = CH \cdot CH_3$; $t_{кип.} +1,4^\circ$; изобутилен $(CH_3)_2CH \cdot CH = CH_2$; $t_{кип.} -6^\circ$. Последние два изомера содержатся в коксовом газе; перерабатываются на вторичный изобутиловый спирт, триметилкарбион, хлорзамещенные бутана, бутилгликоли и бутадиев. Амилены C_5H_{10} (5 изомеров)—летучие жидкости с $t_{кип.} 20 \div 40^\circ$; в газах пиролиза их содержание ничтожно. В технике смесь изомерных амиленов получают нагреванием сивушных масел с $ZnCl_2$. Э. у. от C_5H_{10} являются сырьем для производства соответствующих спиртов и их производных, используемых в качестве растворителей при фабрикации лаков и взрывчатых веществ и отчасти для синтеза душистых и лекарственных веществ; Э. у. переводят в спирты, поглощая их серной к-той и омывая затем образующуюся алкилсерную к-ту в водном растворе пропуская пар. При поглощении Э. у. подбирается такая концентрация H_2SO_4 , чтобы олефин абсорбировался с достаточной скоростью, но не

полимеризовался: для C_3H_6 берется 85%-ная, для бутиленов нормального строения $\sim 70\%$ -ная, для изобутилена—54%-ная кислота. При повышенном давлении поглощение ускоряется, но t° процесса д. б. снижена. Тип аппаратуры (на з-дах США и Франции)—лонная с насадкой, орошаемая H_2SO_4 при $t^\circ 5-10^\circ$. Возможна повидимому в промышленных размерах и прямая гидратация Э. у. в спирты (под высоким давлением, с катализаторами), но технология этих методов еще совершенно не разработана. Присоединением HCl к Э. у. получают хлористые алкилы $C_nH_{2n-1}Cl$; атом хлора при этом ориентируется по правилу Марковникова (становится к наименее гидрогенизованному атому C); реакция идет тем труднее, чем ниже мол. в. олефина. Иногда процесс удается провести в жидкой фазе, напр. в уксуснокислом растворе, обычно же его ведут в газообразной фазе при $t^\circ 20-200^\circ$, пропуская на катализатор (соли Sb или Bi на пемзе или асбесте) смесь олефина и HCl -газа. Выходящий из катализатора газ промывают водой и конденсируют охлаждением, иногда с компрессией, либо улавливают активным углем. Так получают хлористые этил, изопропил, вторичный и третичный бутил—промежуточные продукты для более сложных синтезов.

Наиболее употребительные способы получения Э. у. основаны на отщеплении двух атомов или групп от двух смежных углеродных атомов исходного вещества. Так, Э. у. получают: 1) действием спиртовой щелочи (отщепляющей галоидоводород) на моногалоидопроизводные, например:



2) действием цинковой пыли на α -двугалоидопроизводные в спиртовом растворе:



3) гидратацией спиртов—действием высокой t° или водородотщепляющих агентов (H_2SO_4 , P_2O_5 , $ZnCl_2$) или лучше всего каталитич. дегидратацией паров спирта (по Ипатьеву с помощью Al_2O_3 или других катализаторов (ThO_2 , $CaSO_4$, фосфаты Ca, Mg, Al). В технике Э. у. получают лишь двумя путями: а) каталитической дегидратацией спиртов (см. *Этилен*) и б) выделением соответствующих фракций из коксового газа, нефтяного газа, газов парофазного крекинга или крекированного натурального газа. Имеется также большое число патентов на способы (еще не реализованные) получения Э. у. из водяного газа, из дегтей и гудронов, остатков от крекинг-процесса, угольной пыли и других дешевых углеродистых материалов.

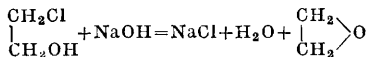
К Э. у. близко примыкают углеводороды, содержащие несколько двойных связей в молекуле. Наибольшее технич. значение имеют диэтиленовые углеводороды, или диолефины C_4H_6 , и именно те из них, к-рые содержат сопряженные двойные связи (C:C:C), благодаря чему они показывают аномальный ход реакций присоединения и особый механизм реакций полимеризации. О важнейших из диолефинов см. *Синтетический каучук*.

Лит.: Фрост А., «Журн. прикл. химии», 1930, т. 3, стр. 1069; Маркевич М. и Моор В., «НХ», 1930, стр. 604; Pratley W., «Journ. f. praktische Chemie», Lpz., 1903, Neue Folge, B. 67, p. 421; Trautz M. u. Winkler K., *ibid.*, 1922, B. 104, p. 44; Alhardy W., «Proc. a. Trans. of the Roy. Soc. of Canada», Montreal, Toronto, 1927, v. 21, p. 315; Ormandy W. a. Craven E., «J. Ch. I.», 1928, v. 47, p. 317; Vibaut J., Dickmann J., Rutgers A., «Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas», Leyde, 1928, série 4,

т. 9 (47), p. 477; S v a n n S., S n o w R. a. K e y e s D., «Ind. a. Eng. Chem.», Wsh., 1930, v. 22, p. 1048; Ан. П. 323748/1928.

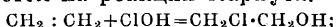
В. Яниновский.

ЭТИЛЕНХЛОРИДРИН, х л о р г и д р и н этиленгликоля, β -хлорэтиловый спирт, $C_2H_4Cl_2$, C_2H_4O —бесцветная жидкость со слабым характерным запахом; уд. в. $D_4^{15} = 1,2130$, $D_4^{20} = 1,1938$; $t_{кип}^{15} = 128,8^\circ$; $t_{пл.} = -69,0^\circ$; t° вспышки 54° ; показатель преломления $n_D^{20} = 1,4421$. С водой смешивается в любых отношениях; растворяется в спирте, бензоле и многих маслах. Водный раствор, содержащий 42,5% Э., имеет постоянную $t_{кип}^\circ = 97,8^\circ$. Пары Э. довольно ядовиты. Реакции Э. обусловлены гл. обр. подвижностью атома хлора в его молекуле. Водой даже при кипячении Э. гидролизуетс очень медленно; при нагревании с разбавленными щелочами он омыляется в этиленгликоль; концентрированные едкие щелочи переводят его в окись этилена по ур-ию



С аммиаком Э. дает этаноламин $NH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH$; с триметиламинон образует холин (при нагревании в спиртовом растворе). Действием KCN хлор обменивается на CN-группу и образуется нитрил β -молочной к-ты. При действии к-т этерифицируется спиртовый гидроксил Э. и получаются сложные эфиры.

П о л у ч е н и е. Для получения Э. можно исходить из этиленгликоля $C_2H_4(OH)_2$, насыщая его газообразным HCl при $t^\circ 150^\circ$ или действуя на него хлористой серой S_2Cl_2 или четыреххлористым кремнием $SiCl_4$; можно также действовать HCl-газом при охлаждении на окись этилена, растворенную напр. в хлороформе. Эти реакции применяются в лабораторной практике; последняя из них может иметь и технич. значение. Получение Э. в технике (из этилена) основывается на реакции Кариуса:



хлорноватистая к-та ClOH м. б. получена либо гидролизом хлора либо действием к-т (напр. CO_2) на гипохлориты кальция или натрия.

1. Герм. метод производства Э., применявшийся BASF, заключается в следующем. В освинцованный реактор с мешалкой и внутренним охлаждением загружается ~2N суспензия хлорной извести в воде; в нее при $t^\circ \sim 5^\circ$ пропускают поочередно небольшие количества CO_2 и этилена; под конец оба газа вводят одновременно, регулируя приток их т. о., чтобы все время имелся нек-рый избыток CO_2 . Осевший $CaCO_3$ отделяют на фильтр-прессе и получают раствор с содержанием 8—10% Э.; далее Э. отгоняют с паром, получая 18—20%-ный раствор; выход (по этилену) равен 70—80%. Позднейшее усовершенствование этого метода (по Фирцу) состоит в том, что этилен вводят в жидкость сквозь пористую глиняную диафрагму (под давлением): благодаря этому увеличивается поверхность соприкосновения между газом и жидкостью и удается сразу получать раствор Э. 18—20%-ной концентрации.

II. Другой метод исходит из гипохлорита натрия. Свежеприготовленный 5—7%-ный раствор NaOCl насыщают хлором при $t^\circ \sim 0^\circ$, причем образуется свободная ClOH по ур-ию: $NaOCl + Cl_2 + H_2O = 2HOCl + NaCl$. Полученный раствор переводят в охлаждаемый абсорбер и пропускают через него ток этилена: C_2H_4 и ClOH быстро взаимодействуют, образуя Э.; продукт реакции, содержащий еще нек-рое количество

NaOCl, направляется во второй абсорбер, где он повторно насыщается хлором (для разложения NaOCl) и остаточным этиленом из первого абсорбера. Жидкость, полученную из второго абсорбера, обрабатывают бисульфитом (для восстановления ионов ClO' и ClO_2), нейтрализуют мелом, фильтруют и получают 15—20%-ный раствор Э.

III. По методу Гомберга (1919 г.) газообразный хлор и этилен одновременно пропускают в воду при температуре $\sim 0^\circ$ и энергичном перемешивании. Синтез основан на гидролизе хлора с образованием ClOH и присоединении последней in statu nascendi к этилену; побочным продуктом является хлористый этилен, образующийся благодаря реакции $C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$. Необходимо избегать избытка хлора и поддерживать t° среды не выше 8° . Концентрацию получаемого раствора Э. на практике удается доводить до 7—8% (далее образуется слишком много $C_2H_4Cl_2$); выход Э.—до 92% теоретического. Полученный раствор Э. нейтрализуют и ректифицируют, доводя крепость его до ~40%. Реакция Гомберга протекает с большей скоростью в присутствии некоторых катализаторов ($CuCl_2$, $FeCl_3$). Для получения безводного Э. может быть применено экстрагирование его растворителями (эфир, бензол, CCl_4 , $C_2H_5Cl_2$) из раствора, предварительно насыщенного NaCl или Na_2SO_4 ; можно также переводить Э. действием щелочи в окись этилена, а последнюю—обработкой HCl обратно в Э. В СССР разработана оригинальная аппаратура для получения этиленхлоридина; производство его находится в стадии полужаводских испытаний.

П р и м е н е н и е. Э. является промежуточным продуктом для промышленного синтеза *этиленгликоля* (см.) и окиси этилена (о применении см. *Этилен*). Значительные количества Э. расходуются в производстве синтетич. индиг (способ BASF). Кроме того Э. служит материалом для получения ряда ценных растворителей (гликолевые эфиры) и нек-рых фармацевтич. препаратов (гликольмонобензоат, новокан); из Э. и галоид-магний-органич. соединений с помощью реакции Гриньяра м. б. синтезированы разнообразные первичные спирты. В военно-химич. деле Э. имеет большое значение как промежуточный продукт для получения *итрита* (см.) по способу Мейера. Сам Э. применяется в лаковом производстве как растворитель для ацетилцеллюлозы, смол и для основных и кислотных красителей. Пары Э. обладают свойством стимулировать вегетацию растений (окуренные Э. побеги распускаются раньше неокуренных), что может иметь практич. значение; в настоящее время уже ведутся опыты по применению Э. для ускорения вызревания картофеля и других культур.

Лит.: Г. П. 254858, 267205, 393566; Ф. П. 493541, 503975, 535210, 585104, 611434; Ан. П. 235044, 265259; Ам. П. 1446874, 1456916, 1456959, 1465595, 1496675, 1498781, 1498782, 1594608; Ш и л о в Е., «ЖХП», 1928, т. 5, стр. 1273; З а п а д н ы й М., там же, стр. 1426; е г о ж е, «Ж», 1928, т. 60, стр. 695; Л и б е р м а н Г., Химия и технология О. В., 3 изд., Л., 1932; C a r i u s L., «Ann. d. Chemie», Lpz., 1862, В. 124, p. 257, v. 1863, В. 126, p. 197; G o m b e r g M., «Am. Soc.», 1919, v. 41, p. 1414; В e r r y A., «J. Ch. I.», 1919, v. 38, p. 145 (Т); B r o o k s B., «Chem. a. Met. Engineering», N. Y., 1920, v. 22, p. 629; M o u r e u Ch. e t B r o w n, «Bull. de la Société chimique de France», P., 1920, série 4, т. 27, p. 901; C u r m e G. a. Y o u n g C., «Chem. a. Met. Engineering», N. Y., 1921, v. 25, p. 1091 a. 1999; U l r i c h A., «Metallber.», В., 1929, Jg. 19, p. 901, 957, 1013 (обзор патентов); B o z z a G. e M a n o l i L., «Giornale di Chimica industriale ed applicata», 1930, v. 12, p. 283; B o z z a G. e

Gallarat G., *ibid.*, 1931, v. 13, p. 163; Gram, «Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas», Leyde, 1931, série 4, t. 12 (50), p. 261. В. Янковский.

ЭТИЛОВЫЙ АЛКОГОЛЬ, этанол, метилкарбинол, винный спирт, C_2H_5OH , алкоголь алифатич. ряда; довольно распространен в природе. Найден в нек-рых растениях, в ряде животных тканей, в крови, в воде нек-рых источников, но во всех этих случаях найдены лишь следы его. Э. а. — бесцветная жидкость приятного запаха и жгучего вкуса, легко воспламеняющаяся и горящая голубоватым, слабо светящимся, не коптящим пламенем. $t_{кип}^{0}$ 78,5° при 760 мм, $t_{пл.}$ -117,3°; $D_4^{15} = 0,789$; $t_{пл.}$ 243,1°; критич. давление 62,96 атм; критич. объем 0,00713, критич. плотность 0,2755. Средняя теплоемкость жидкого Э. а. при 760 мм давления для $t^{\circ} 0-15^{\circ}$ 0,560, для $t^{\circ} 0-98^{\circ}$ 0,680; средняя теплоемкость парообразного Э. а. при постоянном давлении и $t^{\circ} 108-220^{\circ}$ 0,453 и при 350° 0,612. Теплота сгорания 2-моля жидкого Э. а. при постоянном давлении равна 328 Cal, при постоянном объеме 327,4 Cal. Теплота испарения на 1 г-моль при 0° равна 10,17 Cal, при 80° 9,50 Cal и при 100° 9,08 Cal. Упругость паров Э. а. при различных t° приведена в табл. 1.

Табл. 1. — Зависимость упругости паров Э. а. от t° .

t°	Упругость в мм Hg	t°	Упругость в мм Hg	t°	Упругость в мм Hg
-20°	3,31	30°	78,52	80°	812,91
-10°	6,17	40°	133,69	90°	1 189,30
0°	12,70	50°	219,90	100°	1 897,55
10°	24,23	60°	351,21	110°	2 337,64
20°	41,43	70°	511,15	150°	7 318,40

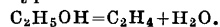
Э. а. сильно гигроскопичен; с эфиром, хлороформом, глицерином хорошо смешивается; в воде растворим во всех отношениях при одновременном выделении тепла и сжатии объема: 52 объема Э. а. и 48 объемов воды при $t^{\circ} 20^{\circ}$ дают 96,3 объема смеси. Э. а. является растворителем для многих органических соединений; абсорбирует газы (водород, кислород, азот, углекислоту и др.) в больших количествах, чем вода. Зависимость уд. в водных растворах Э. а. от концентрации см. *Алколометрия*. Свообразный запах обычных сортов Э. а. — спирта-сырца, получаемого перегонкой затвор, — обусловлен примесями (см. *Винокурение и Сивушные масла*). В табл. 2 указаны $t_{кип}^{0}$ разбавленных водных растворов Э. а. и содержание Э. а. в парах, полученных при соответствующей t° .

Табл. 2. — Зависимость $t_{кип}^{0}$ водных растворов Э. а. от содержания C_2H_5OH в растворе.

$t_{кип}^{0}$	Содержание C_2H_5OH в вес. %		$t_{кип}^{0}$	Содержание C_2H_5OH в вес. %	
	в первоначальном растворе	в парах		в первоначальном растворе	в парах
79,1	85,5	83,3	83,85	34	72,5
79,55	79	86	86,2	23	67,7
80,1	71	82	89,6	11,2	54
81,75	63	79,6	92,6	8	46,3
81,6	53	77,3	98,2	1,5	14,75
82,65	43	71,9	99	0,8	8,72

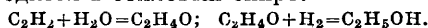
Химич. свойства Э. а. — общие для всех первичных *алкоголей* (см.). При нагревании с серной к-той, хлористым цинком, а также при

пропускании его паров через нагретую окись алюминия Э. а. дает простой эфир либо образует этилен по ур-ию



Получение Э. а. может быть различными способами, которые обыкновенно применяются для приготовления первичных *алкоголей*. Наиболее важный способ его получения в промышленном масштабе основан на *брожении* (см.), причем исходными материалами служат вещества, содержащие крахмал или сахар (см. *Винокурение*). Э. а. может быть получен и из древесины, вернее из целлюлозы дерева; для этого предварительно производится осахаривание целлюлозы действием к-т; образовавшиеся углеводы подвергают брожению.

Э. а. может быть получен также синтетически. Еще в начале 19 века Фарадей установил, что этилен C_2H_4 поглощается горячей серной кислотой, а Геннель в 1828 г. доказал, что эти оба вещества образуют этилсерную к-ту, при гидролизе распадающуюся на серную к-ту и Э. а. Бертелло в 1855 г. подтвердил эти работы и указал на возможность синтеза Э. а. из ацетилена (через этилен). Получение Э. а. из ацетилена проводится т. о., что ацетилен, получаемый из карбида кальция, гидратируется в уксусный альдегид, а последний с помощью водорода переводится в этиловый спирт:



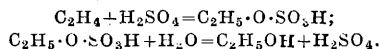
Этот метод был осуществлен в заводском масштабе фирмой Люнца, к-рая в 1917 г. построила з-д в Виспе (Швейцария) мощностью 75 000 т 100%-ного спирта в год. Работа ведется следующим образом. Освобожденный от примесей ацетилен направляется в сосуд с механич. мешалкой, наполненный горячей водой, к-рую подкисляют серной к-той и прибавляют в качестве катализатора ртутную соль. Образующиеся пары ацетальдегида ($t_{кип}^{0}$ 20,8°) удаляются вместе с избыточным ацетиленом и сгущаются в холодильнике. Сконденсированный ацетальдегид снова испаряют и подвергают восстановлению большим избытком водорода, употребляя в качестве катализатора тонко измельченный металлич. никель, осажденный на поверхности пористого зернистого тела. На 1 л зерен катализатора должно получаться 1 кг спирта в день. Получившиеся в результате процесса пары Э. а., а также ацетальдегида и избыточного водорода пропускают в холодильник, где происходит конденсация Э. а. Сгустившийся Э. а. и ацетальдегид выпускают из холодильника в жидком виде, а водород направляют на восстановление альдегида. Э. а. подлежит очистке путем перегонки: кроме ацетальдегида он содержит также аммиачные, сернистые и мышьяковитые соединения и другие примеси. BASF применяла в качестве катализатора тонко измельченную медь, полученную восстановлением при $t^{\circ} 200-250^{\circ}$. Табл. 3 дает сравнительные расхеды сырья и угля, необходимого для производства пара и силовой энергии, для получения 1 т спирта.

Табл. 3. — Расход сырья и угля на 1 т Э. а.

Сырье	Сырье в т	Уголь в т	Энергия в kWh	Водород в м³
Кальций-карбид	2,5	0,5	107	650
Этилен	1,0	0,5	—	—
Картофель	12,0	2,5	—	—
Злаки	4,5	2,0	—	—
Сахарная свекла	15,0	1,0	—	—

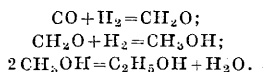
В Германии спирт из ацетиленов изготовлялся в крупном масштабе BASF в 1920/21 г. и A. Waker Gesellschaft (в Бурггаузене) в 1922—1924 гг. Максимальная выработка составляла в 1923/24 г. 3 241 т.

Получение Э. а. из этилена основано на том, что при взаимодействии этилена и серной к-ты получается этилсерная кислота, которая при нагревании с водой дает этиловый спирт и серную кислоту:



В технике в качестве источника этилена используют газы коксовых печей, содержащие в среднем 2—3% этилена, или светильный газ, содержащий 4% этилена. Первой операцией при этом способе получения Э. а. является освобождение этилена от посторонних примесей (олефинов, бензола, нафталина и др.) путем промывания антраценовым маслом или путем дробного ожигания газов коксовых печей и осушки газа. Следующая операция, поглощение этилена крепкой серной к-той (66° Вё), производится в присутствии катализатора, с целью повышения степени поглощения этилена. Лучшим катализатором является сернокислое серебро в количестве 1—2%. Повышению поглощающей способности серной к-ты способствуют сильное перемешивание и повышение t° и давления; этилсерную к-ту разбавляют двух-трехкратным количеством воды и расщепляют нагреванием на серную к-ту и Э. а., к-рый затем отгоняют и собирают. Расход серной к-ты составляет 3 кг на 1 кг Э. а. Серная к-та восстанавливается почти полностью, но с пониженной концентрацией, почему для повторного использования ее регенерируют выпариванием. В настоящее время Э. а. из этилена производится фирмами Compagnie des Mines de Béthune (Франция) и Carbide and Carbon (США). Завод первой фирмы работает на газах коксовых печей, причем одновременно улавливается и водород, содержащийся в газах, к-рый перерабатывается в аммиак; отработанная серная к-та используется для производства сульфата аммония; ежедневно производится 4 т Э. а.; выход 6,5—10,8 л Э. а. на 1 т угля.

Получение синтетич. Э. а. может быть осуществлено также непосредственно из углерода, через формальдегид и метиловый спирт:



В технике этот способ пока еще не осуществлен.

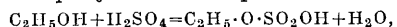
Применение Э. а. В большом количестве Э. а. идет на приготовление спиртных напитков; разбавленные растворы Э. а. действуют опьяняюще, крепкий Э. а.—яд. Э. а. находит большое применение в технике как исходное сырье для приготовления химич. продуктов, напр. уксусной к-ты, диэтилового эфира и др. Э. а. применяется как растворитель для экстракции и кристаллизации, для приготовления лаков, при фабрикации анилиновых красок, синтеза органич. красок и фармацевтич. препаратов, для приготовления экстрактов и взрывчатых веществ и т. д. (см. *Растворители*). Э. а. приобретает все большее значение как горючее для двигателей внутреннего сгорания и для спиртокалильного освещения. Этиловый спирт, предназначенный для технических целей, предвременно денатурируют (см. *Денатурация*).

В последнее время Э. а. применяется как исходный продукт для получения синтетич. каучука (по способу акад. Лебедева); см. *Синтетический каучук*. Г. Фертман.

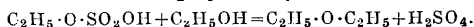
Лит.: см. *Винокурение*.

ЭТИЛОВЫЙ ЭФИР, $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$, называемый часто просто эфиром или серным эфиром (последнее название является неправильным).—бесцветная, легкоподвижная и чрезвычайно летучая жидкость своеобразного запаха с уд. в. 0,714 (при 20°) и $t_{\text{пл.}}$ 34,5°. При -129° Э. э. затвердевает в кристаллич. массу, к-рая плавится при $-117,4^\circ$. По химич. строению Э. э. принадлежит к простым эфирам (см.). 1 г эфира растворяет при 15—20° 0,023 г H_2O ; 1 г H_2O растворяет при 20° 0,04 г Э. э. Слабые следы спирта значительно увеличивают растворимость воды в эфире. Водная вытяжка Э. э. имеет нейтральную реакцию. Э. э. смешивается во всех отношениях с ацетоном, спиртом, петролейным эфиром, бензолом, эфирными маслами и другими растворителями, а также с крепкой HCl , H_2SO_4 и жидкой CO_2 . Э. э. растворяет также многие неорганич. вещества (иод, бром, хлорное железо, иодистую ртуть и др.) и дает кристаллич. соединения, напр. с хлорным оловом, титаном, алюминием и т. д. В присутствии платиновой черны, CrO_3 или HNO_3 Э. э. окисляется в уксусную к-ту. Пары Э. э. имеют большой уд. в. (2,56 по отношению к воздуху), низкую t° вспышки (-40°) и образуют с воздухом взрывчатые смеси; так, взрывчатыми свойствами обладают смеси, содержащие в 1 м³ воздуха 35—200 г Э. э. Вследствие этого Э. э. является чрезвычайно огнеопасным материалом, к-рый требует при работах с ним особых мер предосторожности.

Технич. способы получения Э. э. основаны гл. обр. на реакции этилового (винного) спирта с конц. H_2SO_4 . Реакция протекает в две фазы: сначала образуется этилсерная к-та

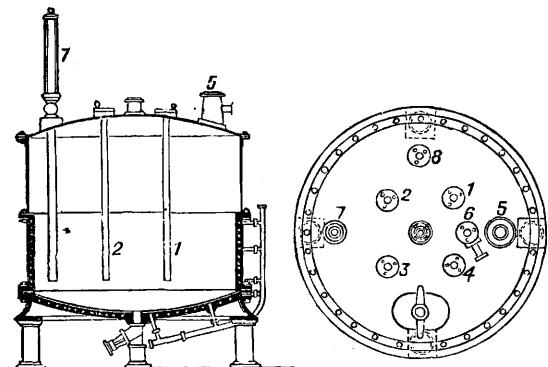


к-рая при нагревании с новой молекулой спирта дает Э. э. и серную к-ту:



Серная к-та в процессе получения Э. э. играет так. обр. роль катализатора, т. е. количество ее теоретически до и после реакции остается постоянным. Однако во время работы приходится добавлять свежую к-ту, потому что помимо основной реакции происходят побочные, напр. нек-рая часть спирта окисляется и восстанавливает H_2SO_4 в SO_2 . В последнее время найдено, что образование Э. э. протекает быстрее, если к H_2SO_4 прибавить некие сернокислые соли, напр. сернокислый алюминий. Еще лучшие результаты получаются при замене серной к-ты ароматич. сульфокислотами, напр. бензолсульфокислотой. Для получения Э. э. применяются железные оцинкованные кубы, снабженные паровой рубашкой или змеевиком для нагревания и трубой, проходящей внутрь куба для подачи спирта. Верхняя крышка плотно привинчивается к боковым стенкам куба при помощи болтов и снабжается шлемом для удаления образующихся паров Э. э. и воды. Такие аппараты при работе с перегретым паром часто подвергаются повреждениям и не являются вполне безопасными, поэтому в настоящее время применяются перегонные кубы из твердого литого свинца, у к-рых змеевик устроен в самом дне и отчасти в боковых стенках куба (фигура). Подача спирта производится при

помощи четырех (или более) вертикальных трубок 1—4, кроме того на крышке куба помещаются штуцеры: 5—для выходящих паров, 6—для удаления воздуха и 7 и 8—для термометра и манометра. Для получения Э. э. применяется смесь из 5 ч. 90%-ного спирта и 9 ч. конц. H_2SO_4 , нагретая до 130—140°. Образование Э. э. начинается уже при 98°; пары Э. э. и воды поступают в холодильник, откуда получаема жидкость, «сырой эфир», стекает в приемник. В то же время по трубкам 1—4 в куб подают



понежному новые порции спирта, и т. о. процесс получения Э. э. продолжается безостановочно. При перегонке наблюдают, чтобы t° в кубе не падала ниже 130°, т. к. при этом перегоняются большие количества неизменного спирта, и не превышала 140°, т. к. иначе происходит большая потеря спирта вследствие образования этилена. Сырой Э. э. содержит гл. обр. следующие примеси: воду, спирт, сернистую к-ту, а также небольшие количества альдегидов, кетонов и уксусной к-ты. Для удаления сернистой и других к-т Э. э. обрабатывают в барабанах, снабженных мешалками, раствором соды или известкового молока, после чего Э. э. поступает для отделения воды и спирта в ректификационную колонну. Полученные после фракционированной перегонки пары Э. э. сушатся $CaCl_2$ и конденсируются в холодильнике. Т. о. получается технич. Э. э. крепостью ок. 98 и более %, с $t_{кип.}$ 34—35°. Остаток из ректификационной колонны, состоящий из разбавленного спирта, подвергается дистилляции, и полученный 90%-ный спирт снова применяется для получения Э. э. Чистота технич. Э. э. определяется по уд. в. и $t_{кип.}$ Уд. в. различных сортов колеблется 0,720—0,735. Главные примеси, повышающие уд. в.,—вода и спирт. Для наркоза и нек-рых химич. исследований требуется совершенно чистый продукт, т. н. а б с о л ю т н ы й Э. э. Для получения его технич. эфир промывают водой, сушат и подвергают еще раз фракционированной перегонке над известью или плавленным $CaCl_2$ (раньше для этого применяли также тонко нарезанные кусочки металла, натрия). Присутствие влаги в Э. э. определяют при помощи обезвоженного медного купороса или по появлению мути при смешивании равных объемов Э. э. и CS_2 , присутствие спирта—по реакции на иодоформ. Абсолютный Э. э. не должен окрашиваться после прибавления раствора уксуснокислого розанилина. Кроме обычного способа получения Э. э. могут быть применены также и другие способы, напр. пропускание паров спирта над окисью алюминия при 240—260° или над катализатором, приготовленным из обожжен-

ных квасцов, при 200—230°, а также из этилена путем обработки последнего H_2SO_4 ; образовавшаяся этилсерная к-та разлагается при нагревании с водой на Э. э., H_2SO_4 и др.

Э. э. принадлежит к одним из наиболее летучих растворителей; при сравнении различных растворителей летучесть его принимают за единицу. Испарение эфира сопровождается сильным понижением t° , благодаря чему он применяется для получения быстрого охлаждения. При вдыхании паров или принятии Э. э. внутрь сначала усиливается деятельность сердца, затем появляется состояние опьянения и наконец полный наркоз. Поэтому совершенно чистый Э. э. употребляется в медицине при хирургич. операциях, для приготовления препаратов (гофманские капли) и других целей. Э. э. является прекрасным *растворителем* (см.) для жиров, масел и многих других органич. веществ и потому нередко применяется в технике и в лабораториях для экстракции, кристаллизации, растворения и т. д. В смеси с этиловым спиртом Э. э. употребляется для приготовления коллодия. Кроме того большие количества Э. э. применяются в производстве искусственного шелка по способу Шардонэ и в производстве бездымного пороха. При хранении особенно на свету, Э. э. часто разлагается с образованием винилового спирта и перекисей. Последние во время перегонки Э. э. могут причинять взрывы. В виду этого хранить Э. э. следует в темном и холодном месте.

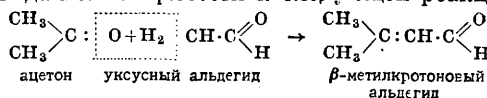
Лит.: Thorpe E., Dictionary of Applied Chemistry, v. 2, p. 663. L., 1927; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 1, p. 746, B.—Wien, 1928. П. Чернини.

ЭФИРНЫЕ МАСЛА, смеси *душистых веществ* (см.), продукт жизнедеятельности растений, добываемые из последних при помощи различных физико-химич. процессов, не изменяющих в основном характера и соотношения химич. индивидуумов, входящих в их состав. Э. м. служат сырьем для получения изолированных и синтетич. душистых веществ и применяются в тех же отраслях народного хозяйства, как и душистые вещества. Э. м. являются продуктом главн. обр. явобрачных растений. Семейства хвойных, губоцветных, зонтичных, крестоцветных, лавровых и миртовых относительно богаты Э. м.; из 950 наиболее подробно изученных на эти 6 семейств падает ок. 500. В распределении Э. м. по различным органам растений имеется большое разнообразие. Э. м. содержат: 1) цветы (масла: розовое, ромашковое); 2) цветочные почки (масла: гвоздичное, цитварное); 3) плоды (масла: тминное, анисовое, хвойных шишек и др.); 4) корки плодов (масла: лимонное, апельсиновое, бергамотное); 5) семена (масла: горькоминдальное, мускатное); 6) листья (масла: мятное, эвкалиптовое, гераниевое, хвойное, лавровое и др.); 7) листовые почки (масло тополевое); 8) все травянистые части (масло лимонного сорго и др.); 9) древесина (масла: камфорное, санталовое, линалое и др.); 10) кора (коричное масло); 11) корни или корневища (масла: айрное, ирисовое); 12) патологич. выделения растений, напр. живица (герпентин), вытекающие из поранений на стволах хвойных, нек-рые балзамы. Нередко растение содержит Э. м. в различных частях, но б. ч. одна из них является наиболее богатой им, т. к. накопление масла происходит в определенных органах. Количественное содержание Э. м. в различных растениях сильно колеблется, например гвоздика (*Eugenia caryophyllata*) содержит 16—18% и

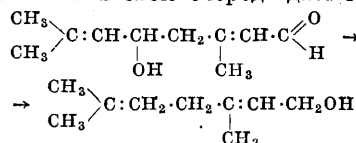
даже до 23%, роза 0,03%, резеда только ок. 0,003%. Анатомич. распределение Э. м. в растении неоднородно: Э. м. может быть распределено по всей ткани растения, и накопление его в этом случае не ограничено определенным местом—оно может содержаться и в клеточном соке и в плазме растения в растворенном виде (омницеллюлярное распределение). Обычно в этих случаях Э. м. имеется в виде глюкозидов, как напр. в миндале (горькоминдальное масло), в ванили, в листьях лавровишни (лавровишневое масло); кумарин также обычно присутствует в виде глюкозида. В большинстве случаев Э. м. сосредоточено в определенных местечках. Вместилищем, содержащим Э. м., являются часто клетки эпидермиса (экзогенное распределение), напр. у розы. При накоплении масла между кутикулой и эпидермисом образуются «смоляные пятна». Чаще всего однако Э. м. встречается в виде накопления в специальных клетках и полостях. Одним из наиболее распространенных видов являются железистые волоски, развивающиеся из клеток эпидермиса. Развитие их м. б. направлено в сторону кутикулы или внутрь ткани. Другой случай локализации Э. м.—эндогенный, при к-ром образование вместилища Э. м. и накопление его происходит в самой ткани растения. При наиболее частом способе образования вместилища—схизогенном—клетка делится на 4 части, и между новыми клетками образуется пространство, постепенно наполняющееся сначала резиногенным слоем, а затем Э. м. В данном случае могут образовываться либо б. или м. правильной шаровидной формы вместилища либо масляные каналы (напр. в плодах зонтичных). При лизогенном образовании, всегда почти связанном с предварительным схизогенным процессом, часть клеток, окружающих образующуюся полость, растворяется, и получающееся вместилище заполняется Э. м. (напр. в корке лимона).

Очень редко Э. м. состоит только из одного химич. соединения, как это наблюдается напр. при образовании ванилина в стручках ванили. В большинстве случаев в состав Э. м. входят многочисленные химич. индивидуумы, обычно же преобладает одно или несколько веществ, напр. в горькоминдальном масле бензальдегид составляет ок. 99%, в анисовом масле анетол—ок. 90%, в скипидарах пинен—до 90% и т. д. Но нередко такого явного преобладания одного определенного соединения нет, и Э. м. состоит из многих соединений в приблизительно равных количествах. Иногда удается проследить некое постоянство в составе для близких видов одного и того же рода, напр. в семействе зонтичных. В случае перенесения растения в другие условия, в другой климат, в большинстве случаев получается масло того же состава, но количественное соотношение отдельных составных частей может значительно меняться. Однако в ботанически близких видах можно наблюдать и очень резко выраженное различие в составе масел, напр. лаванда настоящая и лаванда сика (*Lavandula vera*, *L. spica*) дают масла, резко различающиеся по составу. В разных частях одного и того же растения накапливаются часто масла неоднородные, напр. цейлонская корица (*Cinnamomum zeulanicum*) в коре содержит масло с преобладанием коричневого альдегида, в листьях—с преобладанием эвгенола, а в корнях с преобладанием камфоры. Изучение процессов образования Э. м. до последнего времени не дало ясного ответа на во-

прос о его химизме, хотя разрешение его имеет большое практич. значение. Динамика образования Э. м. связана с качественным и количественным изменением его составных частей, и поэтому наиболее благоприятный момент использования сырья для переработки при отсутствии строго установленных данных определяется эмпирически. Обычно соединения, входящие в состав Э. м., находятся во взаимной генетич. связи. Особенно часто наряду со спиртами встречаются соответствующие им эфиры, альдегиды или кетоны, наряду с ненасыщенными спиртами—их насыщенные аналоги. В мятном масле ментол встречается наряду с его углекислым и изовалериановым эфирами и соответствующим ему кетоном—ментоном. Гераниол и цитронеллол очень часто встречаются одновременно, иногда в сопровождении цитраля. Можно допустить, что для образования Э. м., в состав к-рых в огромном большинстве случаев входят лишь соединения, состоящие из углерода, водорода и кислорода, исходным веществом могут служить углеводы. Черигелли объясняет образование Э. м., допуская в растении реакции отщепления воды, восстановления и затем реакцию, к-рая приводит к образованию циклич. соединений. Действительно первая реакция—отщепление воды от углеводов—может приводить к альдегидам и спиртам. Реакция восстановления может обуславливать переход от альдегидов и спиртов соответственно к спиртам и углеводородам. Возможно также, что образование к-т обусловлено процессами окисления альдегидов, к-рые являются вторичными продуктами, образующимися из углеводов. Вещества, служащие исходными для построения составных частей Э. м., являются продуктами регрессивного обмена веществ (Симпсон). При этом остается неиспользованным целый ряд соединений с простейшей группировкой углеродных атомов (уксусная к-та, ацетон, ацетальдегид, этиловый спирт и др.), к-рые при помощи реакций конденсации или восстановления дают вещества, составляющие Э. м., напр. конденсация ацетона и ацетальдегида может привести к следующей реакции:



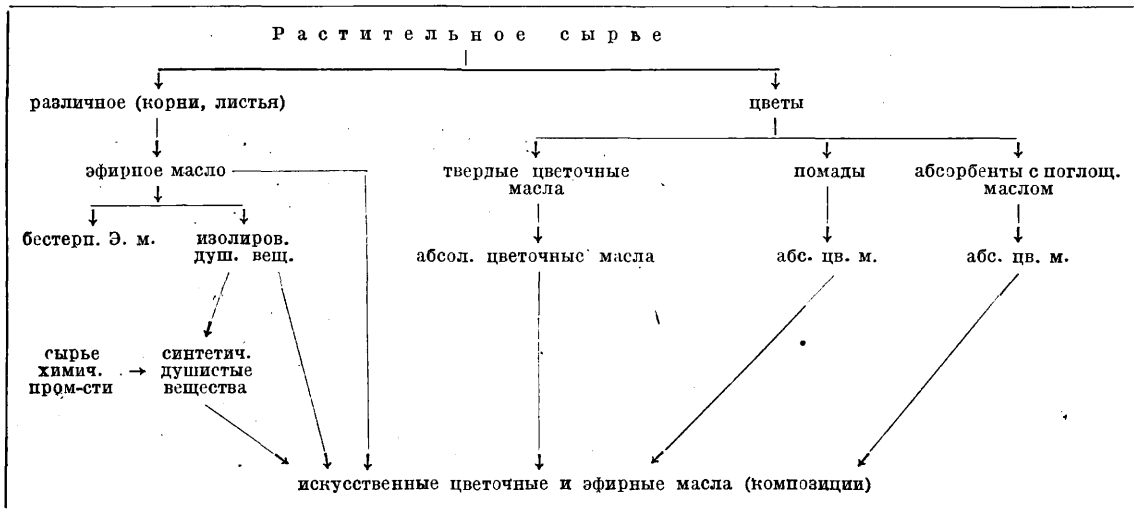
Последнее соединение при альдольной конденсации дает промежуточный продукт, к-рый при восстановлении в свою очередь дает гераниол:



Франчесconi, Манфреди и Астенго принимают за исходное вещество изовалериановый альдегид, две молекулы к-рого при конденсации дают изомер цитронеллала, а последний может переходить в цитронеллол и родинол. От цитронеллала мыслим легко переход к гераниолу или к изопулеголу, а от последнего к изопулегону и дальше к ментолу. Возможно также, что для образования Э. м. могут служить исходным продуктом белковые соединения. Эрлихом доказано, что при брожении из аминокислот образуются сивушные масла, в к-рых кроме спиртов имеются альдегиды. Все эти процессы в растении энзиматического порядка.

Основным технологич. приемом для получения дешевых и наименее химически активных Э. м. является перегонка с водяным паром, т. е. процесс, основанный на свойстве двух смешивающихся и взаимнонерастворимых веществ перегоняться при t° более низкой, чем $t^\circ_{\text{кип.}}$ наиболее летучего компонента. Для ряда натуральных душистых веществ однако этот способ оказывается слишком грубым, т. к. в одних случаях он обуславливает потери растворимых в воде соединений, в других— t° при отгонке с водяным паром слишком высока и вызывает химич. изменения Э. м., в третьих—общий характер запаха Э. м. зависит от наличия трудно летучих соединений, не отгоняющихся с водяным паром. В этих случаях, б. ч. при переработке цветов (фиалки, мимозы и т. д.), применяется специальный способ экстракции легко летучими органич. растворителями. Пока не удалось еще подобрать растворителя, к-рый извлекал бы исключительно Э. м., и поэтому в результате экстракции получают твердые цветочные масла, содержащие кроме душистых веществ ряд других побочных продуктов: воски, жир, смолы, красящие вещества. Путем дальнейшей обработки этих твердых цветочных масел можно извлечь и выделить в чистом виде всю сумму душистых

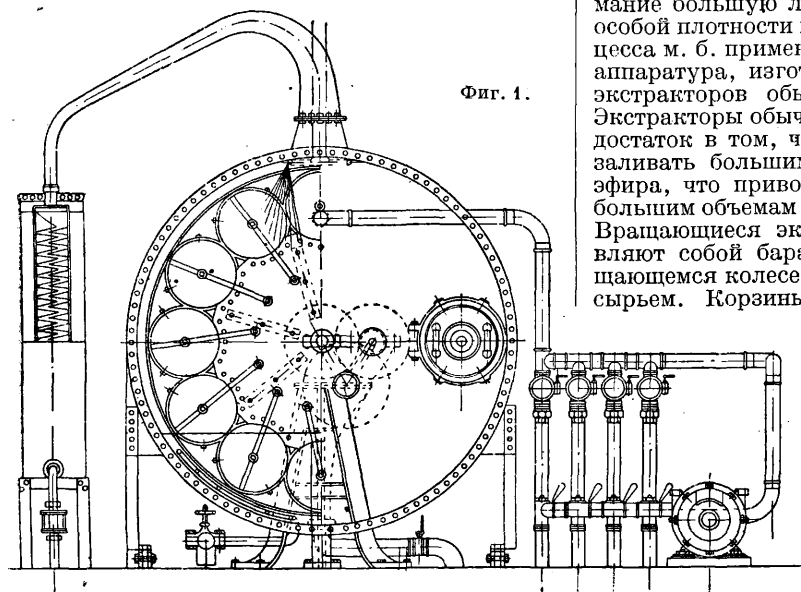
сла, применение же других абсорбентов (активированного угля, силикагеля) только начинает применяться. При применении для поглощения Э. м. животных жиров в результате процесса получаются п о м а д ы, из к-рых специальной обработкой спиртом извлекаются а б с о л ю т н ы е цветочные масла (отличные по качеству от указанных выше). Помимо этого существуют специальные продукты, к-рые содержат не только душистые соединения, но и смолистые вещества, нелетучие с паром, к-рые, не меняя заметного запаха Э. м., увеличивают его стойкость. Эти продукты, известные под различными названиями (резинаромы, резиноиды и т. д.), получают *экстракцией* (см.) и содержат вещества (смолы), фиксирующие запах. Извлеченные из сырья Э. м. в большинстве случаев подвергаются очистке—р е к т и ф и к а ц и и и переработке с целью извлечения наиболее ценных душистых веществ (и з о л и р о в а н н ы е душистые вещества) или переработке с целью удаления менее ценных по запаху составных частей (б е с т е р п е н н ы е масла). Путем смешивания душистых веществ и Э. м. (или их составных частей) получают искусственные Э. м., по запаху воспроизводящие натуральные продукты. Схематически взаимная связь м. б. показана след. обр.:



веществ, к-рые в этом виде носят название а б с о л ю т н ы х цветочных масел, обычно составляющих сотые и тысячные доли % от сырья. Когда душистые вещества связаны в форме глюкозидов, для их выделения требуется предварительное расщепление этих соединений—*ферментация*. Частным случаем такого нахождения и выделения Э. м. является переработка цветов способом *поглощения*, или *анфлеража* (см.). Возникновение этого способа основано на наблюдении, что некр-ые цветы, будучи сорваны, еще долго сохраняют свои пахучие свойства и выделяют Э. м. Это выделение столь велико, что при опытах Гессе с жасмином ему удалось уловить примерно десятикратное количество Э. м. по сравнению с находившимся в цветке в момент сбора. Т. о. третий способ, применяемый для извлечения Э. м. из сырья, основан на ферментативных процессах и абсорбции. До последнего времени в качестве абсорбента применялись животные жиры, значительно реже—растительные жирные ма-

Аппаратура, применяемая для получения Э. м. перегонкой с водяным паром, не отличается сложностью и состоит из перегонного куба, холодильника и приемника (*Флорентинские склянки*, см.). Материалом для изготовления куба служит железо или медь, верхняя крышка (шлем), хобот и холодильник делаются из меди, луженой чистым оловом. Применяться могут и другие металлы, устойчивые против органич. к-т (алюминий, никель). Форма перегонных кубов бывает коническая и цилиндрическая ($H : D = 1 : 1,3$). Первая применяется почти исключительно для переработки рыхлого семенного сырья, для выгрузки к-рого служит боковой люк, а для загрузки—загрузочный люк в шлеме. В СССР такие кубы имеются на Алексеевском заводе Э. м. (ЦЧО) емкостью ок. 3500 л (что соответствует загрузке 1 т кориандрового семени). Эти кубы позволяют осуществить механизацию загрузки и выгрузки при помощи шнеков и элеваторов для семенного сырья. Наиболее распространенный тип

кубов в СССР—цилиндрические емкостью в 1 000 и 1 500 л. Эти кубы делаются двух основных типов, в зависимости от основного перерабатываемого сырья,—с выгрузными корзинами и опрокидывающиеся; в первом случае сырье заранее загружается в корзину (железный цилиндр с дырчатым дном). Кроме того в кубах, предназначенных для переработки герани, имеется на половине высоты промежуточное сетчатое дно, т. ч. сырье фактически расположено в корзине двумя слоями, что предохраняет от большого уплотнения сырья при пропуске пара. Третий тип кубов, осуществляемый у нас в Союзе, также цилиндрический емкостью ок. 5 000 л. Особенностью этого куба является приспособление для разгрузки через откидную крышку в дне куба, имеющем слегка конич. форму. За границей очень ходовым размером куба является 10 000—12 000 л. Размеры куба находятся в зависимости от свойств сырья и в первую очередь от его способности слеживаться



Фиг. 1.

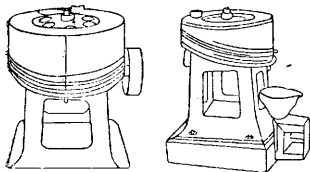
и тем самым затруднять равномерное проникновение пара через всю толщу сырья. Наиболее распространены два типичных цилиндрич. куба: с трубчатым холодильником и загрузочной корзиной и перевортывающийся с гидравлич. затвором, барботером для острого пара, змеевиком для глухого пара. Холодильники применяются двух основных типов—змеевикового и трубчатого; первый пользуется большим распространением из-за легкости и простоты изготовления; змеевики холодильников обычно сделаны из красной меди, вылуженные внутри оловом. Флорентинский сосуд представляет отстойник, из к-рого при помощи сифонной трубки непрерывно стекает вода, отделяющаяся от Э. м. вследствие взаимной нерастворимости и разности уд. в. (см. *Флорентинские склянки*). При получении Э. м. отгонкой с водяным паром получают два основных вида отходов: отработанное сырье и перегонные воды. Из семенного сырья (например анис, кориандр) дальнейшей переработкой можно получить жирное масло. Остатки же после извлечения этого масла представляют интенсивный корм для животных. Травянистое сырье может, в зависимости от местных условий, иметь различ-

ное использование: как удобрение для плантаций душистых растений, как корм для скота (непосредственно или в силосованном виде), как топливо в высушенном или брикетированном виде, наконец часть из этого сырья м. б. использована дальнейшей переработкой, напр. на волокно (лимонное сорго), на дубитель (эвкалиптовый лист) и т. д. Потери масла с перегонными водами могут достигать в среднем 6% от полученного масла. Извлечение масла до последнего времени осуществлялось вторичной отгонкой ок. 10% воды (когобацией). Этот способ мало экономичен, поэтому разрешение вопроса необходимо искать либо в непрерывно действующих аппаратах с одновременным использованием тепла холодильников либо в применении специальных абсорбентов, к-рые удерживали бы масло при пропускании через них воды (напр. уголь). Экстракция Э. м. или цветочных масел, осуществляемая при помощи петролейного эфира, требует, принимая во внимание большую летучесть этого растворителя, особой плотности во всех частях. Для этого процесса м. б. применена обычная экстракционная аппаратура, изготовляемая из меди. Размеры экстракторов обычно не превышают 500 л. Экстракторы обычного типа имеют большой недостаток в том, что сырье (цветы) приходится заливать большим количеством петролейного эфира, что приводит к большим потерям и к большому объемам растворителя в производстве. Вращающиеся экстракторы (фиг. 1) представляют собой барабан, внутри к-рого на вращающемся колесе имеются гнезда для корзин с сырьем. Корзины с сырьем вставляются

в гнезда через специальный люк. Когда все корзины (ок. 12) вставлены в гнезда, в барабан накачивается приблизительно на четверть его высоты петролейный эфир, и внутреннее колесо, на оси к-рого имеется привод, начинает вращаться. При этом корзины по очереди окунаются в петролейный эфир, и цветочное масло как бы вымывается из них. По истечении положенного для экстракции времени петролейный эфир спускается в отгонный куб, а в барабан впускается пар через трубу, лежащую на его дне, и т. о. отгоняются остатки петролейного эфира. Последний конденсируется вместе с водой в холодильнике и отделяется отстаиванием. По окончании отгонки паром из трубы у верхнего края барабана вбрызгивается холодная вода для охлаждения корзин, привод останавливается, и корзины по очереди выгружаются. Способ *англеранжа* (см.) вытесняется *экстракцией* (см.), однако широкое применение должен получить в качестве абсорбента активированный уголь с применением аппаратуры, приспособленной для улавливания из воздуха паров растворителей.

В тех случаях, когда Э. м. находится в достаточно крупных вместилищах, расположенных близко к наружной поверхности, применяются механич. способы извлечения Э. м. или выжимание. Таким путем добываются *агрумовые масла* (см.), в частности лимонное, апельсиновое и бергамотное. В простейшем случае выжимание осуществляется вручную, для чего корки плодов мнутся руками, а выступающие при этом на поверхность капельки Э. м. собираются спе-

циальной губкой. Механизация процесса основана на применении машин принципа шаровой мельницы, причем от ударов плодов друг о друга Э. м. выступает наружу и при помощи струи воды смывается. Другой, более распространенный, тип машин основан на повреждении поверхности плодов при помощи рифленых пластин различной формы, для того чтобы разор-



Фиг. 2.

вать вместилища Э. м. На фиг. 2 изображен тип машины для получения этим способом Э. м. В барабане, напоминающем центрифугу, быстро вращается горизонтальная рифленая пластина, к которой через отверстия—гнезда—неподвижной крышки барабана прижимаются перерабатываемые плоды; стекающее с них Э. м. под действием центробежной силы отбрасывается к наружным стенкам барабана, по к-рым стекает в сборник.

Химич. состав Э. м. чрезвычайно разнообразен как по числу компонентов, так и по их химич. природе. В отдельных маслах установлено присутствие 40 и более химич. индивидуальных. Главная масса составных частей масла относится к *терпенам* (см.) и терпеновым соединениям. Из углеводов этого ряда в Э. м. встречаются алифатические терпены (мирцен (мирцен, оцимен), моноциклические (лимонен, дипентен, фелландрен, терпинен и др.) и бициклические (пинен, пинипен, камфен, карен) терпены и алифатические (сесквицитронеллен), моноциклические (бисаболен, цингиберен), бициклические (кадилен, кариофиллен, селинен, зудесмен и др.) и трициклические (сантален, цедрен, гурьюнен, лонгифолен, копаен и др.) сесквитерпены. Большую ценность в смысле запаха имеют входящие в состав Э. м. спирты терпенового ряда—алифатические (линалоол, гераниол, нерол, цитронеллол), моноциклические (терпинеол, терпинеол, дигидрикаревол, ментол) и бициклические (сабинол, пинокарвеол, миртенол, борнеол, туйлоловый и фенхиловый), а также спирты сесквитерпенового ряда (неролидол, фарнезол, санталол и др.). Характерный запах Э. м. часто зависит от наличия в нем альдегидов терпенового ряда (цитраль, цитронеллаль, перилловый) и кетонов (карвон, вербенол, пулегон, туйон, камфора, фенхон, ментон, пиперитон, ирон и др.). Большое значение для запаха имеют также сложные эфиры указанных выше спиртов с к-тами жирного ряда (уксусной, масляной и изовалериановой). Менее распространены в Э. м. соединения ароматического (бензолового) ряда, из к-рых наибольшее значение имеют спирты (бензиловый, фенилэтиловый, коричный), альдегиды (бензальдегид, куминальдегид, фенилацетальдегид, коричный, анисовый, ванилин и др.) и фенолы или эфиры фенолов (тимол, карвакрол, метилхавикол, анетол, эвгенол, метилэвгенол, сафрол, миристицин, азарон, апиол и др.).

По внешнему виду Э. м. в большинстве случаев представляют собой легко подвижные бесцветные или слабоокрашенные в зеленоватый или желтоватый цвет жидкости; сравнительно редко Э. м. при обычной t° имеют твердую консистенцию (напр. анисовое, ирисовое). Запах Э. м. соответствует запаху исходного растения, вкус б. ч. жгучий, пряный, в отдельных

случаях сладкий (напр. анисовое Э. м.) или горький. При хранении, в особенности при доступе воздуха и света, Э. м. легко осмоляются, причем переходят в вязкие, почти нетекучие жидкости, и запахи резко изменяются в сторону скипидарного.

Испытание Э. м. состоит в определении физич. констант, к-рые для каждого Э. м. должны находиться в пределах, установленных многолетними наблюдениями, т. е. в зависимости от условий произрастания растения колебания свойств Э. м. неизбежны. К числу физич. констант, определяемых для Э. м., относятся: уд. в. D_{20}^{20} , преломление n_D^{20} , растворимость в спирте различной концентрации (обычно 90, 80 и 70%-ном); в отдельных случаях определяется $t_{\text{зам.}}$ и производится пробная разгонка на фракции. Для установления количественного содержания спиртов и эфиров определяется кислотное число, эфирное число, эфирное число после ацетилирования, причем для третицицических спиртов оно заменяется эфирным числом после формилирования, для определения к-рого вместо ацетилирования уксусным ангидридом применяется обработка смешанным уксусно-муравьиным ангидридом на холоду. Для определения содержания отдельных спиртов применяется горячее формилирование, получение кислот фталевых эфиров и др. Определение содержания альдегидов и кетонов производится при помощи бисульфитного и сульфитного метода или титрометрически с гидросиламином или фенилгидразином. Общим методом определения содержания фенолов является выщелачивание с водным раствором едкой щелочи; для отдельных фенолов имеются специальные методы. В СССР имеются стандарты на мятное, кориандровое, анисовое и гераниевое масло (ОСТ 501, 571, 572, 2487), в к-рых даны нормы и способы испытания.

Большинство эфирно-масличных растений и в диком виде и в культурном состоянии встречается по преимуществу в тропиках и субтропиках, странах, где находятся колонии главнейших европ. государств, поэтому производство и переработка Э. м. сосредоточены в немногих из них. При общем мировом производстве ок. 25 млн. кг на сумму 100—150 млн. зол. р. в 1925—27 гг. первое место по ценности добываемых Э. м. занимает Франция (на 6 млн. зол. р. в 1931 г. против 14—16 млн. в 1925—1927 гг.), к-рая не только перерабатывает масла из своих колоний (Индия, Китай, Алжир, Гвiana, о-в Мадагаскар, Реюнион), но и в Европе располагает очень благоприятным районом (по берегу Средиземного моря) для производства цветочных масел. Второе место занимает Италия (вывоз ок. 5 млн. зол. р. в 1931 г. против 10—11 млн. зол. р. в 1925—27 гг.) с производством лимонного, апельсинового, мандаринового и бергамотного масел и в незначительном количестве цветочных масел. Затем идет Япония, вырабатывающая большое количество мятного масла и камфоры (ок. 1,5 млн. кг на 4,5 млн. зол. р.), и США, где добываются большие количества мятного масла, а за последние годы и многие другие масла, не исключая лимонного (ок. 1,3 млн. кг на 3,8 млн. зол. р.). Большие количества Э. м. добываются также в Индии, на о-ве Цейлоне, в Нидерландской Индии (о-в Ява), в Австралии. Нек-рые страны до последнего времени являются почти монополистами по отношению к отдельным маслам, напр. розовое масло почти для всего мира получается в Болгарии (ок. 3 тыс. кг на 2,5 млн. р.), бергамотное—в Италии, гвоздичное—на о-ве Мадагаскар и прилегающих к нему о-вах.

До войны 1914—18 гг. и революции в СССР пиваной промышленности Э. м. не существовало, и вся потребность (240—250 тыс. кг, включая душистые вещества) на сумму до 5 млн. зол. р. покрывалась ввозом из-за границы. С 1923 г. начались подготовительные и научно-исследовательские работы с рядом новых для СССР и до того времени импортировавшихся видов масел, а также изучение динорастущих растений. К 1926 г. фактически явилась возможность начать развертывание производства новых масел, и к настоящему времени в Крыму развернуто производство масла лаванды и мускатного шалфея, розового масла и нек-рых цветочных масел, а равно используются и нек-рые дикорастущие растения; в Закавказьи (Абхазия, Аджаристан, Зап. Грузия) оборудованы производства гераниевого масла, масла лимонного сорго и др.; на Сев. Кавказе—мускатного шалфея, змееголовника, кориандра, мяты и нек-ротых цветочных масел; в ПЧО—кориандрового и анисового масел, на Ср. Волге—змееголовника и кориандра; в Ср.-Азиатских республиках и в Юж. Казахстане на основе дикорастущей сырьевой базы и культуры ряда растений (включая нек-рые субтропические) также развивается производство Э. м.; на Украине сосредоточено производство мятного масла, которое обслуживает экспортные потребности. Выработка Э. м. вырастает с 160 000 кг в 1932 г. ориентировочно до 500 000 кг в 1937 г.

Лит.: Демьянов Н., Ниллов В. и Вильямс В., Эфирные масла, их состав и анализ, М., 1933; Русовский И. Б., Эфирные масла, т. 1, М., 1931; Труды Научн. химико-фармац. ин-та ВСНХ СССР, М., 1923, вып. 4, 8, 1924, вып. 10, 1925, вып. 11, 1927, вып. 17, 1928, вып. 19, 1930, вып. 22; Морейнис Л., Етерови

олії, Вінниця, 1929; Gildemeister E. u. Hoffmann F., Die ätherischen Öle, 3 Aufl., B. 1—3, Lpz., 1928—1931; Fölsch M., Die Fabrikation u. Verarbeitung ätherischer Öle, Lpz., 1930; Finnmöre H., The Essential Oils, L., 1926; Parry E., The Chemistry of Essential Oils a. Artificial Perfumes, 3 ed., v. 1—2, L., 1921—1922; Jeancard P., Les parfums, P., 1927; Craveri C., Les Essences naturelles, P., 1929; Durville J., Fabrication des essences et des parfums, 3 ed., P., 1930; Radano C., Industria e commercio di derivati agrumari, Milano, 1930; Nebovidsky J., Silice ci oleje etericke, Praha, 1925; Zander H., Weltproduktion und Welthandel von ätherischen Ölen, B., 1928.

Б. Рутовский.

ЭФИРЫ простые, химич. соединения, состоящие из двух углеводородных радикалов и атома кислорода. Простейший Э.—диметиловый $(\text{CH}_3)_2\text{O}$; Э., содержащие два различных радикала, называются смешанными Э., напр. метилэтиловый Э. $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$; о получении и свойствах простых Э. см. *Этерификация* и *Алкилирование*. Наибольшее технич. значение имеет диэтиловый Э. $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ (см. *Этиловый эфир*). Э. сложные, эстеры, химич. соединения, в к-рых кислородный атом соединен с одним спиртовым и с одним кислотным радикалом (минеральной или органич. к-ты), напр. $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{NO}_2$ —метиловый Э. азотной к-ты, или метилнитрат; $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_3\cdot\text{CO}$, уксусно-метиловый Э., или метилацетат. Сложный Э. можно рассматривать как производное к-ты, в к-рой атом водорода гидроксила (или карбоксила в органических к-тах) замещен спиртовым радикалом, к-рый в данном случае (по аналогии

с солями) играет роль металла; поэтому и номенклатура сложных Э. совпадает с названиями солей. Одноосновные к-ты дают один ряд сложных Э.—средние Э.; для двуосновных к-т получается два ряда Э. соответственно тому, замещен ли один водородный атом (алкил-кислоты, кислые Э.) или оба атома водорода замещены спиртовым радикалом (средние Э.); в первом случае свободный атом водорода может замещаться металлом. Так, азотная к-та дает средние Э., нитраты типа RONO_2 , получаемые осторожным действием чистой азотной к-ты на спирты: азотистая к-та дает нитриты RONO , легко получаемые действием на спирты азотистой к-ты или ее ангидрида в момент выделения. Угольная к-та дает кислые Э., алкилугольные кислоты типа $\text{OR}\cdot\text{CO}\cdot\text{OH}$, непрочные, легко разлагаемые соединения, и средние Э. типа $(\text{OR})_2\text{CO}$, бесцветные, трудно растворимые в воде, перегоняющиеся жидкости. Для серной кислоты также известны алкилсерные кислоты $\text{OH}\cdot\text{SO}_2\cdot\text{OR}$ и средние эфиры (см. *Диалкилсульфаты*). Об эфирах органич. к-т см. названия соответственных к-т; о получении, реакциях и применении сложных эфиров см. *Этерификация*, *Гидролиз сложных эфиров*, *Растворители*.

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, 2 Auflage, Band 1, T. 1, Berlin—Leipzig, 1923.
Н. Ельцина

ЮККА (*Jukka*, сем. *Liliaceae*). Родина этого дерева—Сев. Америка (Южные штаты) и Центральная Америка. Ю. очень выносливое дерево, довольствуется тощими почвами и минимумом влаги. Листья Ю. используют для получения крепкого прядильного волокна (*Palma-Ixtle*, торговое название—*Pite*), употребляемого для грубых тканей, плетеных изделий, щеток, каналов и пр.

ЮФТЬ, отделанные, вполне готовые для раскройки мостовые кожи (см. *Мостовые*). По нормальной методике Научно-технич. совета кожобувной промышленности выдубленные мостовые кожи подвергаются раскислению в слабых соках (1°Вé) в течение 48 час., а затем промываются в барабане водой ($t^\circ 30\text{—}35^\circ$) в течение 40 мин., после чего поступают в крашение. Крашение производят анилиновыми красителями вручную или в барабане (см. *Кожевенное производство*). Расход красителя при ручном крашении составляет 0,4—0,5 кг на 100 м², при барабанном—1,75 кг. После окраски кожи прессуют на гидравлич. прессе до влажности 40—45% и смазывают их по лицу ворванью (3 кг ворвани на 100 м² кожи). Далее идет жировка в барабане, подогреваемом вдуванием воздуха $t^\circ 45^\circ$. Рекомендуемый состав жировой смеси: веретенного масла 55%, нафтата алюминия 5%, парафина 10%, дегтя берестового 30%. Расход жировой смеси—в зависимости от желательного содержания жира, время жировки—1,5 ч. Т. н. с а л ь н а я Ю. жирется смесью тюленеого жира и ворвани. После жировки кожи остаются сложенными в штабель в течение 24 ч., а затем идет их разводка на машине и зачистка изъянов лица. После строжки на строгальных машинах с валиком длиной 600 мм (см. *Кожевенное производство*) следует вторичная разводка на машинах с последующей разводкой (п о л д р а в к о й) вручную и смазкой с лица и бахтармы дегтем. Подсушенные при $t^\circ 28^\circ$ в течение 12 ч. кожи снова увлажняются и складываются для равномерного распределения влаги на 24 ч. в штабель, причем штабель тщательно закрывается брезентом для защиты от высыхания. От правильного выполнения увлажнения зависит результат, получаемый в процессе дальнейшей обработки на тянущей машине. После обработки кожи на тянущей машине производят вторую зачистку изъянов лица, подравнивают зачищенные места, слегка увлажняют лицо и производят «нарезку» рисунка по лицу на машине. Смазав дегтем по лицу и бахтарме, сушат кожи

при 28° ; после сушки на 5 час. складывают в штабель и затем производят пушение бахтармы на строгальных машинах. Отделка заканчивается каткой на машине или вручную пробковой доской (к р и ш п е л е в а н и е), после чего следуют сортировка и измерение площади. Ю. делится в зависимости от: 1) окраски—на черную, цветную и бланковую (неокрашенную), 2) степени жировки—на сальную и простую, 3) рисунка лица—на резную и гладкую. Действующие в СССР на Ю. ОСТ 624 (Ю. черная) и ОСТ 625 (Ю. цветная сандальная) предусматривают по сравнению со стандартом на мостовые кроме требований, к-рые д. б. предъявлены к Ю. как к вполне отделанной под раскрой коже, еще дополнительные требования в отношении садки и отдушистости: для Ю. цветной не д. б. садки при сгибании на валик $\varnothing 6$ мм, для Ю. черной—при сгибании вчетверо лицом наружу и при сжимании пальцами на 25 мм ниже внутреннего края сгиба; лицо для цветной юфти не должно давать морщин (отдушистости) при сгибании образца на 180° лицом внутрь на валике диаметром в 25 мм; для юфти черной—при валике диаметром 12 мм. Ниже приводятся требования, предъявляемые к химическому составу и физикомеханическим свойствам юфти:

Показатели	Черная	Цветная сандальная
Влаги в момент отбора пробы не менее	16%	18%
Жира в пересчете на кожу с 18% влаги не менее	12%	5%
Золы в пересчете на кожу с 18% влаги не менее	0,8%	0,8%
Вымываемых водой	6%	8%
Сопrotивление разрыву средней, на партию не менее	1,75 кг/мм	1,75 кг/мм

Площадь одной кожи цветной Ю. (сандальной) 120—250 дм², для Ю. черной 140—350 дм² при весе от 7 до 8 кг.

Лит.: Л а м б М., Крашение и отделка кожи, пер. с англ., П., 1916; Центральный научно-технич. совет кожобувной промышленности, «Сборник материалов», М., 1933, 2. **Н. Чернов.**

ЮЮБА—1) (*Zizyphus vulgaris*, сем. *Rhamnaceae*) растет в Закавказьи, Сирии, на побережьях Средиземного моря. Колючий кустарник, дает съедобные плоды. Ю. пригодна для изгородей, на почву неприхотлива. Механич. свойства ююбы см. *Стр. ТЭ*, т. IV, стр. 53, № 607. 2) Д р а ч, держидерево (*Paliurus aculeatus*, сем. *Rhamnaceae*). Колючий кустарник. Предпочитает сухие каменистые склоны. Хорош для живой изгороди (Ю. Европа, Крым, Кавказ).

ЯБЛОНЯ, *Malus communis* D. C., небольшое дерево 8—10 м высотой или кустарник с широковетвистой кроной на коротком стволе из сем. *Rosaceae*. Яблоня произрастает в лесах Европ. части СССР, на Кавказе, в горных лесах Средне-Азиатских республик и в Средней Европе. Родиной яблони считается М. Азия. Это ценное плодое дерево разводится в культуре с давних времен. Почка небольшие, красно-бурые, яйцевидно-округлые, голые. Листья у яблони очередная, яйцевидная, по краям пильчатая, сверху голая, снизу серо-зеленая пушистая, с черешком 10—35 мм длиной. Цветет весной, цветы собраны в 5—6-цветковый щиток, лепестков 5, белого цвета или с розоватым оттенком; тычинки многочисленные, завязь 5-гнездная с пятью сросшимися столбиками. Плод—яблоко—образуется срастанием между собою завязей и мясистого цветоложа, по форме шаровидно-сдавленный или яйцевидный, короткостебельчатый, сильно варьирующий по размерам, окраске и вкусовым качествам; он богат сахаром: 5—14%, количество которого повышается в южных сортах, кроме того в нем содержится 0,12—2,3% органич. к-т. Плоды Я. используют в пищу в сыром, вареном и сухом виде, для изготовления варений, повидл, мармеладов, пастил, мочки, напитка сидра, спирта и уксуса. Ради своих плодов Я. культивируется в широких размерах как плодое дерево в Европ. части СССР южнее линии Ленинград—Вологда; к востоку граница Я. понижается. В последние годы многое сделано для внедрения культуры Я. в Сибири. Яблоня культивируется в громадном количестве сортов, различающихся размерами, формой и качествами плодов, развитием вегетативных органов и временем созревания, причем для каждой из областей СССР характерен свой определенный ассортимент сортов Я. По времени созревания и способности выдерживать хранение различают: **л е т н и е сорта**—созревают в июле—августе, сохраняются 2—3 недели; **о с е н н и е сорта**—поспевают в первой половине сентября, сохраняются 1—2 месяца; **з и м н и е сорта**—созревают глубокой осенью, иногда не дозревают на дереве и доходят до спелости при легке, длительно сохраняются.

По отношению к почве яблоня предпочитает плодородные, не особенно влажные почвы и местоположения, хорошо освещенные. Растет Я. не так быстро, плодоносить начинает рано, давая максимум урожая в 10—20 лет. Дикая Я.

разводится семенами, к-рые высеваются осенью, для весеннего посева семена стратифицируют. Для садовой культуры сеянцы дикой яблони облагораживаются путем прививки благородных сортов. Саженцы яблони 4—6 л. высаживаются весной, до распускания почек, в подготовленные с осени ямы на расстоянии 6—8 м в квадрат. Дальнейший уход за яблоневым садом заключается в прополке сорной травянистой растительности, окопке приствольных кругов, борьбе с вредителями из мира животных и насекомых, в формовке и подрезке крон. В соответствии с предположениями плана народного хозяйства СССР площадь яблоневых насаждений должна сильно увеличиться в ближайшие годы. Работами И. В. Мичурина в культуре Я. введено много чрезвычайно ценных сортов; научно-исследовательским ин-том его имени в г. Мичуринске и Всесоюзным ин-том растениеводства в Ленинграде разрабатывается в настоящее время целый ряд весьма важных вопросов по селекции этого дерева.

Древесина Я. мелкослойная, весьма твердая и плотная, тяжелая, с объемным весом в сухом состоянии 0,75, красновато-белого цвета с более темным ядром, хорошо поддается полировке, пригодна для ценных столярных и токарных изделий. В юж. Сибири и сев. Китае произрастает дико сливовидная Я. (*Malus prunifolia* Borkh) с мелкими, величиною с вишню, яблочками желтого или красноватого цвета, терпкого, реже сладкого, вкуса, которая употребляется в качестве подвоя и как декоративное деревцо. **К и т а й с к а я Я.** (*Malus spectabilis* Borkh), родом из Китая, небольшое деревцо, разводимое с декоративными целями. **Р а й с к а я Я.** (*Malus baccata* Borkh), произрастает в Сибири и на Дальнем Востоке, с мелкими плодами коралловокрасного цвета, прозрачными, кисло-сладкого вкуса, употребляемыми для варенья. Разводится как для получения плодов, так и для подвоев.

Лит.: Шредер Р., Русский огород, питомник и плодовый сад, СПб, 1909; Гребинский А., Уход за плодовым садом, СПб, 1901; Пашкевич В., Плодовые деревья, Родоначальные формы и дичие родичи, СПб, 1912; его же, Сортоизучение и сортоводство плодовых деревьев, Л., 1933; Глазенац С., Уход за яблонями, Л., 1926; Пеньковский В., Деревья и кустарники, как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 1—5, Херсон, 1901; его же, Растениеводство СССР, Л., 1930; Медведев Я., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1919; Мичурин И., Итоги долувековых работ, т. 1, М.—Л., 1929, и т. 2, М.—Л., 1932; Черненко С., Селекция и новые сорта яблонь, М., 1933. **Н. Нобрань.**

ЯБЛОЧНАЯ КИСЛОТА, оксиантарная кислота, $\text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ очень распространенная в растительном мире как в виде свободной кислоты, так и в виде солей; соль кальция находится во многих ягодах и плодах (в вишне, барбарисе, незрелых ягодах рябины, в винограде, в листьях табака, в ягодах сумаха), в вине, в меде и др. Молекула яблочной к-ты содержит один асимметрический атом, поэтому существуют три модификации Я. к.: право-, левовращающая и инактивная. Природная Я. к. в разбавленных водных растворах и в метиловом спирте вращает влево; она кристаллизуется в блестящих распычатых иглах с $t_{\text{пл.}}^{\circ} 100^{\circ}$ и уд. в. $D_4^{20} = 1,595$, которые легко растворяются в воде и в винном спирте, мало в эфире; константа диссоциации Я. к. $K_1 = 0,040$; вращательная способность ее изменяется с концентрацией: при увеличении концентрации ее разбавленных растворов удельное вращение падает, и при содержании 34% (при 20°) Я. к. становится инактивной; при дальнейшем увеличении концентрации ее раствора она превращается в правовращающую, причем удельное вращение растет с концентрацией; правовращающую Я. к. можно также получить из *d*-аспарагина (действием HNO_2) или из *d*-винной к-ты восстановлением (с HJ). Инактивную *dl*-кислоту можно получить из инактивной аспарагиновой к-ты (действием HNO_2) или из виноградной к-ты (восстановлением HJ); она кристаллизуется легче *l*-кислоты; $t_{\text{пл.}}^{\circ} 129-131^{\circ}$, уд. в. $D_4^{20} = 1,601$, не растворяется на воздухе и менее растворима в воде; кристаллизацией из соли цинхина ее можно расщепить на *d*- и *l*-кислоту. В химич. отношении Я. к. ведет себя, как оксикислота и как типичная двуосновная к-та; путем окисления (H_2O_2 , KMnO_4) она переходит в кето- и альдегидокислоты.

Получают Я. к. из незрелых ягод рябины, которые предварительно мнут и выжимают; выжимки выщелачивают водой; полученный сок варят, фильтруют и кипятят с известью; при этом выделяется нерастворимая кальциевая соль Я. к. в виде зернистого порошка, к-рый центрифугуют и сушат; при остывании из фильтра кристаллизуется кислая Са-соль Я. к. в ромбич. октаэдрах, которую разлагают теоретически вычисленным количеством щавелевой к-ты, после чего отфильтровывают Са-оксалат. Раствор выпаривают на водяной бане и высушивают. Выход составляет 62% употребленной кислотой Са-соли. Инактивную Я. к. можно получить из малиновой к-ты (см.) нагреванием в закрытом сосуде до 170° , причем в качестве побочного продукта получается фумаровая кислота, к-рую тоже можно перевести в Я. к. нагреванием до $150-200^{\circ}$ под давлением. Применяют Я. к. в приготовлении лабораторных препаратов; ею пользуются также для приготовления лимонадов, фруктовых желе (вместо лимонной к-ты), для консервирования мяса, птицы, рыбы. В медицине ее применяют в качестве составной части различных лекарств.

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organischen Chemie, В. 1, Т. 2, В.—Lpz., 1923. Н. Ельцина.

ЯДРО СЕЧЕНИЯ, контур внутри площади поперечного сечения бруса, из пределов к-рого не должна выходить точка приложения сжимающей силы для того, чтобы в сечении не появилось растягивающих напряжений. Для сооружений, сложенных из камня или кирпича, например мостовые устои, фабричные трубы,

подпорные стенки (см.), ставится иногда обязательное условие, чтобы в сечении не возникли растягивающие напряжения. Это объясняется неодинаковым сопротивлением каменной кладки сжатию и растяжению. Выдерживая сжимающие напряжения, раствор, на котором сложена кладка, разрушается при небольших растягивающих напряжениях, и в швах кладки образуются трещины (так называемое «раскрытие шва»). Не будучи сами по себе опасны, при условии обеспечения устойчивости сооружений, эти трещины все же нежелательны, особенно в тех случаях, когда в швы кладки может проникать вода и, периодически замерзая и оттаивая, разрушать кладку. Из определения Я. с. следует, что если точка приложения сжимающей силы находится внутри него, то нейтральная линия проходит вне сечения бруса. Предельным случаем существования сжимающих напряжений будет, когда нейтральная линия касается контура сечения; в этом случае точка приложения силы должна лежать на контуре, ограничивающем Я. с. Отсюда можно заключить, что контур Я. с. является геометрич. местом точек приложения сжимающей силы при касании нейтральной линии к контуру сечения бруса.

Пусть на брус (фиг. 1) действует сжимающая сила P , приложенная в точке A , не лежащей ни на одной из главных осей инерции. Имея главные оси инерции OY и OZ , обозначим через y_0 и z_0 координаты точки A . Действие данной силы м. б. заменено эквивалентной ей системой из силы P , приложенной в центре тяжести O сечения, и двух пар Py_0 и Pz_0 , действующих в главных плоскостях бруса YOX и ZOX (случай совместного действия изгиба и сжатия или т. н. внецентренное сжатие). В любой точке сечения с координатами y и z напряжение будет равно

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{Py_0}{I_z} \cdot y + \frac{Pz_0}{I_y} \cdot z. \quad (1)$$

Здесь F —площадь поперечного сечения, а I_y и I_z —моменты инерции. Выражение (1) может давать положительные значения для напряжений (сжатие) или отрицательные (растяжение) в зависимости от знаков при y и z . Если воспользоваться зависимостями $I_y = Fr_y^2$ и $I_z = Fr_z^2$, где r_y и r_z —радиусы инерций, то выражение (1) можно преобразовать:

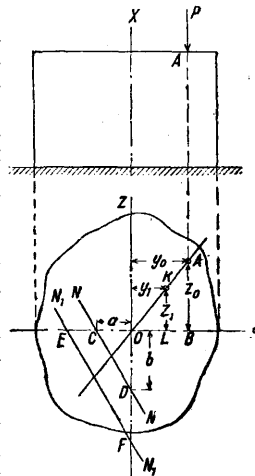
$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{y_0}{r_z^2} \cdot y + \frac{z_0}{r_y^2} \cdot z \right). \quad (2)$$

Приравняв напряжение нулю, получим ур-не нейтральной линии:

$$1 + \frac{y_0}{r_z^2} \cdot y + \frac{z_0}{r_y^2} \cdot z = 0. \quad (3)$$

Это—ур-не прямой, отсекающей на осях Y и Z отрезки:

$$OC = a = -\frac{r_z^2}{y_0} \quad \text{и} \quad OD = b = -\frac{r_y^2}{z_0}. \quad (4)$$



Фиг. 1.

Т. о. каждой точке приложения силы (условно называемой «полюсом») соответствует вполне определенное положение нейтральной линии (на фиг. 1—линия NN).

Следует отметить взаимность, существующую между координатами полюса y_0 и z_0 и отрезками a и b : если координатами полюса будут a и b , то нейтральная линия будет отсекается от осей отрезки:

$$-\frac{r_z^2}{a} = y_0 \text{ и } -\frac{r_y^2}{b} = z_0.$$

Если полюс будет перемещаться по линии OA , то нейтральная линия также будет перемещаться. Из равенства (4) легко усмотреть, что по мере приближения полюса к центру тяжести O , т. е. при уменьшении величины y_0 и z_0 , отрезки a и b будут возрастать, и нейтральная линия будет удаляться. Когда полюс совпадет с ц. т. сечения, нейтральная линия удалится в бесконечность, и все сечение будет равномерно сжато (случай нейтрального сжатия). При удалении полюса от ц. т. нейтральная линия будет приближаться к нему, и в предельном случае, когда полюс будет в бесконечности, нейтральная линия пройдет через ц. т. сечения (случай простого изгиба).

Все нейтральные линии, соответствующие различным положениям полюса на линии OA , будут между собой параллельны, в чем легко убедиться путем следующего рассуждения. Пусть полюс находится в точке K с координатами y_1 и z_1 . Тогда отрезки, отсекаемые нейтральной линией N_1N_1 , будут равны:

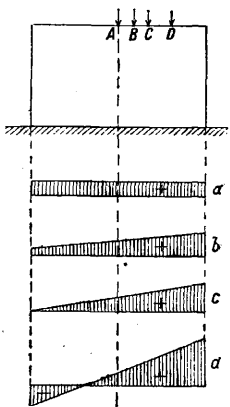
$$OE = a_1 = -\frac{r_z^2}{y_1} \text{ и } OF = -\frac{r_y^2}{z_1}. \quad (5)$$

Из подобия треугольников OAB и OKL следует:

$$\frac{y_0}{z_0} = \frac{y_1}{z_1}.$$

Равенства (4) и (5) дают $\frac{a}{b} = \frac{z_0}{y_0}$ и $\frac{a_1}{b_1} = \frac{z_1}{y_1}$. Следовательно $\frac{a}{b} = \frac{a_1}{b_1}$ и параллельность линий NN и N_1N_1 доказана.

Разным положениям полюса соответствует разный характер распределения напряжений в поперечном сечении.



Фиг. 2.

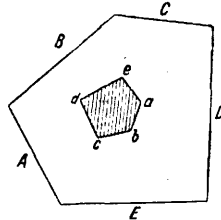
Для выяснения способа построения контура Я. с. следует рассмотреть зависимость между положением нейтральной линии и полюса при перемещении полюса по какой-нибудь прямой, не проходящей через ц. т. сечения. Пусть полюс перемещается по линии A_1A_2 (фиг. 3), пересекающей главные оси OY и OZ в точках A_1 и A_2 . При положении полюса в A_1 (координаты $OA_1, 0$) нейтральная линия NN_1 будет параллельна оси Z и отсекает на оси Y отрезок $\frac{r_z^2}{OA_1}$. При положении полюса в A_2 (координаты $0, OA_2$) нейтральная линия NN_2 будет параллельна оси Y и отсекает на оси Z отрезок $\frac{r_y^2}{OA_2}$. Для всякого положения полюса A между точками A_1 и A_2 можно заменить сжимающую силу P эквивалентной системой из 2 параллельных ей сил, при-

ложенных в A_1 и A_2 . Каждой из этих сил в отдельности соответствует своя нейтральная линия NN_1 или NN_2 . Очевидно, что через общую обоим линиям точку пересечения N будут проходить все нейтральные линии, соответствующие любому положению полюса A на линии

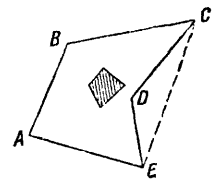


Фиг. 3.

ложенных в A_1 и A_2 . Каждой из этих сил в отдельности соответствует своя нейтральная линия NN_1 или NN_2 . Очевидно, что через общую обоим линиям точку пересечения N будут проходить все нейтральные линии, соответствующие любому положению полюса A на линии

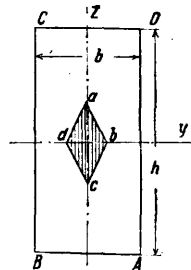


Фиг. 4.



Фиг. 5.

A_1A_2 . Из указанного ранее свойства взаимности между координатами полюса и отрезками, отсекаемыми нейтральной линией, легко вывести, что для полюса в точке N нейтральная линия будет совпадать с линией A_1A_2 . Следовательно, если полюс перемещается по прямой линии, то соответствующая нейтральная линия вращается около некоторой неподвижной точки; и обратно, если нейтральная линия вращается около неподвижной точки, то соответствующий ей полюс движется по прямой, являющейся нейтральной линией для точки вращения, принятой за полюс. Т. о. для построения контура Я. с. надо провести к контуру поперечного сечения ряд касательных нейтральных линий и определить соответствующие им полюсы. Прямой линии контура сечения будет соответствовать вершина контура Я. с., а вершине контура сечения будет соответствовать прямая контура Я. с. Для выпуклого многоугольного сечения Я. с. контур многоугольником того же порядка. Напр. для мн-ка $ABCDE$ (фиг. 4) каждой стороне A, B, C и т. д. соответствует точка Я. с.



Фиг. 6.

a, b, c и т. д. При переходе нейтральной линии из положения *A* в положение *B* полюс будет перемещаться по прямой *ab*, и таким образом, сколько сторон у поперечного сечения, столько же углов, а следовательно и сторон будет у контура ядра сечения. Для мн-ка с входящими углами, напр. *ABCDE* (фиг. 5), надо строить ядро сечения для мн-ка *ABCE*, так как нейтральная линия не может занять положение *CD* или *DE*, т. е. не может пересекать сечения.

Для прямоугольника (фиг. 6) вследствие симметрии сечения вершины *Я. с.* лежат на главных осях. Вследствие параллельности сторон прямоугольника главным осям для стороны *AB* как нейтральной линии, для которой $z = -\frac{h}{2}$, и точки *a* ядра сечения ур-не (3) примет вид:

$$1 - \frac{z_0}{r_y^2} \cdot \frac{h}{2} = 0,$$

откуда

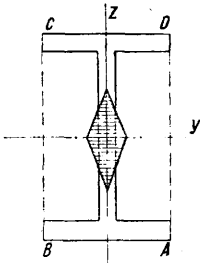
$$z_0 = \frac{2r_y^2}{h} = \frac{2F \cdot r_y^2}{Fh} = \frac{2Iy^2}{Fh} = \frac{Wy}{F}. \quad (6)$$

Момент сопротивления относительно оси *Y*

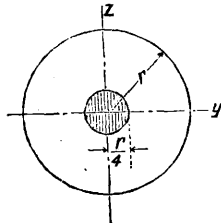
$$W_y = \frac{Iy}{h} = \frac{bh^3}{6};$$

следовательно для точки *a Я. с.* ордината $z_0 = \frac{bh^3}{6bh} = \frac{h}{6}$. Для точки *c* аналогично $z_0 = -\frac{h}{6}$. Для точек *b* и *d* $y_0 = \pm \frac{W_z}{F} = \pm \frac{b^2h}{6bh} = \pm \frac{b}{6}$. Длины диагоналей $ac = \frac{1}{3}h$ и $bd = \frac{1}{3}b$. Следовательно для того, чтобы в каменной кладке не возникали растягивающие напряжения, необходимо, чтобы равнодействующая нагрузок не выходила из средней трети сечения.

Для двутаврового сечения (фиг. 7) нейтральная линия располагается по сторонам прямо-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

угольника *ABCD* и ядро сечения находится по той же ф-ле (6):

$$z_0 = \pm \frac{W_y}{F}; \quad y_0 = \pm \frac{W_z}{F},$$

где конечно W_y и W_z берутся, как для двутавра, а не как для прямоугольника.

Я. с. для круга (фиг. 8) очевидно также будет кругом, радиус которого z_0 определится аналогично предыдущему:

$$z_0 = \frac{r_y^2}{z},$$

где $z = r$, а

$$r_y^2 = \frac{I}{F} = \frac{\pi r^4}{4} : \pi r^2 = \frac{r^2}{4},$$

откуда

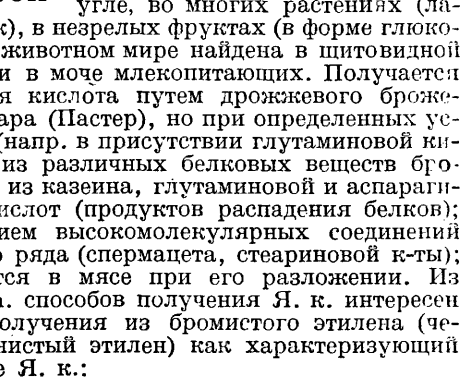
$$z_0 = \frac{r^2}{4r} = \frac{r}{4}.$$

Лит.: Бобарыков И., Сопротивление материалов, ч. 1, М.—Л., 1930; Дружинин С., Сопротивление материалов, Л., 1930; Иванов Н., Сопротивление материалов, М.—Л., 1931; Подольский И., Строительная механика, ч. 1, Сопротивление материалов, М., 1930; Проскуряков Л., Строительная механика, ч. 1, Сопротивление материалов, изд. 7, 1928; Ривон О., Сопротивление материалов, ч. 2, изд. 2, М.—Л., 1932; Тимошенко С., Сопротивление материалов, М.—Л., 1932; Худяков П., Сопротивление материалов, изд. 3, М., 1909. А. Пурье.

ЯДЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ, см. Дополнительный том.

ЯКОРНЫЕ УСТРОЙСТВА, см. Судовые устройства.

ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА, двуосновная кислота, $CH_2 \cdot COOH$ очень распространенная в растительном мире, найдена в ископаемых (впервые в янтаре), в буром угле, во многих растениях (ла-тук, мак), в незрелых фруктах (в форме глюкозида); в животном мире найдена в шитовидной железе и в моче млекопитающих. Получается янтарная кислота путем дрожжевого брожения сахара (Пастер), но при определенных условиях (напр. в присутствии глутаминовой кислоты); из различных белковых веществ брожением: из казеина, глутаминовой и аспарагиновой кислот (продуктов распада белков); окислением высокомолекулярных соединений жирного ряда (спермацета, стеариновой к-ты); образуется в мясе при его разложении. Из синтетич. способов получения *Я. к.* интересен метод получения из бромистого этилена (через цианистый этилен) как характеризующий строение *Я. к.*:



Из фумаровой и малеиновой к-т *Я. к.* получается присоединением водорода, кроме того восстановлением винной и яблочной к-т. В технике получают *Я. к.* чаще всего из виннокислого аммония путем брожения.

Растворяют винную к-ту (2 кг) в воде, нейтральную аммиаком и разбавляют до 40 л; в реакционную массу вносят 20 г фосфата калия, 10 г сульфата магния и несколько г хлористого кальция, затем прибавляют 20 см³ тартрата аммония, предварительно подвергнутого брожению. Смесь оставляют стоять (по возможности без доступа воздуха) 6—8 недель. По окончании процесса раствор выпаривают и кипятят с известковым молоком до получения прочной щелочной реакции; при охлаждении кристаллизуется кальциевая соль *Я. к.*—сулцинат кальция, к-рый разлагает серной к-той; выход *Я. к.* превышает 0,5 кг.

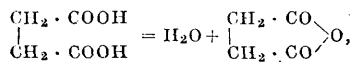
Можно также получить *Я. к.* из кальциевой соли яблочной к-ты, добытой из ягод рябины. Этот способ отличается дешевизной исходного материала; раствор соли кальция яблочной к-ты заливают 3,5-кратным количеством воды и подвергают при 15—30° в течение 8—14 дней действию казеина или слегка испорченного сыра, после чего выделяется сулцинат кальция. Выход чистой *Я. к.* составляет 1/3 употребленного яблочнокислого кальция.

Физические и химич. свойства *Я. к.* Кристаллизуется *Я. к.* из воды в моноклинных столбиках или плиточках с $t_{пл.}$ 185°; при пониженном давлении удается ее при t° ниже $t_{пл.}^{\circ}$ без разложения подвергать возгонке (для 2,2 мм давления при t° 156—157°); при 235° она теряет воду и переходит в ангидрид. Янтарная кислота растворяется в воде. 100 частей воды растворяют:

При t°	0°	15°	35°	65°
Частей <i>Я. к.</i>	2,79	4,9	10,6	23,1

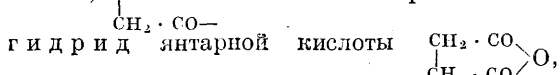
100 ч. безводного эфира растворяют при 15° 1,19 ч. *Я. к.*, 96%—ный спирт—10 ч., метиловый спирт—15,73 ч., ацетон—5,44 ч.; уд. в. *Я. к.*

$D_4^{20} = 1,562$. Водный раствор Я. к. распадается в присутствии окиси урана на солнечном свете на углекислоту и пропионовую к-ту. При электролизе щелочных растворов Я. к. на положительном полюсе выделяются этилен и углекислота. Щелочное плавление Я. к. дает уксусную и шавелевую к-ты, окисление приводит к шавелевой к-те или к углекислому. Интересна склонность янтарной кислоты переходить в циклические соединения, сюда относится образование внутреннего ангидрида



сукцинимид (см. ниже), а также в гетероциклич. соединения; путем действия пятисернистого фосфора на натриевую соль янтарной кислоты можно получить тиофен; при нагревании сукцината аммония или сукцинимидом получается пиррол; этой реакцией пользуются для аналитич. определения Я. к.: последним свойством Я. к. отличается от малоновой кислоты. Из солей Я. к., с у к ц и н а т о в, известны натриевая соль, кристаллизующаяся с 6 молекулами воды, калиевая соль—с 3 молекулами воды, трудно растворимая соль кальция—с 1 ч. воды, теряющая при 200° кристаллизационную воду. Основная соль окиси железа вследствие ее полной нерастворимости в воде служит для отделения железа от цинка, марганца, кобальта и никеля. Для аналитич. определения Я. к. пользуются пирроловой реакцией (см. *Пиррол*). Определение ее технич. очень важно при анализах вин, фруктовых соков; анализ затруднен вследствие присутствия в большинстве случаев в исследуемых веществах других кислот: молочной, винной, яблочной, лимонной; янтарную кислоту обычно выделяют в виде Ва-соли, которая нерастворима в 95%-ном спирте.

Из производных янтарной кислоты, образующихся при участии радикала сукцинила, $\text{CH}_2 \cdot \text{CO}$ —наиболее интересны: а н г и д р и д янтарной кислоты



кристаллизующийся из хлороформа в ромбических иглах с температурой плавления 120°, температурой кипения 261° и $D_4^{20} = 1,10357$, в воде растворяется без разложения, мало в хлороформе и еще меньше в эфире, при восстановлении дает бутиролактон.

Х л о р и с т ы й с у к ц и н и л $\text{CH}_2 \cdot \text{COCl}$
 $\text{CH}_2 \cdot \text{COCl}$
получаемый из ангидрида янтарной кислоты путем действия PCl_5 , жидкость, дымящая на воздухе, острого запаха, удельный вес 1,395, температура кипения 192° (при 25 мм давления при 103—104°).

С у к ц и н и м и д, имид Я. к. $\text{CH}_2 \cdot \text{CO}$
 $\text{CH}_2 \cdot \text{CO}$ NH,
получают перегонкой сукцината аммония или нагреванием Я. к. в токе аммиака, также из ангидрида Я. к. нагреванием его с мочевиной или с аммиаком; он кристаллизуется из воды с 1 молекулой H_2O ; безводный ($t_{\text{кип}}^{\circ} 288^{\circ}$), растворяется легко в воде и в спирте, обладает способностью давать металлич. производные; соли тяжелых металлов образуют комплексные соединения. Применяют Я. к. (также и ангидрид) в медицине для приготовления различных лекарств; важнее ее значение в крашении тка-

ней, где при ее помощи получают многие красители (родамин S, алголь желтый 3G и др.).

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. organ. Chemie, B. 1, T. 2, B.—Lpz., 1923. Н. Ельцина.

ЯНТАРЬ, минерал, представляющий собой ископаемую смолу хвойного дерева третичного времени. Химич. состав $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_4$ (78,94% С; 10,53% Н; 10,53% О). Содержание серы в Я. иногда доходит до 0,48%; цвет яржожелтый, желто-бурый или белый; блеск смоляной, черта бесцветная; прозрачен или проецирует; твердость 2—2,5; уд. в. 1,050—1,096. При трении Я. развивает отрицательное электричество. Электропроводность очень слабая. При $t^{\circ} 150^{\circ}$ размягчается, а при $t^{\circ} 250$ — 300° расплавляется. После расплавления спокойно кипит, выделяя густые белые пары с ароматичным запахом. При сухой перегонке Я. получают следующие продукты дистилляции: янтарная к-та—густое масло красно-бурого цвета с зеленоватой флуоресценцией и характерным запахом; водянистая жидкость—раствор янтарной кислоты в воде (и в растворе немного серы); янтарная канифоль—коксовидная черно-бурая масса, легко истирающаяся в порошок и растворяющаяся в скипидарном масле. В природе известно несколько разновидностей Я., различаемых по цвету и по степени прозрачности: б о с т а р т—белого цвета, очень ценных облачных тонов, хорошо полирующийся; к о с т и с т ы й Я.—похожий на слоновую кость; п е н и с т ы й Я.—прозрачная разновид, очень мягкая и непригодная для полировки. Как музейные образцы и отчасти для поделочных целей особенно ценится Я. с включением насекомых. По наружному виду походят на Я. многие смолы, напр. к о п а л, гиацинтовокрасный ш р а у ф и т, желтоватый а м б р и т, иногда называемый ж е л т о й а м б р о й.

Месторождения Я. очень многочисленны. Наибольшее значение имеют месторождения Восточной Пруссии, по берегам Балтийского моря, около Кенигсберга. Я. встречается в «сибирской земле»—глауконитовой породе, относящейся к третичному времени (олигоцен) и находящейся на дне и по берегам моря. При разрушении глин Я. всплывает, и его собирают на берегу или ловят сетями. Также известны месторождения в Румынии, Сицилии и Бирме. В СССР месторождения Я. до последнего времени имеют очень небольшое значение. Наибольший интерес в этом отношении имеют некоторые зап. части Украины по рр. Припяти и Днепру (нижнее течение Днепра, в особенности около г. Днепропетровска), побережье Ледовитого океана—берега Белого моря, устья рр. Мезени и Печоры, устье р. Енисея, Новосибирские о-ва, Урал (р. Исеть, вблизи Каменского з-да).

Я. издавна применялся как поделочный камень. Изделия из Я.—бусы, сосуды—известны с глубокой древности. Но особенно широкое применение Я. получил в 17 и 18 вв. для изготовления всевозможных художественных предметов: шкатулок, трубок, брошек, пуговиц, подсвечников и т. д. Производство этих изделий было сосредоточено гл. обр. в Кенигсберге, Дрездене, Данциге и Любеке. В настоящее время Я. для поделки иногда искусственно окрашивается. Кроме художественных изделий Я. идет на приготовление целого ряда технич. препаратов. На это употребляется материал, не имеющий цены как поделочный камень. Мелкие куски Я. сплавляются и прессуются

и из них готовится «амброзия», ценящаяся значительно ниже естественного Я. благодаря мутности и меньшей твердости. Из Я. готовится янтарная к-та, лаки, химич. реактивы, медицинские препараты и пр.

Лит.: Ферсман А., Драгоценные и цветные камни России, т. 1, П., 1920, т. 2, Л., 1925; Федоровский Н., Минералы в промышленности и сельском хозяйстве, 2 изд., Л., 1927; Kaunhowen F., Der Bernstein in Ostpreussen, «Jahrb. d. geolog. Landesanstalt», 1913, В. 24; André K., Ostpreussen-Berstein u. seine Bedeutung, «Ostdeutsches Naturwort», Breslau, 1925, 3, p. 183; Dana E., A System of Mineralogy, New York, 1923.

Н. Федоровский.

ЯРД, мера длины, употребляющаяся в Англии и США и равная 3 футам, или 36 дюймам. Англ. Я. = 0,9143992 м, ам. рик. Я. = 0,9144018 м (см. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 18). Англ. Я. делится на 4 кварта. Я. в СССР применяют при английской нумерации пряжи: кл.-бум., льняной, пеньковой, джутовой и шерстяной (аппаратной).

И. Иоффе.

ЯРКОСТЬ, см. Дополнительный т. **ЯРОСЛАВСКОЕ ПОЛОТНО**, льняные, тонкие и плотные ткани простейшего вида переплетения, вырабатываемые как механич., так и ручным способом и получившие наименование от места происхождения своего производства. Сорта Я. п. очень близки и по № пряжи (основа № 100, 106, 114, 124, 132 и уток № 100, 107, 110, 112, 114, 124) и по плотности к таким нашим тонким сортам льняного полотна, к-рые вырабатываются под названием голландского. Отличие Я. п. состоит в том, что его сорта менее аппретированы и несколько иначе укладываются в кусок.

С. Молчанов.

ЯРЬ-МЕДЯНКА, минеральная краска, имеющая в зависимости от способа получения различный состав: 1) основная укусномедная соль состава $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — кристаллы синего цвета; 2) соль состава $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ — кристаллы сине-зеленого цвета; 3) нейтральная соль $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — кристаллы темнозеленого цвета. Первая Я.-м., т. н. французская, вырабатывается гл. обр. во Франции (получение и свойства см. *Голубая медянка*). Вторая Я.-м., называемая иногда немецкой, получается аналогично французской на медных листах, переложенных фланелью, к-рая перед этим пропитывается укусом. Когда фланель подсохнет, листы разбирают, пропитывают фланель снова укусом и снова собирают листы. Нейтральная Я.-м. называется *венеццейской ярь-медянкой* (см.).

Я.-м. сама по себе не является краской, т. к. она растворима в воде, не обладает кроющей способностью и другими свойствами, необходимыми для краски, но в смеси со свинцовыми белилами и нек-рыми другими кроющими красками дает на масле очень прочные по отношению к свету и атмосферным влияниям (от H_2S чернеет) защитные покрытия, отличающиеся в то же время красивым зеленым цветом. Я.-м. применяется гл. обр. для окраски железных крыш, морских судов, для получения других медных красок, а также как средство для борьбы с вредителями в виноградарстве.

Лит.: см. *Краски минеральные*.

ЯСЕНЬ, Fraxinus, деревья из сем. Oleaceae, распространены преимущественно в С. Америке, несколько видов произрастает в средней части Европы и Европ. части СССР. Обыкновенный Я. (Fraxinus excelsior L.), произрастающий в Европ. части СССР, высокое дерево до 45 м, с прямым ровным стволом, достигаю-

щим до 1 м диаметра. В молодости кора зеленоватая гладкая, в зрелом возрасте приобретает пепельно-серый цвет. Крона малосучная и редкая, разветвления вилкообразные. Почка черные, расположены супротивно и перекрестно. Листья супротивные, непарноперистые, с 5—15 широколанцетовидными листочками. Цветет до распускания листьев; цветы собраны в пучки или метелки, сидящие на укороченных побегах. Плод — крылатка. Семя широкое, плоское, суживающееся к низу. Обыкновенный Я. широко распространен по всей Европ. части СССР и на Кавказе, произрастает преимущественно в смешанных лесах с ольхой, дубом, грабом, кленом и ильмовыми, предпочитая глубокие, рыхлые и свежие, богатые перегноем почвы. Порода светолюбивая, чувствительная к поздним весенним заморозкам, достаточно засухоустойчивая и солевыносливая. Древесина обыкновенного ясеня с широкой желтовато-белого цвета заболонью, с светлобурным ядром; годичные слои в ней резко различаются; сердцевинные лучи тонкие, весенние сосуды очень крупные; древесина твердая, упругая и гибкая, хорошо полируется, обладает объемным весом в сухом состоянии 0,75. Ясеновая древесина употребляется как строевой и поделочный материал, в экипажном и столярном деле, для изготовления с.-х. орудий, а также для весел и пропеллеров. Листья можно употреблять на корм скоту. Из коры добывают черную, коричневую и синюю краски, а также материалы для дубления. Кора употреблялась в медицине под названием «европейской хинной корки» для лечения от малярии и глистов. Я. размножается семенами, к-рые высеваются в питомниках осенью, после их сбора; при весеннем посеве семена предварительно стратифицируются. Сеянцы в 1—2-летнем возрасте пересаживают на места культуры. Я. высаживается в смеси с другими листовыми породами в виде примеси к ним, составляя $\frac{1}{3}$ ÷ $\frac{1}{4}$ состава древесоты. Культура обыкновенного Я. широко распространена в степном крае. В пределах СССР произрастают еще: Fraxinus oxycarpa Wild. — небольшое дерево в Закавказьи и на Волыни, Fr. Sogdiana — высокое дерево в Ср. Азии, Fr. mandshurica Rupr. — высокое дерево с ценной древесиной, растет в Амурской и Уссурийской обл. Американский Я. (Fr. americana u. Fr. pennsylvanica March.) отличается большой устойчивостью в степном климате, хорошим ростом и прекрасной древесиной, получил широкое распространение в искусственном лесоразведении на юге Европ. части СССР.

Лит.: Пеньковский В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и Сибири, ч. 1—5, Херсон, 1901; Медведев Я., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1919.

Н. Кобранов.

ЯШМА, агрегат мельчайших кварцевых частиц, спементированных или кварцем (см.) или *галцедоном* (см.), содержащий мелкий пигмент глинистых примесей, количество к-рых доходит до 40%. Эти примеси, обуславливая иногда довольно высокое содержание глинозема, могут вызывать постепенные переходы от Я. к другим полевошпатовым или глинистым породам (глинистым сланцам или фельзитовым порфирам). Провести резкую границу между типичными Я. как минеральным видом из группы кварца и яшмовидными породами совершенно невозможно [1]. Поэтому нек-рые минералоги относят Я. к плотным кремнеземистым горным породам, состоящим гл. обр. из кварца, но с примесью других.

веществ и минералов (халцедона, опала, карбонатов, глины, окислов железа и др.); иногда также органических остатков, преимущественно кремнеземистых скелетов радиolariй [2]. В гранильном деле Я. называют все совершенно непрозрачные минералы группы кварца, независимо от прочих их свойств [3].

Наиболее целесообразной научной классификацией Я. по Ферсману была бы классификация, основанная на генезисе их, однако в виду плохой изученности яшмы такая классификация может быть намечена лишь в самых общих чертах.

Группа I.—Контактно измененные радиolariевые илы, залегающие в свете метаморфизма пород (Урал, Сахалин), обладают однородностью окраски и хороши технич. свойствами. Группа II.—Различные метаморфич. сланцы, мергели, известняки и другие осадочные породы, измененные позднейшими процессами окремнения (типа репневской Я., Алтай). Группа III.—Я., образованные из кварцитов, роговиковые сланцы (Урал). Группа IV.—Фельзитовые порфиры и силфицированные породы порфиrowого типа (коргогонские и чарышские Я., Алтай). Группа V.—Яшмовидные образования, сопутствующие скоплениям халцедона и агата в мицелиевидных изверженных породах, представляющих собой плотные окрашенные разновидности кварца или халцедона. Эти Я. чаще всего зеленого цвета.

Для практич. целей важнее классификация Я. и яшмовых пород по внешнему виду и строению с присоединением группировки по разным цветам и оттенкам [1, 2, 3, 4].

Месторождения Я. (вне СССР): Франция, Германия, Италия (Сицилия), С. Америка, Индия, М. Азия (Смирна). Подобно малахиту или родониту Я. является типичным русским цветным камнем. Особенно славятся яшмовыми месторождениями как по размерам добычи, так и по ценности получаемого камня Юж. Урал (Калканское месторождение в окрестностях г. Орска, богатство и красота Я. к-рого являются несомненно национальным богатством огромного значения в будущем) и Алтай (район Чарыша и Коргана). Кроме указанных двух основных районов Я. встречаются в ряде пунктов СССР, но лишь в немногих местах они представляют значительные скопления. Только область Мугоджар и других районов западной части Казакстана, примыкающая геологически и топографически к яшмовым районам Юж. Урала, может иметь большое будущее. Известны находки Я. в Сев. Карелии, в Крыму, на Кавказе, в Туркестане, Якутии, Забайкальи и Приамурьи, на Сахалине и Камчатке.

Я. имеют широкое применение в качестве поделочного материала и хорошо принимают полировку.

Лит.: 1) Ферсман А., Драгоценные и цветные камни России, т. 1, стр. 284, П., 1920; 2) Болдырев А., Курс описательной минералогии, вып. 2, стр. 51, Л., 1928; 3) Фелькерзам А., «Старые годы», П., 1916, март, стр. 4; 4) D a m m e r B. u. T i e t z e O., Die nutzbaren Mineralien, В. 1, 2 Aufl., Sig., 1928. И. Мельников.

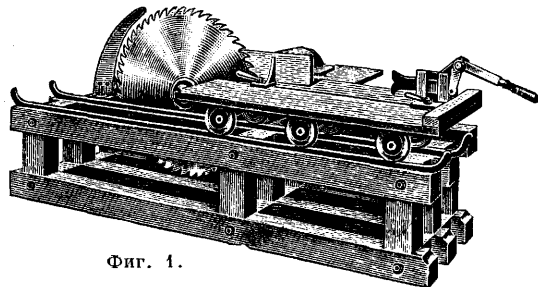
ЯЩИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО как побочное дело стало теперь неотъемлемой частью всякого лесопильного з-да, так как дает возможность использовать почти весь отход и брак основного производства (рейки, горбыли, дилены и т. д.), а рост пром-сти, требующий все большее количество ящичков, заставляет все больше и больше расширять эти подсобные цехи. Почти во всех районах СССР, на всех крупных лесозаводах, мало доступных для вывоза готовой продукции, имеются ящичные цехи. В табл. 1 представлена средняя годовая производительность ящичных цехов по районам СССР в тыс. м³.

Из нормальных размеров досок на изготовление ящичков идут гл. обр. тонкие: 7, 10, 13, 16

Табл. 1.—Головая производительность ящичных цехов по районам СССР.

Местность	Трестирова- н. про- мышл.	Коопера- ция	НКПС и местн. комб.	Итого
УССР	130,0	80,0	40,0	280,0
Н.-Волжский край	133,0	40,0	10,0	183,0
Сев.-Зап. область	123,0	60,0	5,0	188,0
Московская область	120,0	80,0	10,0	210,0
Ив.-Вознесенск. обл.	35,0	2,0	—	37,0
БССР	31,0	15,0	28,0	74,0
Горьковский край	30,0	40,0	8,0	78,0
Вост. Сибирь	32,0	—	—	32,0
Зап. Сибирь	18,0	40,0	—	58,0
ДВК	25,0	8,0	—	33,0
Уральская область	16,0	40,0	6,0	62,0
Сев. Кавказ	18,0	12,0	6,0	36,0
Зап. область	18,0	10,0	5,0	33,0
ЦЧО	4,0	8,0	10,0	22,0
Кр. АССР	6,0	6,0	5,0	17,0
Сев. Край	6,0	2,0	10,0	18,0
Ср.-Волжский край	5,0	4,0	—	9,0
Баш. АССР	8,0	0,5	—	8,5
ЗСФСР	6,0	—	2,0	8,0
Ср.-Аз. район	—	—	5,0	5,0
Каз. АССР	2,0	—	—	2,0
Всего	1396,5			

и 19 мм и редко толщиной 22 мм или толще, а что касается ширины, то на изготовление ящичков идет не только стандартный обрезной или полубрезной материал, но также и «подгорбыльные» или «горбыльные» доски. Эти короткие узкие доски представляют собою

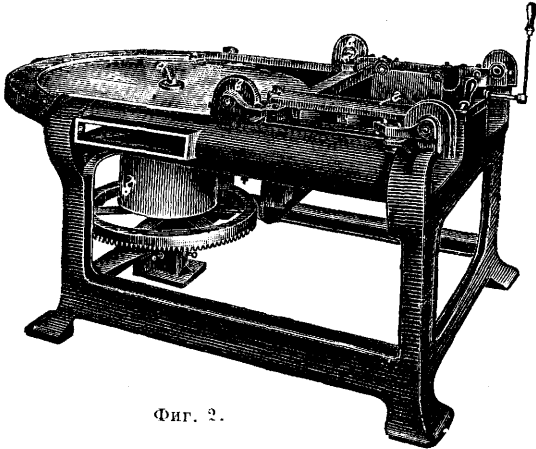


Фиг. 1.

прекрасный ящичный материал. Как правило на лесопильном з-де ограничиваются только заготовкой отдельных дощечек (комплектов), и дальнейшая работа по склотке ящичков или их шивке производится либо в специальном ящичном цехе, находящемся при лесопильном з-де, либо в подсобных склоточных цехах крупных потребителей ящичков.

Всякий материал при передаче в ящичный цех первым делом попадает на поперечные пилы для нарезки на дощечки определенной длины. Для этой цели служит обыкновенно маятниковая, или балансная, пила (см. *Деревообделочные станки*). Обрезанные по длине дощечки передаются на станки для обрезки кромок и получения дощечек определенной ширины, причем в тех случаях, когда по заданию требуется иметь дощечки строго определенной ширины и обязательно чистообрезные для плотной пригонки одной дощечки к другой, они подаются на двойной обрезной станок. Для обрезки дощечки складываются в пачки по 3—5 шт. и вручную подаются к пилам. Для этой же цели служит специальный однопильный станок (фиг. 1). Здесь дощечки укладываются

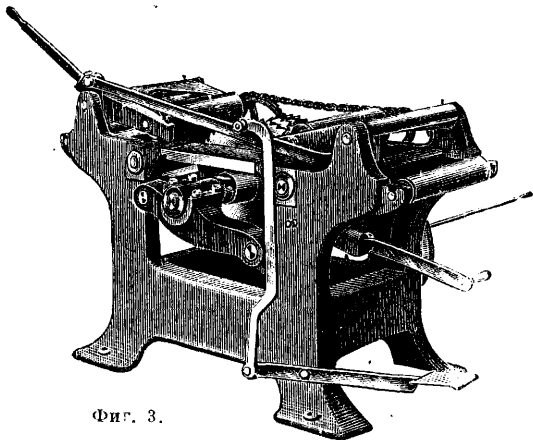
ся на стол стопкой в несколько штук, а затем стол по рельсам подается к пиле. Заготовленные т. о. дощечки передаются в специальный сколоточный цех. В тех случаях, когда приходится пользоваться отходами лесопильного производства, эти отходы предварительно перерабатываются на специальных станках. Так, горбыли, дилены и отторцованные доски попадают на ребровые станки или ленточные пилы. Для той же цели используются горизонтальным ребровым станком (фиг. 2). В полости чугунной станины установлен вертикальный вал *a*, снабженный маховичком и рабочим шкивом *b*. По краям



Фиг. 2.

станины передвигается на роликах в вагонетка *г*, в к-рой зажимается подлежащее обработке дерево. Вагонетка вручную подается к пиле, и, когда от обрабатываемого куска опиливается дощечка требуемой толщины, вагонетка откатывается назад, зажимной рычаг опускается, и дерево опускается на щит, установленный ниже уровня пилы на требуемую толщину.

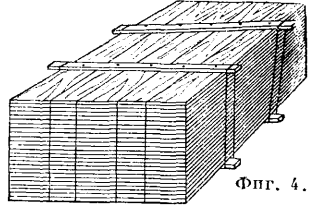
Для утилизации реек пользуются однопильным станком, на котором после обрезки получают планки для тесовых или фанерных ящиков. Если приходится нарезать планки непосредственно из дощечек, то



Фиг. 3.

пользуются многопильным реечным станком (фиг. 3). Станок по идее и по работе вполне похож на двойной обрезной, но только имеет до 8—10 пил и т. о. одновременно дает большое количество планок. Когда ящики д. б. чисто строганы, дощечки передаются на

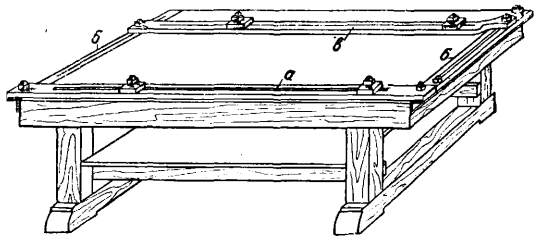
односторонний строгальный станок. Для изготовления ящиков на шипах, для особо ценных товаров, обычно приходится нарезать шипы на специальных шипорезных станках. Комплекты дощечек и планок передаются либо в сколоточный цех либо комплектуются и увязываются в «бунты» для отправки к месту сколотки. Бунты (фиг. 4) пакуются по 25—50



Фиг. 4.

шт. дощечек одного размера в зависимости от их толщины и ширины. Способ унаковки виден на фиг. 4. Почти тот же процесс и те же станки употребляются для изготовления ящиков фанерных, решетчатых и решеток. Для получения устойчивых ящиков, к-рые мало изменялись бы под влиянием атмосферных осадков, заготовленные комплекты направляются в сушильные камеры (см. Сушка), где и просушиваются до определенного процента влажности (обычно ок. 18—20%), а затем уже передаются для сколотки в цех.

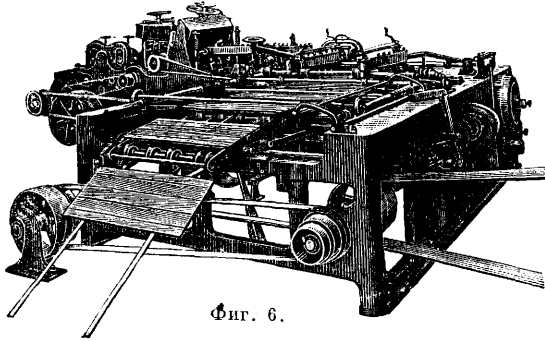
Сборка ящиков бывает: 1) на гвоздях (сколотка), 2) на проволоке (сшивка), 3) на шипах (склейка). Сколотка ящиков происходит вручную или механич. путем. При ручной сколотке основная задача заключается в правильной разбивке работы на операции, чем значительно увеличивается % выпуска готовых изделий. В зависимости от типа ящика количество операций колеблется от 4 до 7.



Фиг. 5.

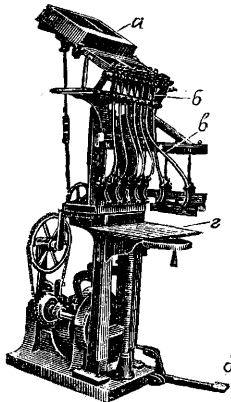
Для сколотки ящиков и отдельных дощечек в щиты употребляется верстак (фиг. 5). Для каждой отдельной операции необходим такой верстак. Он представляет собою стол на толстых устойчивых ножках и с толстым верхним щитом (крышкой), обитым железным листом толщиной 3—4 мм. У переднего конца верстака наглухо привинчивается металлич. полоса *a* толщиной 7—8 мм и шириною до 50 мм. На двух узких сторонах прикрепляются две такие же полосы *b*, по которым, как по направляющим параллелям, передвигается четвертая задняя полоса *в* (параллельно передней). Эта полоса может по желанию передвигаться на любое расстояние в зависимости от ширины сколачиваемого щита. На передней и задней полосах имеются вырезы, по которым передвигаются упорные полоски для планок. Когда надо сколотить щит, все полосы и упоры устанавливаются точно по требуемым размерам, после чего дощечки укладываются в образовавшуюся форму, и сколотка начинается. На первом верстаке приколачивают только две горизонтальные планки щита, а на втором после поворота щита на 90° приколачивают остальные две планки. Гвозди, пройдя через планку и дощечку,

падают на железный лист стола и загибаются, благодаря чему отпадает необходимость специальной загибки концов гвоздей. Готовые щиты откладываются в сторону или передаются на конвейер для доставки к верстаку, на котором производится общая сборка. В последнее время появились автоматич. станки, которые выпускают готовые щиты. Станок (фиг. 6) обслуживается одним рабочим и состоит из подающего аппарата, который захватывает дощечки и передает их в строгальный аппарат, к-рый нарезает в них шпунт типа «ласточкин хвост». Простроганные и пропунтованные дощечки автоматически попадают к клеевому аппарату, который равномерно смазывает клеем

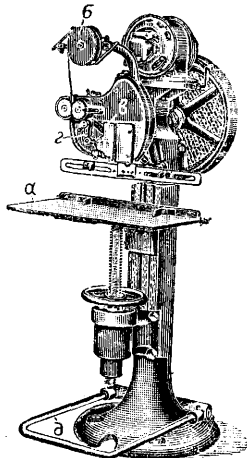


Фиг. 6.

края дощечек и сжимает их. Склеенные дощечки проходят через фуговочный аппарат, пригоняющий отдельные дощечки друг к другу; при этом образуется длинная полоса, к-рая, проходя через торцовочные пилы, обравнивается точно под прямым углом, после чего полосы автоматически же передвигаются в сторону и третьей пилой разрезаются на определенные



Фиг. 7.

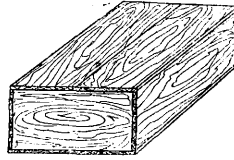


Фиг. 8.

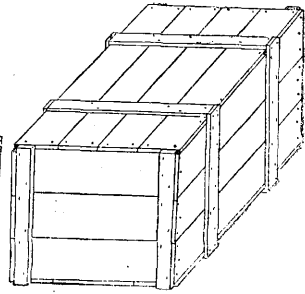
размеры. Особым аппаратом готовые щиты выводятся из станка и складываются в стопы. Размер изготавливаемых щитов колеблется от 250×250 мм до 800×940 мм при толщине 7—22 мм.

При массовом изготовлении ящиков ручная сколотка становится мало эффективной и поэтому заменяется специальными гвоздезабивными станками (фиг. 7). Этот станок вполне автоматичен и может применяться для сколотки ящиков любых типов и размеров. Шаг гвоздей может регулироваться

по желанию, а количество их зависит от величины станка (3—40 шт.); при этом можно одновременно часть гвоздей забивать под прямым углом. Работа станка производится следующим образом. Благодаря колебательному движению приемника для гвоздей *a* они падают острием вниз

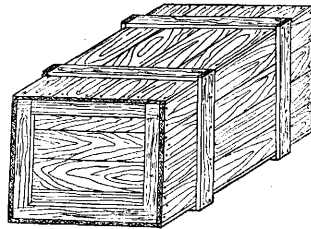


Фиг. 9.



Фиг. 10.

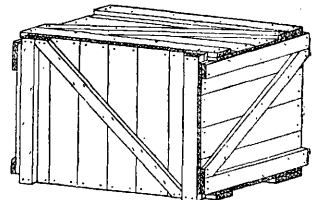
в специальную щель, размер которой устанавливается в зависимости от толщины гвоздей. Из щели по наклонной плоскости гвозди скользят вниз и схватываются подводящими шайбами, которые их дальше направляют в воронку *b* и гибкую трубку *в*. По этим трубкам гвозди острием вперед подаются к забивателям. Материал, уложенный на подъемный стол *г*, подается вверх, и рабочий нажимает на педаль *д*; при этом включается зубчатая передача, приводящая в движение шатун, кривошип и крейцкопф, к которому прикреплены забиватели, равномерно вгоняющие гвозди в дерево.



Фиг. 11.

В последнее время в целях экономии металла (гвоздей) и для ускорения работы стали применяться сшивные

станки (фиг. 8), которые автоматически сшивают как отдельные щиты, так и целые ящики. Станок состоит из чугунной станины с подъемным столом *a*. Весь рабочий механизм смонтирован в верхней части станка, где также находится мотор или рабочий шкив. На специальном кронштейне имеется катушка *б* с намотанной на ней проволокой требуемой толщины. Проволока проходит через специальный аппарат *в*, где она нарезается и изгибается в скобы девяти разных размеров в зависимости от толщины сшиваемых досок. Изменение размера скобок достигается поворотом делительного рычага *г*. Сшиваемые детали укладываются на стол, который поднимается до определенной высоты отмеченной на специальной шкале и соответствующей толщине сшиваемых дощечек.

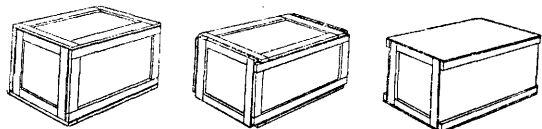


Фиг. 12.

Нижний конец аппарата, состоящий из направляющих роликов и режущего прибора, устанавливается в соответствующее положение, нажимается педаль *д*, и скоба вгоняется в дерево и там же загибается. Эти станки дают до 30% экономии металла по сравнению со сколоткой гвоздями. Склейка ящиков производится толь-

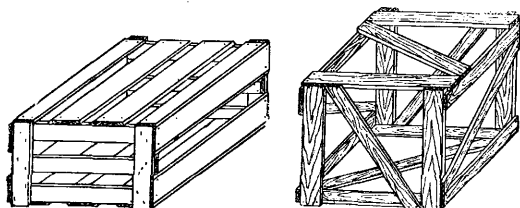
ко для дорогих сортов на шипах. Склейка может происходить вручную или специальными автоматами.

Т и п ы я щ и к о в. Дощатые ящики, изготавливаемые в СССР, м. б. разбиты на четыре основных типа: 1) Г л у х о й я щ и к (фиг. 9), без всяких дополнительных планок. В этих ящиках волокна торцовых и боковых дощечек расположены параллельно плоскости дна и крышки, а гвозди, скрепляющие боковые стенки, крышку и дно с торцами (головками), вгоняются непосредственно в эти дощечки, что сказывается на прочности этой конструкции. 2) Ф р а н ц у з с к и й т и п, или с двумя вертикальными планками, характеризуется гл. образом расположением гвоздей на планках и углах. Головные (торцовые) стенки имеют две скрепляющие планки, к-рые выступают над уровнем головок на высоту несколько менее толщины крышки, а боковые дощечки перекрывают не только дощечки головок, но и



Фиг. 13.

планки. Благодаря такому взаимному перекрытию создается прочная жесткая конструкция, могущая выдерживать все напряжения, которые ящику приходится преодолевать при транспортировке. Такие же ящики для большей прочности делаются еще с двумя дополнительными поясами (фиг. 10). 3) А м е р и к а н с к и й т и п, или головка в рамку. Такая рамка, состоящая из четырех планок, позволяет значительно уменьшить толщину торцовых досок; горизонтальные планки

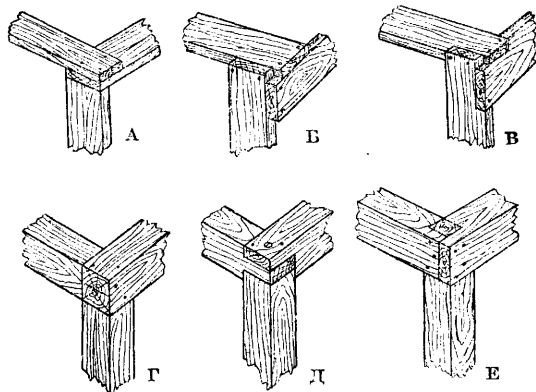


Фиг. 14.

Фиг. 15.

рамки обязательно делаются по всей ширине ящика, а концы их упираются на 2 вертикальные планки, как на 2 опоры, на которые передается вся сила сосредоточенной нагрузки. Такие ящики для более тяжелых грузов делаются с двумя поясами (фиг. 11). 4) В з а и м н о п е р е к р ы т ы й т и п (фиг. 12). Здесь все углы, составленные из взаимно перекрещивающихся планок, составляют жесткую систему, могущую выдержать самую большую нагрузку. Такие ящики употребляются для громоздких грузов, а также для тех товаров, к-рые требуют максимального предохранения от кражи. На фиг. 13 представлены характерные и наиболее ходкие типы фанерных ящиков. Для громоздких грузов вместо ящиков часто употребляются р е ш е т ч а т ы е я щ и к и (фиг. 14) или р е ш е т к и (фиг. 15). Разница между этими видами заключается в способе соединения углов: в то время как решетчатые ящики представляют собою обыкновенный тип ящика, у к-рого дощечки неплотно соединены между

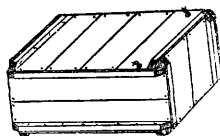
собой и образуют прозоры, у решетчатых основным моментом является конструкция у г л а о с т о в а, к к-рому уже приколачиваются



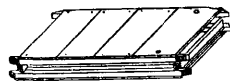
Фиг. 16.

боковые дощечки. Варианты конструкции углов изображены на фиг. 16, А—Е; наиболее правильным является тип В.

Работы в области рационализации Я. п., проведенные в Модиссоновской лаборатории в США, привели к созданию эмпирич. ф-лы



Фиг. 17а.

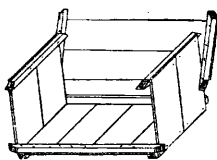


Фиг. 17б.

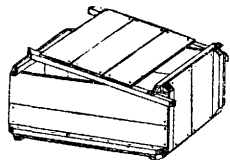
для определения толщины отдельных частей ящика, так как опыты показали, что толщина каждой отдельной детали ящика есть ф-ия двух независимых переменных: веса груза и ширины рассматриваемой детали. Эта ф-ла имеет следующий вид:

$$T = 0,75 \sqrt{\frac{P}{B}},$$

где T —искомая толщина детали в мм, P —вес груза брутто в г, B —ширина детали в мм, 0,75—постоянная. По этой ф-ле определяется



Фиг. 17в.



Фиг. 17г.

толщина дощечек боковин, крышки и дна, а толщина дощечек головок (торцов) и планок берется из данных табл. 2 в зависимости от типа ящика.

Табл. 2. — Толщина дощечек ящика.

Тип ящика	Толщина головки *	Толщина планки *
Глухой	2T	—
Французский	1,5—1,75T	1,25T
Американский	1,0—1,25T	1,5T

* По отношению к толщине борта T .

Ширина планок берется равной двойной толщине ее $+10 \div 15$ мм. Рассчитанный по этим данным ящик при минимальном расходе древесины дает максимум сопротивляемости всем усилиям, стремящимся разрушить ящик. В целях экономии древесины в последнее время стали стремиться к созданию такого типа ящика, к-рый бы мог быть использован несколько раз, возвращаясь каждый раз после освобождения из-под товара к месту отправки. Для того чтобы при этом ящик занимал как можно меньше места, отдельные части его должны иметь возможность легко разъединяться, дефицитность же металла ставит задачу, чтобы соединения были без всяких металлических частей. Ящик такого типа изображен на фиг. 17а в собранном, а на фиг. 17б в сложенном виде; два последовательных момента его сборки представлены на фиг. 17в и 17г. Этот тип ящика по методу своего изготовления ничем не отличается от нормальных неразборных ящи-

ков. Единственным добавлением при их производстве является сверлильный станок для сверления дыр в крышке и планках. Основные погрузки и отправки товаров в эти ящики доказали их полную пригодность для грузов до 70—80 кг, а т. к. изготовление ящика требует ни переоборудования существующих ящичных цехов, ни увеличения расходов, ни увеличения количества рабочих, то же время дает возможность уменьшить в 6 раз количество расходуемой на изготовление ящиков древесины, то вполне понятно, применение ящиков этого типа сможет дать значительную экономию лесоматериала.

Лит.: Песецкий Н., Лесопильное дело, Народостовский Л., Ящичная тара, М. Гессен В., Рациональное конструирование и решеток, М., 1929; Рогенбрук Ф., Современная станки для вбивания гвоздей в ящик, Л., 1931; Неро И., Альбом ящичной тары, М., 1931; «Pack Domestic Shipment», Wash., 1927, 11, 12, 13, 14, «Barrel a. Box», Chicago; «Packing a. Shipping», «Тара и упаковка», М. В.